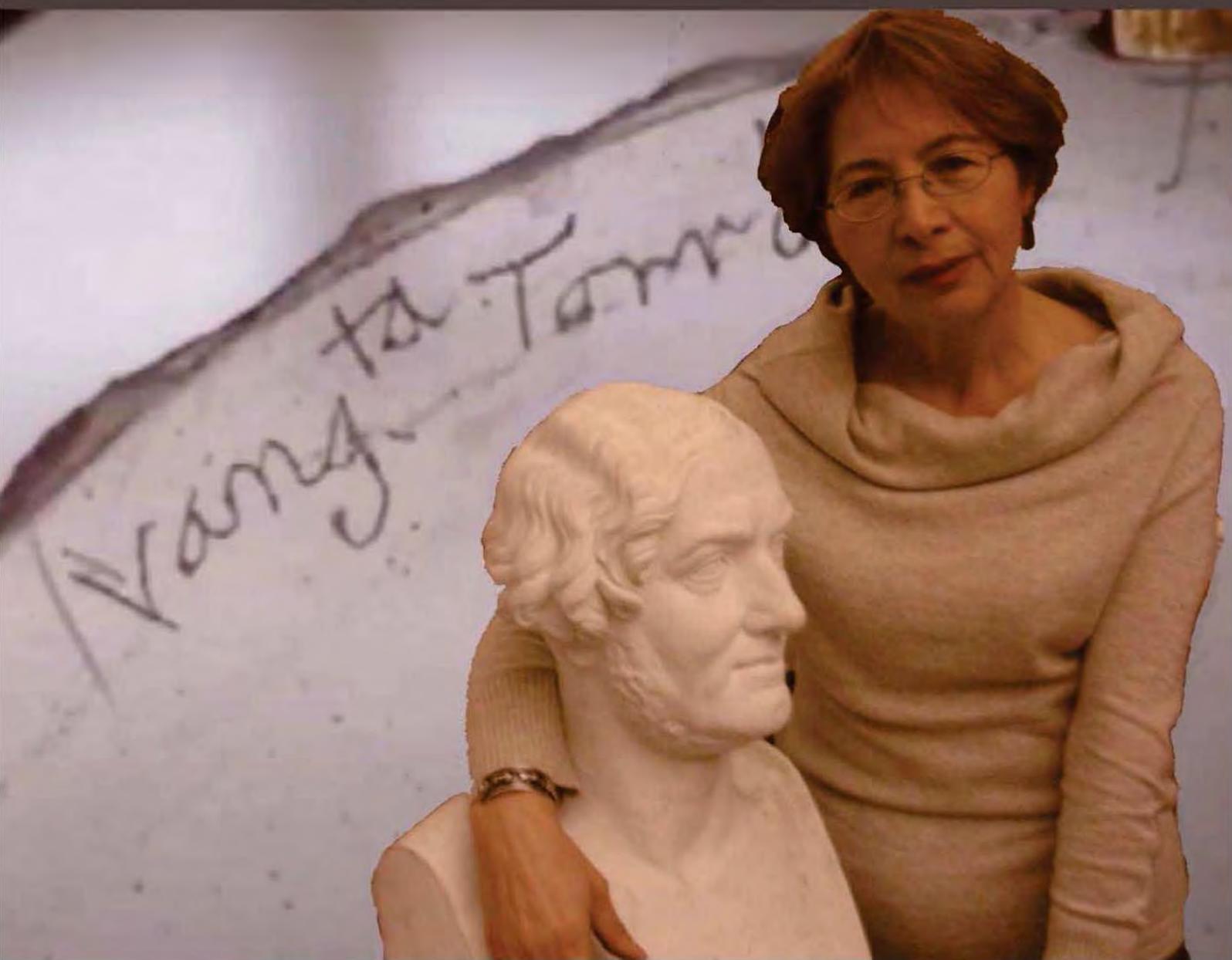


Edvige Schettino

Dall'Aula Rodi al Museo di Fisica:
gli strumenti raccontano

a cura di
Salvatore Esposito
Ivana Stazio





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II

Edvige Schettino

Dall'Aula Rodi al Museo di Fisica:
gli strumenti raccontano

A cura di

Salvatore Esposito

Ivana Stazio

Contributi di

Grazia Barone

Beatrice Panico

Pina Tuttocuore

Federico II University Press



fedOAPress

Edvige Schettino : dall'Aula Rodi al Museo di Fisica : gli strumenti raccontano / a cura di Salvatore Esposito, Ivana Stazio ; contributi di Grazia Barone, Beatrice Panico, Pina Tuttocuore. – Napoli : FedOAPress, 2022. – 684 p. : ill. ; 24 cm.

Accesso alla versione elettronica:

<<http://www.fedoabooks.unina.it>>

ISBN: 978-88-6887-161-1

DOI: 10.6093/978-88-6887-161-1

All the books of this series undergo rigorous double-blind review process

© 2022 FedOAPress - Federico II University Press
Università degli Studi di Napoli Federico II
Centro di Ateneo per le Biblioteche "Roberto Pettorino"
Piazza Bellini 59-60 - 80138 Napoli, Italy
<http://www.fedoapress.unina.it/>
Published in Italy

Gli E-Book di FedOAPress sono pubblicati con licenza
Creative Commons Attribution 4.0 International

Copertina e progetto grafico: Stefania D'Urso

Indice

Salvatore Esposito <i>Una signora nel suo Museo</i>	3
Grazia Barone, Beatrice Panico <i>La "storica" della Fisica: Edvige Schettino</i>	13
Pina Tuttocuore <i>La Collezione "Govi-Davis" della Biblioteca "Roberto Stroffolini"</i>	21
Ivana Stazio [a cura di] <i>Bibliografia di Edvige Schettino</i>	35
<i>Memorie</i>	43
<i>Riedizioni digitalizzate di:</i>	
Ezio Ragozzino, Edvige Schettino <i>La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica. Gli strumenti ottici (1840-1890)</i>	
Ezio Ragozzino, Edvige Schettino <i>La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica. Elettricità e magnetismo (1835-1900)</i>	
Ezio Ragozzino, Edvige Schettino <i>La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica. Meccanica dei fluidi e termologia (1840-1900)</i>	
Ezio Ragozzino, Raffaele Rinzivillo, Edvige Schettino <i>La rivelazione della radiazione termica nella strumentazione di Macedonio Melloni</i>	
Ezio Ragozzino, Raffaele Rinzivillo, Edvige Schettino <i>La collezione degli strumenti di Fisica. Rapporto di attività 1990</i>	
Ezio Ragozzino, Raffaele Rinzivillo, Edvige Schettino <i>I microscopi del passato. Una introduzione allo studio delle qualità Ottiche e meccaniche dei microscopi del Museo</i>	
Ezio Ragozzino, Raffaele Rinzivillo, Edvige Schettino <i>L'acustica, scienza dimenticata. La scienza del suono negli strumenti del Museo</i>	
Edvige Schettino, Rossana Spadaccini [a cura di] <i>Le macchine del re. La Collezione Reale nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche</i>	
Edvige Schettino <i>Breve Storia delle Collezioni del Museo di Fisica</i>	



Edvige Schettino (1947-2021)

Prima assegnista, poi ricercatore
presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II,
è stata Professore Associato dal 2002 al 2016, insegnando "Storia della Fisica".
Ha diretto il Museo di Fisica dell'Ateneo dalla sua inaugurazione fino al 2016.

Un particolare ringraziamento:

all'Archivio di Stato di Napoli, per la cortese concessione della pubblicazione digitale de *Le macchine del re. La Collezione Reale nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche*;

al Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini" dell'Università degli Studi di Napoli Federico II;

al prof. Roberto Delle Donne, presidente del Centro di Ateneo per le Biblioteche "Roberto Pettorino" dell'Università degli Studi di Napoli Federico II;

alla dott.ssa Rossana Spadaccini (Archivio di Stato di Napoli), al dott. Antonio Puzio e al dott. Vincenzo De Luise (Università degli Studi di Napoli Federico II), per l'apporto informativo e l'aiuto tecnico;

alla dott.ssa Bianca De Fazio e alla Redazione de "La Repubblica" di Napoli, per la cortese concessione della pubblicazione digitale dell'articolo *Il museo della Fisica apre la scatola dell'inventore*.

Una signora nel suo Museo

Salvatore Esposito¹

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”, Università di Napoli Federico II,
Piazzale Vincenzo Tecchio 80, 80125 Napoli;
I.N.F.N. Sezione di Napoli, Complesso Universitario di Monte S. Angelo,
Via Cinthia, 80126 Napoli

Tra le vie del centro storico di Napoli, durante le festività di fine anno che seguirono il Natale del 2004, mi imbattei in una figura femminile che ben conoscevo – per averla spesso intravista tra i corridoi del Dipartimento a Monte S. Angelo – ma con la quale non c’era stata ancora vera occasione di parlare o discutere. Soprattutto perché i reciproci campi di studio e di ricerca erano molto diversi. Edvige Schettino, però, mi doveva conoscere già bene, forse per i miei lavori su Ettore Majorana, o forse anche perché altri le avevano parlato di me, perché quando mi vide in quelle vie non esitò a fermarmi per raccontarmi tutte le sue preoccupazioni per l’imminente apertura della nuova (unica) sede del Museo di Fisica, a lei affidato, alla quale mancava meno di un mese. Il problema era che non aveva personale per sistemare gli strumenti dagli scatoloni (che di lì a poco sarebbero arrivati dalla vecchia sede del Dipartimento presso la Mostra d’Oltremare) negli appositi armadi. Mi offrii allora di darle una mano ma, quando i primi giorni del nuovo anno andai nella sede di Via Mezzocannone, capii subito la tragicità della situazione: lei, io e un altro paio di volontari saltuari non saremmo mai riusciti nell’impresa, da compiere in una ventina di giorni... Le proposi, allora, di farci dare una mano da alcuni miei selezionati studenti liceali, e lei si fidò completamente. In quelle tre settimane, lavorando gli interi pomeriggi di 3 o 4 giorni (o più) a settimana, quei sei studenti capitanati da Edvige e dal sottoscritto, con tutte le accortezze del caso (adolescenti che maneggiavano strumenti ottocenteschi...), il miracolo si compì, e il Museo potette inaugurarsi il 27 gennaio come previsto.

¹ E-mail: salvatore.esposito@na.infn.it



Fu quella una occasione per me unica, perché quei giorni passati a lavorare tra strumenti antichi mi permisero di conoscere una realtà che non conoscevo affatto. Quegli strumenti li avevo visti tante volte (anche con curiosità e interesse) nel Padiglione Rodi della Mostra d'Oltremare quando ero studente di Fisica, ma ora mi si dischiudeva la storia che c'era dietro ciascuno di essi, non limitata alla più o meno grande rilevanza che essi (o i loro antenati) avevano avuto per quelli che li avevano utilizzati nelle loro ricerche e soprattutto nella didattica. Quella storia me la stava trasmettendo Edvige, con il suo modo di fare semplice, ma anche risoluto, e non mancarono tante altre occasioni negli anni successivi per rinnovare quelle “lezioni” ad uno storico molto povero di contenuti. Fu, infatti, proprio allora che compresi l'importanza (e la bellezza) degli studi storici sulla strumentazione scientifica, che la partecipazione a tanti congressi specialistici non erano riusciti a comunicarmi. E fu sempre da allora che non persi mai occasione di fare “pubblicità” al Museo, sia presso studenti che presso docenti o pubblico generale, amici e colleghi, nelle situazioni più diverse che si potevano presentare: come poter trattenere per me solo quel mondo che avevo ora scoperto?

Quando nel 2009 Edvige stava preparando (vedi Fig. 1a) *Il laboratorio di Galileo*,² una mostra interattiva sulla nuova scienza del moto, con strumenti di grandi dimensioni (ricostruiti da Roberto Vergara Caffarelli) atti ad eseguire gli esperimenti descritti da Galilei nei suoi *Discorsi*, furono altri miei studenti a beneficiare di quelle “lezioni” di Edvige (vedi Fig. 1b). Il risultato lo ricorderanno senz'altro – oltre gli stessi studenti – quelli che parteciparono all'inaugurazione della mostra,³ a partire da tanti docenti universitari di esperienza che rimasero ben colpiti dalle guide che Edvige ed io avevamo formato, come ancora oggi testimoniano dei fugaci scatti fotografici gelosamente conservati (vedi

² <https://youtu.be/hTucXdPqic0>

³ <https://youtu.be/XqPMYbneSUE>



Fig. 2). Quegli stessi studenti pure realizzarono (successivamente) alcuni strumenti “didattici” finalizzati a far comprendere la storia della fisica che si celava dietro gli strumenti esposti nel Museo, nello stesso spirito che gli aveva comunicato Edvige. Fu realizzato, infatti, un percorso tutto galileiano per permettere al visitatore di capire la legge del quadrato dei tempi che governava il moto su un piano inclinato, oppure il teorema delle corde, o anche l’isocronismo delle oscillazioni del pendolo (vedi Fig. 3a): quegli strumenti “didattici” sono ancora esposti ed utilizzati al Museo. Altri studenti e altre scuole ripeterono negli anni a seguire quella esperienza unica (vedi Fig. 3b), di cui Edvige non era certamente solo ispiratrice: un Museo di Fisica aperto a tutti, ma soprattutto a studenti, perché quegli strumenti ora ivi esposti erano stati (quasi tutti) concepiti e utilizzati per altri studenti nel passato. Tale impronta di apertura perdura tuttora nel Museo fridericiano, a testimonianza di una eredità ben viva.



Fig. 1. *Il laboratorio di Galileo* - Mostra interattiva al Museo di Fisica del 2009. a) Edvige al lavoro per l’allestimento. b) Gli studenti formati come guide che contornano Edvige (e il presente autore). c) La locandina della mostra.



a)



b)

Fig. 2. Alcuni momenti dell'inaugurazione della mostra *Il laboratorio di Galileo*, con gli studenti che illustrano gli strumenti a docenti universitari.

Alcuni strumenti, però, rivelano una storia che va ben oltre il loro utilizzo didattico, e anche qui fu Edvige che mi introdusse al mondo della ricerca sulla strumentazione scientifica del passato. La prima cosa che scoprii fu che qui a Napoli avevamo ospitato quello che ai suoi tempi veniva considerato il “Newton del calore”, e quella grande lente a gradinata – che è un po’ il simbolo del Museo – era servita al patriota risorgimentale Macedonio Melloni per convincere tutti i suoi contemporanei che la Luna non emette “raggi frigoriferi”, come molti ancora credevano intorno alla metà del XIX secolo. E imparai pure, però, che oggetti anche meno appariscenti potevano avere una importanza storica anche maggiore, come testimoniato dal Banco ottico completo del Melloni che fa bella mostra di sé nella collezione del Museo; e soprattutto quel piccolo *termomoltiplicatore* (Fig. 4a) che certamente sfugge all’attenzione di chi non viene guidato. L’esperimento di Melloni fu pure l’occasione per introdurmi a questo mondo della ricerca scientifica storica, collaborando sotto questa nuova veste con Edvige ad un lavoro con al centro la ricostruzione dello storico esperimento con la grande lente (vedi Fig. 4b),⁴ che tanta rilevanza aveva avuto nello studio della radiazione infrarossa nell’800. Il lavoro a quattro mani fu presentato nel

⁴ <https://youtu.be/mxa8TfTq4dM>



2011, prima a Padova, al XII Universeum Network Meeting, e poi a Pavia al XXXI Convegno Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia: come ricordammo in quella sede, “la proposizione di esperimenti storici permette di porsi domande come: *quali sono i fattori che hanno prodotto la scienza? Quali le circostanze, gli eventi o le figure che ne hanno favorito l'avvento? Quali i motivi che ne hanno ostacolata per lungo tempo la nascita?*”.

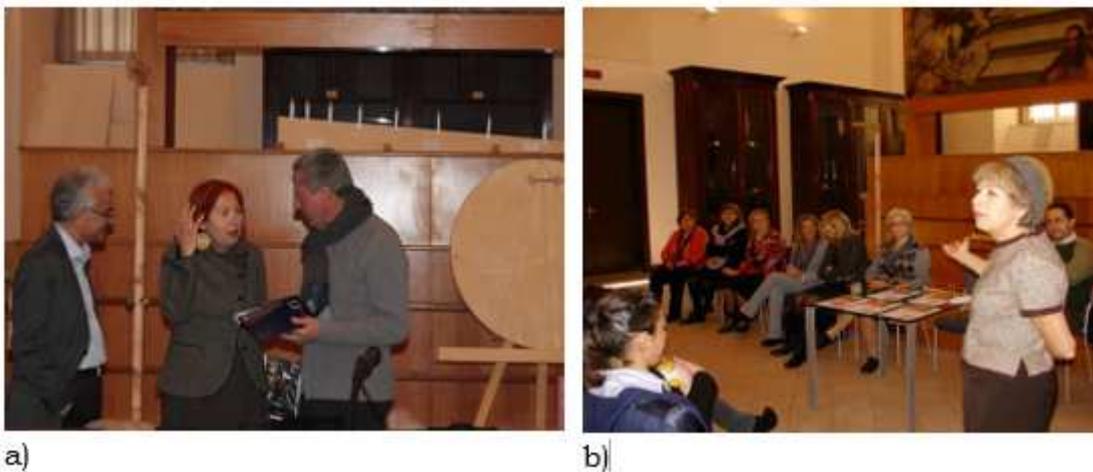


Fig. 3. a) Gli strumenti “didattici” che illustrano il percorso galileiano. b) Edvige illustra i diversi progetti a docenti e dirigenti di alcune scuole del territorio napoletano.



a)



b)

Fig. 4. Ricostruzione dell'esperimento storico di Macedonio Melloni. a) Il termomoltiplicatore collegato ad un galvanometro. b) Video realizzato al Museo di Fisica.



Tali “domande” continuammo a porcele anche successivamente, e l’anno seguente toccò a un lavoro comune di maggior estensione, con al centro ancora una volta uno strumento esposto al Museo: la macchina di Atwood. Oggi, nei manuali e nei corsi anche universitari, tale macchina non viene nemmeno menzionata, sviluppando solo l’esercizio corrispondente delle due masse che pendono da una corda che passa per la gola di una carrucola. Al più ricordando che questo apparato può servire per misurare in modo agevole l’accelerazione di gravità, potendo rallentare arbitrariamente l’accelerazione nel moto delle masse. Questa era anche la mia convinzione a quel tempo, quando vidi nel Museo la bella macchina di Atwood ottocentesca (vedi Fig. 5a). Edvige, però, che stava studiando alcuni dettagli tecnici, mi stimolò a leggere il trattato originale scritto da Atwood, in cui viene descritta la sua macchina. E la lettura di quel testo inglese di fine Settecento mi aprì ancora una volta un mondo a me sconosciuto, e certamente dimenticato da molti. Riscoprimmo, allora, che la funzione originale di quella ingegnosa macchina – che per nulla si riduceva banalmente a verificare il moto di masse, sotto l’azione della gravità, vincolate da una carrucola – era quella di dimostrare agli studenti dell’epoca la validità (anche minuziosa) del paradigma newtoniano mediante una ben definita serie di esperimenti semplici, ma niente affatto banali (Esposito, Schettino 2014). Anche qui decidemmo, quindi, di ricostruire con la macchina del Museo l’intera serie di esperimenti,⁵ per riproporla agli studenti (vedi Fig. 5b) e studiosi di oggi. E anche questa volta il successo tra i partecipanti al XIII Universeum Meeting a Trondheim, in Norvegia, fu incoraggiante: come piaceva sottolineare ad Edvige, con la ricostruzione di questi esperimenti storici (Esposito 2020a; Esposito, Olimpo 2020) stavamo mostrando cosa *gli strumenti raccontano*, più che mostrare come funzionano e cosa si può osservare con essi (come è invece generalmente invalso l’uso da parte di molti). E in questo caso, quello strumento raccontava anche di più di quanto ci si potesse aspettare, come ancora una volta Edvige mi rivelò.

⁵ <https://youtu.be/YOKqG2GD7ro>



Scoprii, infatti, che proprio qui a Napoli – nel Gabinetto di Fisica della Nunziatella – pervenne la seconda macchina di Atwood costruita, dopo l'originale che usava l'inglese a Cambridge. Un altro personaggio particolarmente importante per la scienza nel Regno di Napoli (e in Italia, in generale), Giuseppe Saverio Poli, aveva assistito alle dimostrazioni dal vivo fatte da Atwood e realizzò subito l'importanza della macchina, per cui ne ordinò per primo una copia in Inghilterra per le sue lezioni partenopee. E la cosa più intrigante, che raccontava lo strumento “napoletano”, era che Poli aveva fatto eseguire una piccola modifica atta a meglio governare la macchina, e tale miglioramento fu adottato invariabilmente (e anonimamente) in tutte le copie successive, come può pure osservarsi nello strumento che si trova attualmente al Museo di Fisica. Fu anche tale modifica che contribuì notevolmente alla diffusione della macchina di Atwood nei laboratori sparsi per il mondo, a causa della maggior facilità di manovra; ma, come rovescio della medaglia, fu anche questo che favorì il cambio di utilizzo della macchina, facendola nel tempo passare a semplice strumento per misurare l'accelerazione di gravità. È un dato di fatto che almeno io non mi sarei “appassionato” alle storie che raccontano gli strumenti, e quindi alle ricostruzioni di esperimenti storici, anche a fini didattici, né tantomeno allo studio storico-scientifico di una figura notevole come quella di Poli (Esposito 2020b), senza la testimonianza e lo sprone di Edvige.

Tanti altri esempi si sono susseguiti nel tempo, che mi introdussero pienamente alla storia della fisica classica e dei suoi strumenti, su cui non avevo in precedenza lavorato, e a cui verosimilmente non mi sarei neppure avvicinato senza lo stimolo di Edvige. Ma qui, più che continuare su questa strada ormai ben illuminata, mi piace invece ricordare un'altra direzione, lungo la quale la Direttrice volle rilanciare il suo Museo in una prospettiva più “moderna” (ben prima delle affascinanti, e mediatiche, scoperte del bosone di Higgs, delle onde gravitazionali, ecc.), affidandomi seminari, lezioni o coinvolgendomi in vari progetti con al centro



personaggi e scoperte del XX secolo. Qui, naturalmente, mi trovavo più a mio agio, ma l'interazione con Edvige fu ugualmente molto stimolante, soprattutto per il pubblico e il contesto diverso in cui mi trovavo ad agire. E anche qui il risultato deve essere stato sufficientemente notevole, se è vero che questa strada “moderna” viene ancora battuta dal Museo fridericiano (e da altri).

I seminari e le lezioni per il Museo servirono anche ad intraprendere una collaborazione per il corso di Storia della Fisica, che era affidato ad Edvige. Da un lato questo favorì l'estensione verso argomenti più “moderni”, e spesso trascurati – ancora oggi – nei corsi proposti nei diversi atenei italiani, rivelando una intuizione non banale. Dall'altro lato, questo mi permise di impadronirmi di una impostazione generale verso la storia della fisica che certamente mi mancava, e se la rinascita degli ultimi anni del corso che ho ereditato per l'ateneo napoletano è ben apprezzabile e consolidata, essa si deve ancora una volta anche a quelle mute collaborazioni con Edvige, che hanno lasciato un segno non trascurabile. È forse una manifestazione di tale segno quegli occhi che vedo sempre brillare nei miei studenti, quando li porto a visitare “dal vivo” quegli strumenti storici illustrati nel corso delle mie lezioni, tentando di ricreare quelle sensazioni che una gentile signora faceva aleggiare nel suo Museo.



a)



b)

Fig. 5. Davanti alla macchina di Atwood. a) Edvige durante la fase di allestimento del restaurato cannocchiale. b) Il gruppo di lavoro per la ricostruzione degli esperimenti di Atwood: Salvatore Esposito, Edvige Schettino e Azzurra Auteri dietro quattro studenti.



Bibliografia

Esposito, S. (2020a), “The colours of Newton’s Opticks: a high performance project for motivated students”, *Eur. J. Phys.* 41, 055702.

Esposito, S. (2020b), “Giuseppe Saverio Poli e lo sviluppo della scienza tra la fine del Settecento e l’inizio dell’Ottocento”, *Rend. Acc. Naz. Sci. XL Serie VI*, 1, 125-139.

Esposito, S., Olimpo, M. (2020), “Quei moti ‘rivoluzionari’ di Oersted, Ampère e Faraday”, *Giornale di Fisica* 61, 483-513.

Esposito, S., Schettino, E. (2014), “Spreading scientific philosophies with instruments: the case of Atwood’s machine”, *Adv. Hist. Stud.* 3, 68-81.

La “storica” della Fisica: Edvige Schettino

Grazia Barone¹

Filosofa, psicoterapeuta e ricercatrice indipendente

Beatrice Panico²

Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini"
Università degli Studi di Napoli Federico II

*Radici: il bisogno più importante
e più sconosciuto dell'anima umana.*
Simone Weil

Conversazioni

Una Fisica e una Filosofa dialogano intorno alla Scienziata e Direttrice del Museo Edvige Schettino. Riattraversano i suoi scritti in un procedere per immagini nel suo percorso di storica della scienza arrivando così ad una diversa epistemologia. Due voci, le nostre, intente a disegnare una figurazione di una donna – scienziata – storica che ci ha riportato a qualcosa di reale e materiale: le radici del sapere e del fare ricerca.

Che tipo di scienziata sei, Edvige?

Se lo scienziato come l'artista cerca di contribuire con qualcosa di proprio ai mutevoli e condivisi fondamenti della scienza, Edvige Schettino si iscrive in questo movimento non solo per aver cercato una nuova strada in grado di modificare il mondo della scienza già condiviso, ma anche per il modo profondo e attento di rivolgersi al passato, alle radici. Leggendo i suoi articoli, i suoi discorsi, le sue interviste o parlando con chi l'ha conosciuta arriva l'immagine di “una visionaria” attenta al pensiero che diffrange dalla dimenticanza. Il suo ricostruire è un portare alla luce. È un immergersi nel buio delle stratificazioni del pensiero e tirarne fuori senso, significato. È un far cadere nel buco nero e far sentire l'altro come Alice nel Paese delle Meraviglie che, andando sempre più giù, tra scritti, strumenti, tracce e reti di pensiero, costruisce significato.

¹ E-mail: grazia.barone@hotmail.it

² E-mail: beatrice.panico@unina.it



Nello scritto “Govi Professore” [1] Schettino traccia e restituisce al lettore la figura di un intellettuale dell’Italia post-unitaria in grado di dedicarsi all’insegnamento e all’organizzazione culturale e scientifica della Giovane Italia. Formatosi a Parigi e stimolato dagli studi di ottica di Cesar Despretz, professore di Fisica alla Faculté des Sciences, Govi si avvia al miglioramento di alcuni strumenti, i fotometri, necessari alla misurazione dell’intensità della luce, e alla costruzione di altri, in particolare uno strumento per l’analisi armonica e diversi modelli di camere lucide. È il 1878 quando Govi giunge a Napoli per insegnare Fisica Sperimentale. La situazione napoletana è catastrofica, come racconta in modo puntuale l’autrice, riportando stralci delle richieste di Govi per migliorare il Gabinetto di Fisica. Dietro queste richieste c’è un monito agli intellettuali del suo tempo e non solo: non c’è dubbio che le scienze migliorino gli uomini [2]. Ma si cela anche l’attenzione al pensiero di Giambattista Vico, filosofo napoletano, le cui tematiche presenti in “Principj di scienza nuova d’intorno alla comune natura delle nazioni” (1744), convergono nei testi dei discorsi “Le leggi della natura” e “Fisica e Metafisica”, in cui Govi cerca di costruire un’accezione empirica della Fisica: «la fisica non può costituirsi, né progredire senza che la metafisica ne cementi i materiali raccolti dalle cose e dai fenomeni» [3]. E rimarca la necessità di una rifondazione teorica che induca a non occuparsi solo di scienze astratte: «le scienze d’osservazione e le sperimentali o vi si studiano meno, o, imparate appena, facilmente s’abbandonano, perché l’intelletto non trova in esse quella sconfinata libertà di argomentazioni e di ipotesi che tanto piace agli spiriti impazienti e che, senza troppa fatica, ottiene loro la soddisfazione di una certa novità di concetti, e le facili glorie di apparenti scoperte» [3].

È chiaro che la Schettino, nel riportarci nel mondo di Govi e delle conversazioni di fine Ottocento che attraversano la sua produzione scritta, ci sta conducendo all’interno di una rivoluzione che si chiama mutamento paradigmatico. A nostro avviso ella fa questo: racconta della storia della scienza e delle rivoluzioni ad essa intrinseche.



Nel testo “Stile editoriale di opere scientifiche: dissensi e contrasti nel carteggio Govi-Boncompagni” – analizzato da Schettino e Borrelli – emerge la complessità delle questioni di stile editoriale come testimonianza della difficoltà di organizzare il sapere scientifico e divulgarlo. In esso Govi precisa: «Io scrivo per far conoscere una verità storica senza annoiare (per quanto è possibile) chi mi legge, né mi giova perciò l’inserire perennemente nella esposizione quelle citazioni che ogni lettore può procurarsi facilmente da sé. La forma che cerco di dare al discorso, sia esso italiano o francese, la curo e ricuro assai, né mi piace che altri vi mettono mani riaggiustandole a modo loro. Io (e sarò forse in questo modo male avvisato) non credo che la storia delle matematiche o d’altro ordine qualunque di fatti debba essere un catalogo da biblioteca, né un mosaico di brandelli strappati qua e là da vari autori» [4]. Si delinea così un dialogo fitto intorno alla necessità di norme condivise, sapere certo e chiaro. Ma Govi dovrà arrendersi alle continue interferenze di Boncompagni che metteva una straordinaria cura nel “confezionare” gli articoli intervenendo, poco prima di licenziare un fascicolo, con aggiunte e bio-bibliografie che spesso non erano necessarie.

La narrazione della Schettino si attarda su un particolare: una lente ritrovata nel 1984 mentre si preparavano le sale espositive dei primi strumenti da mostrare. È la stessa lente di cui parlava Govi nei suoi scritti: «Nel riordinare certi oggetti abbandonati in fondo a uno scaffale del Gabinetto di Fisica, mi sono imbattuto alcuni anni fa in un disco di vetro di meschina apparenza, che, probabilmente, era stato adoperato ad usi, molto diversi da quelli per i quali era stato lavorato, presentando le due superficie graffiate in vari sensi, come se lo avessero per lungo tempo trascinato [...] codesto disco, m’accorsi che esso era una lente piano-convessa e che portava una iscrizione incisa col diamante sul lembo della sua faccia piana, la quale iscrizione diceva così: Vang. Torricelli Fece in Fiorenza per comand. di S.A.S.» [5,6,7]. È la lente di Torricelli. Nel 1996 Edvige Schettino insieme al suo gruppo di ricerca, seguendo le indicazioni di Govi, che all’epoca non aveva i mezzi per andare avanti nelle



misurazioni, aggiorna le misure della lente e ne determina la composizione del vetro attraverso la tecnica della fluorescenza a raggi X.

Sono questi gli studiosi che hanno indotto Edvige Schettino a catalogare gli strumenti ed esporli? Sono questi gli scritti, gli appunti che delineano le tracce di un percorso che arriva fino al 2005 in via Mezzocannone 8?

Grazie a lei arriviamo nelle stanze del Museo di Fisica. Ci inoltriamo in un luogo prima immaginato e poi creato nel ventre della città nei locali dell'antico refettorio del collegio gesuitico, dove studiosi, studenti possono ripercorrere le tappe della fisica galileiana.

In una intervista del 2005 per Repubblica [8], Edvige Schettino racconta che: «Il Gabinetto di Fisica che ospitava queste collezioni era proprio lì, in via Mezzocannone». C'è dunque un simbolico ricongiungimento, un ritorno ai luoghi. Quegli antichi strumenti che avevano seguito gli studiosi nei diversi spostamenti dell'Istituto di Fisica, finanche alla Mostra d'Oltremare, trovano una collocazione. Non è solo un modo per esporli ma costruire attraverso essi altri strumenti del pensiero e della ricerca.

Nel Discorso inaugurale del Museo di Fisica, pronunciato il 28 gennaio 2005, emerge un movimento necessario e fondante dell'operato di Edvige: creare rete. Quando si accorge della difficoltà di passare dalla catalogazione alla ricostruzione degli strumenti ritrovati e spesso smontati, irriconoscibili, si appoggia all'unico inventario esistente redatto nel 1887, quando era direttore di Gabinetto Govi. E con tra le mani i pochi fogli ritrovati, parte per Parigi, prima, e Monaco, poi, e consulta anche i cataloghi degli strumenti scientifici delle principali case costruttrici europee, pubblicati dall'800 in poi.



I - Ingresso del Museo di Fisica in via Mezzocannone
(Università degli Studi di Napoli Federico II)

Fare rete vuol dire anche coinvolgere gli studenti delle scuole superiori di un Liceo di Pozzuoli che aiutano a trasportare in una nuova sede materiali e strumenti rimasti chiusi per cinque anni. Si può ancora sentire il vociare incredulo degli studenti, inconsapevoli traghettatori di sapere.

Tutto ciò traduce la forza immaginativa della Prof.ssa Schettino, che leggendo e studiando i carteggi di Melloni, attardandosi sulle notizie della “Settimana adunanza degli scienziati italiani” tenuta a Napoli nel 1845 [9] o riprendendo gli articoli di Govi, ricostruisce un itinerario del sapere che va dall’immaginario al reale, dal passato al future, costringendoci a stare qui nel presente.

Ricostruire questa storia, forse, per Edvige Schettino, la “storica” della fisica, ha significato andare verso un elemento materiale cruciale della ricerca che permette di andare oltre l’esperienza ordinaria: è il



mondo degli strumenti, atti a cogliere nuove e inaspettate rivoluzioni. È questo l'aspetto rivoluzionario che la Prof.ssa Schettino cerca di trasmettere agli studenti e ad altri studiosi. Di questo parla anche Chiara Valerio in "Storia umana della Matematica" quando scrive: «Nel 2005, il corso di Storia della Fisica di Edvige Schettino alla Scuola di specializzazione in Didattica della Federico II comincia con: "Al mondo ci sono state solo tre rivoluzioni, la rivoluzione russa, la rivoluzione francese e la rivoluzione scientifica, oggetto del nostro corso sarà solo la terza, ma non dimentichiamo mai le altre"» [10].

E insieme – una fisica e una filosofa – abbiamo narrato della "nostra" Edvige, una scienziata- visionaria che ci ricorda che le rivoluzioni implicano una rottura nelle stratificazioni dei movimenti, delle azioni e dei pensieri per la costruzione di nuove genealogie.

Fin qui la storia nota. Arriva un ricordo che rompe ancora lo schema: giunta al termine del suo percorso, Edvige sceglie di salutare prima i collaboratori del Museo. Nelle stanze della guardiania saluta con vino e taralli coloro che sono stati parte operativa nell'allestimento delle sale del Museo e oggi i custodi di un sapere che è in continuo divenire. È da qui che parte una nuova genealogia: una Scienziata, degli scritti, un Museo.



Bibliografia

- [1] Schettino E., *Govi Professore*,
<https://core.ac.uk/download/55139133.pdf>
- [2] Govi G., *Delle scienze nella società: discorso inaugurale per la solenne apertura degli studi nell'I. e R. Istituto tecnico Toscano, pronunciato il 16 novembre 1857*.
- [3] Borrelli A., Schettino E., *Natura scienza società. Discorsi inaugurali*, 2005, Napoli: Dante & Descartes.
- [4] Borrelli A., Schettino E., *Stile editoriale di opere scientifiche: dissensi e contrasti nel carteggio Govi-Boncompagni*, *Scienza & Politica*, 29 (57) 2017
<https://doi.org/10.6092/issn.1825-9618/7578>
- [5] Govi G., *Di una lente per cannocchiale lavorata da Evangelista Torricelli*, *Rendiconti dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche*, 1886, Napoli, v. 25: 163-169.
- [6] Borrelli A., Schettino E., *La prima cattedra della storia della fisica in Italia: un'occasione mancata*, *Scienza & Politica*, 17 (33) 2005
<https://doi.org/10.6092/issn.1825-9618/2822>
- [7] Borrelli A., Schettino E., *Il Carteggio fra Gilberto Govi, Antonio Favaro e Giovanni Virginio Schiaparelli per l'Edizione nazionale delle Opere di Galileo Galilei*, *Rivista di Storia dell'Università di Torino*, Torino, v. 3, n. 2: 43-126 2014
- [8] De Fazio B., *Il museo della Fisica apre la scatola dell'inventore*, *La Repubblica.it Archivio* 2005,
<https://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2005/01/28/il-museo-della-fisica-apre-la-scatola.html?ref=search>
- [9] Schettino E., *La VII Adunanza degli scienziati italiani tenuta in Napoli dal 20 di settembre a' 5 di ottobre 1845*. In: *La scienza nel Mezzogiorno dopo l'Unità d'Italia*, v. I. Soveria Mannelli: Rubbettino, 2008, p. 327-350.
- [10] Valerio C., *Storia umana della matematica*, 2016, Torino: Einaudi

La Collezione “Govi-Davis” della Biblioteca “Roberto Stroffolini”

Pina Tuttocuore¹

Biblioteca del Polo centrale, Area delle scienze giuridiche,
Università degli Studi di Messina
Piazza Pugliatti 1, 98100 Messina

Edvige Schettino ha dedicato uno studio intenso alla figura di Gilberto Govi, scienziato e intellettuale ottocentesco, per il quale lamentò che fosse “mancato a tutt’oggi un lavoro complessivo”. Questo saggio è una parziale ricognizione nel ricco Fondo Storico della biblioteca “Roberto Stroffolini” dell’Università degli Studi di Napoli Federico II, che la Schettino frequentava abitualmente. I volumi presi in considerazione costituiscono, in parte, un nucleo riconducibile alla nota Collezione Govi-Davis e testimoniano la passione del fisico mantovano per i libri antichi e le edizioni scientifiche rare.

Durante un congresso, tenutosi a Mantova nel lontano 2001, furono presentati i risultati di un’interessante indagine dedicata a Gilberto Govi, in particolar modo alla sua passione di storico e bibliofilo². Tale ricerca prendeva spunto dallo studio e dall’interpretazione degli elementi extra-testuali di alcuni volumi della Biblioteca del Dipartimento di Matematica e Applicazioni “Renato Caccioppoli” dell’Università degli Studi di Napoli Federico II.

Non stupisce che anche da un esame, seppur ancora incompleto, del composito fondo librario della biblioteca “Roberto Stroffolini” del Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini” dello stesso ateneo si possano rintracciare alcuni volumi che appartennero alla ricchissima collezione del professore Govi.

¹ E-mail: ptuttocuore@unime.it

² F. PALLADINO, N. PALLADINO, *Gilberto Govi storico della fisica e bibliofilo*, in *Contributo di scienziati mantovani allo sviluppo della matematica e della fisica*, Atti del congresso, a cura di F. MERCANTI E L. TALLINI, Consorzio Universitario Mantovano e altri Enti, Mantova, 2001, pp. 209-220.



Si tratta, fino ad ora, di sei opere d'argomento scientifico riconducibili all'ambito della storia della fisica, che catalogheremo e presenteremo con lo scopo, da un lato, di farne conoscere meglio il possessore, dall'altro, di offrire l'ennesima prova di quale grande tesoro custodiscano e offrano i libri, strumenti di trasmissione della conoscenza, ma anche tracce, fotografie dei percorsi talvolta più inaspettati di diffusione della cultura. Come è sottolineato più volte in un saggio³ di Antonio Borrelli ed Edvige Schettino, la biografia di Govi ci restituisce l'immagine di un personaggio dai molteplici interessi e dalla grande curiosità, che ebbe modo di ricoprire incarichi diversi, ma che coltivò per tutta la sua vita un sogno: far nascere a Roma la prima cattedra di storia della fisica in Italia, alla quale avrebbero dovuto affiancarsi un museo e una biblioteca, così da costituire un ideale "centro di ricerca, innovativo nei fini e nell'organizzazione. [...] La biblioteca doveva raccogliere le opere che documentavano le varie fasi dello sviluppo della storia della fisica in Italia". Per realizzare ciò Govi si dichiarò disposto a offrire la sua immensa biblioteca personale e suggerì di raccogliere e riunire tutte le raccolte librerie scientifiche presenti nella capitale⁴.

³ A. BORRELLI, E. SCETTINO, *La prima cattedra di storia della fisica in Italia: un'occasione mancata*, in *Scienza & politica*, 33, 2005, pp. 75 ss. Per una ricostruzione biografica del fisico mantovano, oltre ai saggi appena citati, si leggano, da ultimo: A. FERRARESI, voce *Govi, Gilberto*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Istituto Enciclopedia Italiana, Roma, vol. 58, 2002, pp. 174-177; G. BASSO, *In commemorazione di Gilberto Govi*, Clausen, Torino, 1889; L. CICCONE, *Gilberto Govi*, in *Annuario Scolastico della Regia Università degli Studi di Napoli 1889-1890*, Napoli, 1890, pp. 193-200; F. BRIOSCHI, *Gilberto Govi*, in *Rendiconti della Regia Accademia dei Lincei*, 1889, pp. 29-31; A. BRUSAMOLI MANTOVANI, *Gilberto Govi: patriota e fisico mantovano*, in *Quaderni di storia della fisica*, 2001, pp. 39-55 (pubblicato anche come: *Gilberto Govi: patriota e scienziato mantovano*, in *Atti e memorie dell'Accademia Nazionale Virgiliana di Scienze Lettere e Arti*, n.s. LXIX, 2001, pp. 141-163); L. CARBONE, R. GATTO, F. PALLADINO, *La costituzione di un fondo di antichi libri scientifici: il caso del Dipartimento di Matematica e Applicazioni della "Federico II" di Napoli e la collezione Govi-Davis*, in *Rendiconto dell'Accademia delle scienze fisiche e matematiche*, 2001, pp. 7-15; A. FAVARO, *Gilberto Govi ed i suoi scritti intorno a Leonardo da Vinci*, Maglione e Strini, Roma, 1923, in part. pp. 7 ss.; E.N. LEGNAZZI, *Gilberto Govi. Commemorazione*, in *Atti e memorie della R. Accademia Virgiliana di Mantova*, 1891, pp. 101 ss.; B. NARDI, *Bozzetto con una breve descrizione delle carte goviane presso la R. Accademia virgiliana di Mantova*, Manuzio, Mantova, 1926; B. OTTOLENGHI, *Gilberto Govi nel centenario della sua nascita*, A. Manuzio, Mantova, 1926; F. PALLADINO, *La storia delle scienze matematiche a Napoli tra Ottocento e Novecento: il contributo di Franco Amodeo*, in *Pietro Riccardi (1828-1898) e la storiografia delle matematiche in Italia. Atti del Convegno*, a cura di F. BARBIERI e F. CATTELANI DEGANI, Modena, 16-18 marzo 1989, Università degli Studi di Modena, Dipartimento di matematica pura ed applicata "G. Vitali", Modena, 1989, pp. 269 ss., in part. pp. 271-273; A. WOLYNSKY, *Il prof. Gilberto Govi*, Civelli, Roma, 1890.

⁴ A. BORRELLI, E. SCETTINO, *La prima cattedra di storia della fisica... op. cit.*, pp. 89-90.



Naufragata la possibilità di veder istituire la cattedra tanto desiderata⁵ a Roma, si trasferì a Napoli, dove venne chiamato a guidare l'Istituto di fisica sperimentale a partire dal 1878⁶. Aveva, nel frattempo, pensato di donare tutti i suoi volumi al Museo Copernicano di Roma e alla Biblioteca di Mantova, ma lo colse la morte e i suoi libri e le sue carte passarono agli eredi di Modena⁷.

Le prime ipotesi relative alla dispersione immediata⁸ del patrimonio librario di Govi sono state smentite in seguito ad alcuni interessanti approfondimenti. Grazie allo studio delle carte giovanili, in parte giunte a Mantova presso l'Accademia Virgiliana⁹, in parte salvate dalla dispersione grazie alla riproduzione che Palladino ne fece nei suoi studi¹⁰, e grazie alla scoperta di un prezioso catalogo d'asta¹¹, si può affermare con certezza che, sebbene per un breve periodo, l'unità del fondo fu preservata.

Pare sia stato Anton Dohrn¹² a suggerire al ricchissimo colonnello Alexander Henry Davis, proprietario della famosa Villa Floridiana di

⁵ A lungo Govi si impegnò affinché il suo progetto venisse accolto, come testimoniano gli scambi epistolari con i ministri Scialoja e Bonghi negli anni 1872-1874, cfr. *ivi*, pp. 78 ss.

⁶ A. BORRELLI, R. GATTO, *L'insegnamento delle scienze*, in *Napoli e la Campania nel Novecento: diario di un secolo*, a cura di F. Tessitore, D. Conte, A. Croce, vol. 3, Liguori, Napoli, 2006, pp. 687 ss.

⁷ A. BORRELLI, E. SCETTINO, *La prima cattedra di storia della fisica... op. cit.*, p. 77, n. 11; L. CARBONE, R. GATTO, F. PALLADINO, *La costituzione di un fondo di antichi libri scientifici... op. cit.*, pp. 7-15.

⁸ F. PALLADINO, *La storia delle scienze matematiche...*, *op. cit.*, p. 72: "I suoi libri si sono sparsi, probabilmente tra la Biblioteca universitaria di Napoli e le altre biblioteche degli istituti universitari. Di sicuro, poiché, ci siamo spesso imbattuti in essi nelle nostre ricerche, una frazione è catalogata e conservate negli armadi dei libri antichi della Biblioteca dell'attuale Dipartimento di "Matematica e Applicazioni" dell'Università di Napoli. Tali libri portano come segno di appartenenza la firma: Gilberto Govi, accompagnata da una data (di acquisto probabilmente)".

⁹ R. NAVARRINI, *Le carte di Gilberto Govi conservate nell'Accademia Nazionale Virgiliana di Mantova*, in *Una mente colorata. Studi in onore di Attilio Mauro Caproni per i suoi 65 anni*, promossi, raccolti, ordinati da Piero Innocenti. Curati da Cristina Cavallaro, Vecchiarelli, Manziana; Il libro e le letterature, Roma, 2007, vol. 2, pp. 647-663.

¹⁰ L. CARBONE, N. PALLADINO, *L'epistolario ritrovato. Le lettere "napoletane" di Baldassarre Boncompagni a Gilberto Govi*, in *Rendiconto dell'Accademia delle scienze fisiche e matematiche*, 2006, pp. 23 ss.

¹¹ *Catalogo della Biblioteca esistente alla Floridiana*, Impresa Vanessa-Fraia-Silvestri, Napoli, 1917.

¹² C. GROEBEN, voce *Dohrn, Felix Anton*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Istituto Enciclopedia Italiana, Roma, vol. 40, 1991, pp. 382-384.



Napoli e bibliofilo accanito¹³, di acquistarne i libri, che passarono così dagli eredi all'americano e vennero custoditi nella sua ricca dimora napoletana: i libri furono, quando possibile, rilegati nuovamente, e su molti di essi fu incollato l'*ex-libris*¹⁴ del nuovo possessore.

Una volta venuti a mancare, però, Davis e la figlia Ethel Mac Donnel, tutti i beni della Villa Floridiana furono venduti in una delle più "spettacolose vendite del secolo"¹⁵. Per ultimi, dal 29 dicembre 1917 al 17 gennaio del 1918, vennero liquidati i libri, non prima di essere censiti in un catalogo molto dettagliato. Una vendita per lotti separati avrebbe garantito maggiori ricavi e permesso al nipote di Davis, rimasto orfano, di poter contare su una più cospicua rendita.

Nel catalogo d'asta, che ho avuto modo di consultare nell'edizione appositamente stampata per la Duchessa d'Aosta presso la Biblioteca Nazionale di Napoli "Vittorio Emanuele III", i volumi si trovano divisi in due sezioni: la collezione Davis e la collezione Govi; quest'ultima viene definita "della più grande importanza per gli studi di scienze fisico-matematiche"¹⁶.

¹³ F. DE FILIPPIS, *Le antiche residenze reali di Napoli*, Di Mauro, Napoli, 1971, p. 165; P. TOMA, *L'avventura nella stazione di Napoli: Anton Dohrn*, ESI, Napoli, 1996, pp. 112-113. Una brevissima biografia del colonnello americano si può leggere in *Herringshaw's National Library of American Biography*, American Publishers' Association, Chicago, 1864, vol. 2, p. 214: "Davis, Alexander Henry, soldier, proprietor, was born Oct. 19, 1839, in Syracuse, N.Y. When the civil war broke out he went to the front in 1861 as lieutenant of artillery. He was promoted to be captain and assistant adjutant-general in 1863; and major and assistant inspector-general in 1864."

¹⁴ L'*ex-libris* con il nome del possessore "Alexander Henry Davis" raffigura uno scudo con elmo sormontato da leone rampante e cartiglio con motto: "Nisi Dominus frustra", si rimanda a: L. CARBONE, R. GATTO, F. PALLADINO, N. PALLADINO, *Il fondo di antichi libri del Dipartimento di Matematica e Applicazioni della "Federico II" di Napoli: Cataloghi ragionati*, in *Rendiconto dell'Accademia delle scienze fisiche e matematiche*, 2002, pp. 145-278, in part. p. 214; si consultino, inoltre, i cataloghi della Biblioteca Nazionale "Vittorio Emanuele III" di Napoli, nello specifico la banca dati "Possessori" (<<https://www.bnnonline.it/it/324/possessori/3681/davis-alexander-henry>>) e la collezione di *ex-libris* e segni di possesso della Biblioteca medica "V. Pinali" antica: <<https://phaidra.cab.unipd.it/detail/o:61940#?q=davis&page=1&pagesize=20>>.

¹⁵ *Vendite all'asta nei primi del secolo*, in *Il Fuidoro*, maggio-giugno 1955, in part. p. 164: "La biblioteca, dotata di cinquemila opere, aveva edizioni superbe con rilegature di gran pregio collocate in librerie, degnissime custodie di quei cimeli: tutte in mogano inglese scolpito".

¹⁶ Si rinvia alla presentazione di A. Silvestri del *Catalogo della Biblioteca esistente ... op. cit.*, p. XIV: "nella sua biblioteca troviamo la storia progressiva e documentata delle scoperte che in quelle scienze fece una schiera illustre di studiosi di ogni regione d'Europa per tre secoli consecutivi sulle orme di Euclide e di Pitagora, di Aristotele, di Archimede, di Tolomeo e di Copernico".



Per ognuna delle collezioni, il catalogo di vendita elenca, dopo averle suddivise per contenuto, tutte le opere in ordine alfabetico per autore, ad esclusione di alcuni lotti che, sia nell'una sia nell'altra collezione, purtroppo vengono descritti solo sommariamente; di ciascuna opera sono indicati l'autore, il titolo, il luogo e l'anno di pubblicazione, il formato e le eventuali illustrazioni presenti. I volumi appartenuti a Govi sono numerati da 678 a 4160¹⁷.

Cinque delle opere nel nostro catalogo sono riconducibili proprio a questa collezione, come segnalano gli *ex-libris* incollati sui contropiatti anteriori, le note di possesso manoscritte, le indicazioni talvolta apposte dai rilegatori, e le caratteristiche legature, in tela con incisioni in oro. Come questi volumi siano giunti nella Biblioteca del Dipartimento di Fisica non è dato sapere, al momento. Anche se è possibile avanzare alcune ipotesi, che meritano ulteriori ricerche.

Il direttore del Gabinetto di fisica sperimentale, negli anni in cui si tenne l'asta, fu Michele Cantone¹⁸. Anche di lui sappiamo che fu un appassionato bibliofilo e che “speciale cura rivolse alla formazione di una biblioteca che è ora molto ricca di opere moderne”¹⁹.

In un censimento degli Istituti e laboratori scientifici italiani, pubblicato nel 1931, leggiamo che l'“Istituto di Fisica sperimentale della

¹⁷ *Ibidem*, in particolare, per le opere di Govi si segnalano le seguenti sezioni: da n. 678 a 3064: *Scienze matematiche e fisiche, chimica*; da 3065 a 3193: *Opere di Galileo Galilei, dei suoi seguaci e continuatori e di coloro che camatterono le sue dottrine*; da 3194 a 3603: *Storia*; da 3604 a 3852: *Letteratura e varie*; da 3853-3949: *Periodici, giornali e riviste scientifiche*; da 3950-3976: *Lotti di opere varie*; da 3977-4161: *Autografi*. Al numero 4161 vengono descritti i mobili che contenevano il materiale librario.

¹⁸ A. CARRELLI, *Michele Cantone*, in *Memorie della Società Astronomica italiana*, 1933, pp. 207-209; E. ADINOLFI, *Commemorazione di Michele Cantone*, in *Rendiconto dell'Accademia delle Scienze fisiche e matematiche*, 1931, pp. 19-23; E. Perucca, *Per la morte del socio nazionale non residente Michele Cantone*, in *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino, Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali*, LXVII (1931-32), pp. 558-565.; si veda, inoltre: M. GLIOZZI, voce *Cantone, Michele*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 18, Istituto Enciclopedia italiana, Roma, 1975, pp. 300-302.

¹⁹ A. CARRELLI, *Michele Cantone...*, p. 207.



R. Università” disponeva di “una Biblioteca di circa 35.000 volumi, con varie collezioni di periodici scientifici italiani ed esteri. [...]” e che “solo con la nomina a direttore del prof. Cantone fu possibile ordinare la Biblioteca”²⁰.

Nella ricognizione inventariale del Fondo Storico della Biblioteca “Roberto Stroffolini” più volte ci siamo imbattuti in note manoscritte risalenti a Michele Cantone e proprio Cantone potrebbe aver partecipato all’asta o potrebbe aver fatto pressioni per fare acquistare alcuni volumi. D’altronde, anche per i libri della collezione Govi-Davis rinvenuti nella Biblioteca del dipartimento di scienze matematiche si è ipotizzato che alcuni professori dell’ateneo napoletano ne siano stati i diretti acquirenti²¹.

Altra possibile spiegazione, per questa felice coincidenza, potrebbe ricondursi ad un errore. Carlo Miranda, nel documentare la ricostruzione dell’Istituto di matematica dopo la Seconda Guerra Mondiale, raccontò che “i mobili dei Gabinetti e della Sala Battaglini erano ammassati per terra in uno stanzone che tanti anni prima era stata l’aula dell’Istituto di Fisica Sperimentale”²². La perdita di inventari e cataloghi creò una grande confusione e rese difficile la ricostituzione dei fondi librari dei vari istituti: parte del patrimonio in dotazione all’Istituto di matematica potrebbe essere stata inglobata nelle raccolte dell’Istituto di scienze fisiche. Ma la presenza sui volumi di timbri a inchiostro, che attestano la provenienza dall’“Istituto fisico. Napoli. R.a Università”, sembra smentire del tutto quest’ultima ricostruzione. In attesa di un più attento e preciso studio del fondo storico nella sua interezza, si propone di seguito il catalogo delle opere riconducibili a Govi.

²⁰ G. MAGRINI, *Istituti e laboratori scientifici italiani*, 2^a ed., vol. 1, CNR, Roma, 1931, p. 124.

²¹ Si rimanda a: L. CARBONE, R. GATTO, F. PALLADINO, *La costituzione di un fondo di antichi libri scientifici... op. cit.*, pp. 12-13.

²² Confronta: C. MIRANDA, *Breve storia e prospettive future dell’Istituto di Matematica della Facoltà di Scienze dell’Università di Napoli*, in *Rendiconto dell’Accademia di Scienze fisiche e matematiche di Napoli*, 1977, pp. 1-38.



Catalogo

1) Cassius, Jean Jacques Joseph <17.?-1806> (VIAF)

Précis succinct des principaux phénomènes du Galvanisme, suivi de la traduction d'un Commentaire de J. Aldini sur un mémoire de Galvani ayant pour titre: *Des Forces de l'électricité dans le mouvement musculaire*. Ouvrage très rares en France et qui n'a point encore été traduit; et de l'extrait d'un ouvrage de Vassali Eandi ayant pour titre: *Expériences et observations sur le fluide de l'électromoteur* de Volta, par Cassius, [...] Larcher Daubancourt, [...] et de Saintot [...]

A Paris : Delaplace et Goujon, Libraires rue des Grands-Augustins, n. 31, 1803 [XI]

viii, 52, 32, 8 p. ; 8°

Riferimenti bibliografici: Sue, Pierre. *Histoire du galvanisme, et analyse des differens ouvrages publiés sur cette decouverte depuis son origine jusqu'a ce jour*. Par P. Sue aine ... Quatrieme partie, A Paris : chez Bernard libraire, 1805, pp. 135 ss. – Segn.: a⁸ A-C⁸ D², ²A-B⁸, ³A⁴

Impronta: s;ns d.44 enx- avpa (3) 1803 (A)

Coautori:

Larcher D'Aubancourt, Charles Jeans Baptiste Lois <1747-1772>
De Saintot <?>

Altri nomi:

Aldini, Giovanni (1762-1834)
Vassalli Eandi, Antonio <1761-1825>
Galvani, Luigi <1737-1798>
Volta, Alessandro <1745-1827>

Nota manoscritta in testa al frontespizio: “Dono del Prof. Govi”

Il primo dei volumi descritti nel nostro catalogo non contiene nessun segno che possa permetterci di associarlo alla Biblioteca della Floridiana, ma presenta una nota manoscritta in testa al frontespizio: “Dono del prof. Govi”.

Negli ultimi dieci anni della sua vita, il fisico venne chiamato a ricoprire il ruolo di docente ordinario del Gabinetto di Fisica sperimentale presso l'ateneo federiciano. Forse proprio durante la sua permanenza a Napoli il volume pervenne nella raccolta libraria dell'Istituto di fisica, offerto dallo stesso proprietario alla struttura che lo aveva accolto.



2) Galilei, Galileo

Opere di Galileo Galilei nobile fiorentino. Volume primo [-decimoterzo]
Milano : dalla Società tipografica de' Classici Italiani contrada del
Cappuccio, 1808-1811
13 volumi : ill. ; 8°

Riferimenti bibliografici: A. Favaro, *Per la edizione nazionale delle opere di Galileo Galilei sotto gli auspicii di S.M. il Re d'Italia*. Esposizione e disegno di Antonio Favaro, Firenze, Tipografia di G. Barbera, 1888, p. 18. - Titolo degli occhielli: *Opere di Galileo Galilei*. - La formulazione dell'indicazione di pubblicazione varia nei volumi 1.-6.: dalla Società tipografica de' Classici Italiani contrada di S. Margherita n. 1118.

Legatura in mezza tela con incisioni in oro sul dorso. – Ex libris incollato sui contropiatti anteriori: Alexander Henry Davis. – Timbro ad inchiostro nero sugli occhielli: “Istituto fisico. Napoli. R.a Università”

Vol. I.

1808.

XII, 531, [1] p., [2], 3 c. di tav. in pt. ripieg. : ill., inc., ritr.

Ritratto di Galilei inciso da Paolo Caronni. – Segn.: [ast]⁶ 1-33⁸

impronta: i.la vie- s-o- coed (3) 1808 (A)

Vol. II.

1809

391, [1] p., II c. di tav. ripieg. : ill.

Segn.: [1]⁸ 2-24⁸ 25⁴

impronta: rail b-e- e-ma cave (7) 1809 (A)

Vol. III.

1809

721, [3] p., [1] c. di tav. : ill.

Segn.: [1]⁸ 2-45⁸ 46²

impronta: o,a- eala tete suec (7) 1809 (A)

Vol. IV.

1810

402, [2] p., III c. di tav. ripieg. : ill.

Segn.: [1]⁸ 2-25⁸ 26²

impronta: iiso l-r- i-er apsi (7) 1810 (A)

Vol. V.

[1811 circa]

323, [1] p., [2] c. di tav. ripieg. : ill.



La data di pubblicazione si ricava dal piano dell'opera. - Segn.: [1]⁸
2-20⁸ 21²

impronta: e-m, ias, n-ro alSi (7) 1811 (Q)

Vol. VI.

1811

592, [2] p., III c. di tav. ripieg. : ill.

Segn.: [1]⁸ 2-37⁸ x¹

impronta: s.um s,n- onna brRe (7) 1811 (A)

Vol. VII.

1811

575, [1] p., [1] c. di tav. ripieg. inc. : ill.

Segn.: [1]⁸ 2-37⁸.

impronta: l-e, todo p-o- nide (7) 1811 (A)

Vol. VIII.

1811

360, V c. di tav. ripieg. inc. : ill.

Segn.: [1]⁸ 2-22⁸ 23⁴

impronta: i.ta n-uo e,a- leeg (7) 1811 (A)

Vol. IX.

1811

418, [2] p., VII c. di tav. ripieg. : ill.

Segn.: [1]⁸ 2-26⁸ 27²

impronta: e,a- umi- r-l- acbe (7) 1811 (A)

Vol. X.

1811

535, [1] p., II c. di tav. ripieg. : ill.

Segn.: [1]⁸ 2-33⁸ 34⁴

impronta: e-;e e.e- Oano codr (7) 1811 (A)

Vol. XI.

1811

VII, [1], 571, [1] p., II c. di tav. ripieg. : ill.

Segn.: [1]⁸ 2-35⁸ 36⁶

impronta: e,un n-am 1.i- (1di (3) 1811 (A)

Vol. XII.

1811

415, [1] p., II c. di tav. ripieg. inc. : ill.



Segn.: [1]⁸ 2-26⁸

impronta: e-i- i-ee e-di 3.ta (7) 1811 (A)

Vol. XIII.

1811

737 [i.e. 387], [1] p.

Segn.: [1]⁸ 2-24⁸ 25². – La p. 387 erroneamente numerata 737.

impronta: lio- i-am ceo, 1.(1 (7) 1811 (A)

Altri nomi:

Caronni, Paolo <1779-1842>

La seconda opera descritta è la prima edizione milanese delle opere di Galileo Galilei. È un esemplare ben conservato, con dorso in tela ed incisioni in oro, contenente numerose carte di tavola ripiegate e illustrate.

I volumi dell'edizione posseduta presentano sugli occhielli il timbro ad inchiostro nero: "Istituto fisico. Napoli. R.a Università". Sono giunti in biblioteca ai tempi in cui il dipartimento di fisica era denominato "Istituto fisico" e l'università "Regia". Siamo nella prima metà del ventesimo secolo. Alla fine del volume dodicesimo si trovano alcune note manoscritte poste in fine: "Prof. Govi. ½ leg. tela". Le note, probabilmente apposte a promemoria dal rilegatore, attestano che i volumi appartennero anche al Prof. Govi.

Nel catalogo della Floridiana tale opera è registrata al n. 3141 delle opere possedute da Gilberto Govi (p. 269).

"Gli editori dei Classici Italiani, che procurarono la prima edizione milanese delle opere galileiane [...], mentre si erano accinti a questa impresa col proposito di staccarsi affatto dalle precedenti edizioni per quanto concerneva l'ordine nella distribuzione delle materie, finirono con l'accorgersi che le due assai celebri edizioni di Firenze e di Padova presentavano già una sì acconcia distribuzione di tutte le Opere di Galileo, da doversi stimare temerità il volersene allontanare; e per ciò seguirono in tutto e per tutto la edizione padovana, della quale i primi dodici volumi della milanese sono una semplice riproduzione, colla sola differenza di esser molto meno commendabili per la correzione e per la diligenza tipografica: nel tredicesimo ed ultimo sono aggiunti altri scritti, nella padovana non compresi, ma nessuno dei quali era inedito".

3) Galvani, Luigi

Opere edite ed inedite del professore Luigi Galvani raccolte e pubblicate per cura dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna

Bologna : Emidio Dall'Olmo, 1841

120, 505 p., [2], IX c. di tav. in parte ripieg. : ill. ; 30 cm



Riferimenti bibliografici: P.G. GRIMELLI, *Rivista bibliografica*, in *Giornale letterario scientifico modenese*, 1841, pp. 309-316. - Titolo dell'occhiello: *Collezione delle opere* del Prof. Luigi Galvani. - Ritratto dell'autore e carta di tavola con sottoscrizione: C. Bettini del. Lit. Bettini.

Legatura in mezza tela con incisioni in oro sul dorso. - *Ex libris* di Alexander Henry Davis incollato sul contropiatto. - Nota manoscritta in fine: "Proffe. Govi ½ legat. semplice". - N. inventario: 2823.

Si tratta della prima preziosa edizione delle opere complete di Galvani, pubblicata dopo che i manoscritti inediti dello stesso giunsero in donazione all'Accademia delle scienze dell'Istituto di Bologna per volontà di suo nipote, Giovanni Aldini. Essa fu curata da Silvestro Gherardi.

La terza opera descritta presenta caratteristiche di legatura analoghe all'edizione galileiana. Nel catalogo di vendita della Floridiana l'edizione si trova registrata al n. 1623 ("in pelle") o 1624 ("brochure") delle opere possedute da Gilberto Govi, alla p. 152.

4) Herschel, John Frederick William

Traité de la lumière, par J.F.W. Herschel, president de la Societe astronomique de Londres; traduit de l'anglais avec notes par mm. P.F. Verhulst, docteur en sciences, et A. Quetelet, directeur de l'observatoire de Bruxelles.

Paris : a la librairie scientifique-industrielle de Malher et Cie, passage Dauphine, 1829-1833 ([Parigi] : de l'imprimerie de Guiraudet, rue Saint-Honore n. 315)

2 volumi : ill. ; 8°

L'indicazione di pubblicazione varia nel vol. 2, pubblicato nel 1833: Paris, Hachette

1. 1829.
[8], 205, [2], 206-508 p., 10 c. di tav. : ill.
Segn.: π4 1-31⁸ 32⁸

impronta: ueet e-a- lat- nebr (3) 1829 (R)

2. 1833
620 p. ; 20 cm.

Altri nomi:

Verhulst, Pierre François
Quetelet, Adolphe <1796-1874>



Mancano le c. di tav. - Nota ms. ("Gilbert Govi 1852") e timbro ad inchiostro nero ("Istituto fisico. Napoli. R.a Università") e ad inchiostro blu ("Ist. fisica sperim. Università Napoli", quest'ultimo ripetuto anche sul verso dell'occhiello) sui front. - N. inventario: 2829

La francesizzazione del nome indicato sui frontespizi potrebbe alludere al fatto che Govi è in Francia nel momento in cui entra in possesso del libro. Nel catalogo di vendita della Floridiana il libro è descritto ai nn. 1802 e 1803 delle opere possedute da Gilberto Govi, alla p. 168. Potrebbe trattarsi del n. 1802 (posseduto addirittura in due copie), perché non vengono segnalate carte di tavola nella descrizione.

5) Huygens, Christiaan

Œuvres complètes de Christiaan Huygens / publiées par la Société Hollandaise des sciences. - La Haye : M. Nijhoff, 1888-1950. - 21 v. ; 30 cm.

Opera in 21 v.

Riferimenti bibliografici: G. MORMINO, *Sur quelques problèmes éditoriaux concernant l'oeuvre de Christian Huygens*, in *Revue d'histoire des sciences*, 2003, pp. 145-151. - Posseduto solo il volume:

1: *Correspondance 1638-1656.*
1888.
XIV, 621 p., [1] c. di tav. : ill. ; 30 cm

Sul verso dell'occhiello: "Exemplaire offert a M. G. Govi par la Commission de redaction [...]". - Timbro ad inchiostro nero ("Istituto fisico. Napoli. R.a Università") e nota manoscritta ("Scuola di Magistero") sul frontespizio. - N. inventario: 993.

L'opera fu regalata a Govi direttamente dalla Commissione di redazione dell'opera. Corrisponde al n. 1862 delle opere di Govi, p. 173.

6) Young, Thomas

A course of lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts. By Thomas Young [...]. In two volumes.

London : printed for Joseph Johnson, St. Paul's Church Yard, by William Savage, Bedford Bury, 1807.

2 volumi : ill. ; fol.
C. di tav. con sottoscr.: Pub. by J. Johnson. London 2 July 1806.
Joseph Skelton sculp.



Timbro ad inchiostro nero (“Istituto fisico. Napoli. R.a Università”) e nota manoscritta sui frontespizi (“Scuola di magistero”). – *Ex libris* di Alexander Henry Davis incollato sul contropiatto anteriore. – N. inventario: 993

Vol. 1:

– xxiv, 796 [i.e. 776] p., XLIII c. di tav. : ill.

Segn.: [a]⁴ b⁴(-b4) B-5F⁴. – Omesse le p. 545-564.

impronta: R.ED send a-s- whSu (3) 1807 (A)

Vol. 2:

– xii, 738 p., 15 c. di tav. : ill.

Segn.: [a]⁴ b⁴(-b4) B-4S⁴ 4T-5G² x¹

impronta: r-re s.us l.re ACto (3) 1807 (A)

Nel catalogo di vendita della Floridiana, i volumi si trovano registrati al n. 3044 delle opere possedute da Gilberto Govi, alla p. 254.

Bibliografia di Edvige Schettino

a cura di Ivana Stazio¹

Biblioteca “Roberto Stroffolini”
Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”, Università degli Studi di Napoli Federico II,
Complesso Universitario di Monte S. Angelo,
Via Cinthia, 80126 Napoli

- Angelo Baracca – Antonio Lunardini – Edvige Schettino, *Storia del concetto di spin dalla fisica classica alla teoria quantistica*. In: *Atti del III Congresso nazionale di storia della fisica. Palermo, 11-16 ottobre 1982*, a cura di Fabio Bevilacqua, Arturo Russo. [S.l. : s.n.], stampa 1983, p. 142-149.
- Ezio Ragozzino – Edvige Schettino, *La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica. 1, Gli strumenti ottici (1840-1890)*. Napoli: Università degli studi di Napoli, Facoltà di Scienze M.F.N., 1984.
- Edvige Schettino, *Nobili, Melloni, e il termomoltiplicatore*, “Giornale di Fisica”, 25, n. 3/4 (1984), p. 365-371.
- Edvige Schettino, *Il modo di sperimentare di un grande fisico italiano dell'Ottocento: Macedonio Melloni. Ricostruzione delle classiche esperienze sul calore raggiante*, “Physis. Rivista internazionale di storia della scienza”, 26, n. 2 (1984), p. 271-301.
- Edvige Schettino, *Il modello ring-electron di A. L. Parson*, “Physis. Rivista internazionale di storia della scienza”, 26, n. 3 (1984), p. 361-371.
- Ezio Ragozzino – Edvige Schettino, *La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di fisica. 2, Meccanica dei fluidi e termologia (1840-1900)*. Napoli: Università degli studi di Napoli, Facoltà di Scienze M.F.N., 1985.
- Ezio Ragozzino – Edvige Schettino, *La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di fisica. 3, Eletticità e magnetismo (1835-1900)*. Napoli: Università degli studi di Napoli, Facoltà di Scienze M.F.N., 1985.

¹ E-mail: ivana.stazio@unina.it. Gli URL sono stati controllati l'ultima volta il 7 dicembre 2022.



- Angelo Baracca – Edvige Schettino, *La nascita del concetto di momento magnetico intrinseco dell'elettrone in chimica e magnetismo prima del lavoro di Uhlenbeck e Goudsmit (1915-1921)*. In: *Atti del V Congresso nazionale di storia della fisica. Roma, 29-31 ottobre 1984*. Roma: Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1985, p. 263-267.
- Edvige Schettino, *Macedonio Melloni: a biographical note with a provisional list of his correspondence*, "Nuncius. Annali di storia della scienza", 2, n. 1 (1987), p. 111-124.
- Ezio Ragozzino – Edvige Schettino, *Early instruments of the Institute of physics*. Napoli: CUEN, 1988.
- Raffaele Rinzivillo – Edvige Schettino – Ezio Ragozzino, *Una esposizione di strumenti di fisica di Macedonio Melloni*. In: *Atti dell'VIII Congresso nazionale di storia della fisica*, a cura di Fabio Bevilacqua. Milano: Overseas, 1988, p. 411-412.
- Edvige Schettino, *Bibliografia di Macedonio Melloni*. In: *Atti dell'VIII Congresso nazionale di storia della fisica*, a cura di Fabio Bevilacqua. Milano: Overseas, 1988, p. 485-494.
- Edvige Schettino, *Antonio Carrelli*. In: *Dizionario Biografico degli Italiani*, volume 34. Roma: Treccani, 1988, <[https://www.treccani.it/enciclopedia/antonio-carrelli_\(Dizionario-Biografico\)/>](https://www.treccani.it/enciclopedia/antonio-carrelli_(Dizionario-Biografico)/>).
- Donatella Pierattini – Edvige Schettino, *Macedonio Melloni: un pioniere nello studio del magnetismo fossile*, "Bollettino della Società dei naturalisti in Napoli", 97 (1988), p. 203-225, <<https://www.biodiversitylibrary.org/page/56476123>>.
- Edvige Schettino, *A new instrument for infrared radiation measurements: the thermopile of Macedonio Melloni*, "Annals of Science", 46, n. 5 (1989), p. 511-517.
- Ezio Ragozzino – Raffaele Rinzivillo – Edvige Schettino, *La rivelazione della radiazione termica nella strumentazione di Macedonio Melloni*. Napoli: CUEN, 1989.
- Ezio Ragozzino – Raffaele Rinzivillo – Edvige Schettino, *Una grande figura di scienziato a Napoli: Macedonio Melloni, pioniere dell'infrarosso*. In:



Maurizio Torrini, *Scienziati a Napoli, 1830-1845: quindici anni di vita scientifica sotto Ferdinando II*. Napoli: CUEN, 1989, p. [137]-166.

- Edvige Schettino, *La termopila di Macedonio Melloni. I parte*. In: *Atti del IX Congresso nazionale di storia della fisica*. Pavia: La Goliardica pavese, 1989, p. 263-266.
- Ezio Ragazzino – Raffaele Rinzivillo – Edvige Schettino, *Uno studio sulla strumentazione antica. I, Determinazione della sensibilità di una termopila di Macedonio Melloni*. In: *Atti del X Congresso nazionale di storia della fisica*, a cura di Fabio Bevilacqua. [S. l.]: Gruppo nazionale di coordinamento per la storia della fisica del CNR, 1989, p. 349-356.
- Ezio Ragozzino – Edvige Schettino, *Le prime esperienze sulla polarizzazione termica. Due fisici a confronto: James David Forbes e Macedonio Melloni*. In: *Atti dell'XI Congresso nazionale di storia della fisica*, a cura di Fabio Bevilacqua. [S. l.]: Gruppo nazionale di coordinamento per la storia della fisica del CNR, 1990, p. 381-389.
- Ezio Ragozzino – Raffaele Rinzivillo – Edvige Schettino, *La collezione degli strumenti di fisica. Rapporto di attività*. Napoli: Museo del Dipartimento di scienze fisiche, Università di Napoli, 1990.
- Ezio Ragozzino – Raffaele Rinzivillo – Edvige Schettino, *I microscopi del passato: una introduzione allo studio delle qualità ottiche e meccaniche dei microscopi del Museo*. Napoli: CUEN, 1991.
- Ezio Ragozzino – Raffaele Rinzivillo – Edvige Schettino, *Il Museo del Dipartimento di Scienze fisiche dell'Università di Napoli*. In: *Instrumenta. Il patrimonio scientifico italiano: una realtà straordinaria*, a cura di Giorgio Dragoni. Bologna: Grafis, 1991, p. 259-267.
- Ezio Ragozzino – Edvige Schettino, *L'evoluzione della strumentazione per la rivelazione della radiazione infrarossa*. In: *Strumenti di fisica e cultura scientifica nell'Ottocento in Italia. Atti del Convegno nazionale su Strumenti di fisica e cultura scientifica nell'Ottocento in Italia, Villa Bottini e Liceo Machiavelli, Lucca 8-9 maggio 1991*. [S.l. : s.n.], stampa 1993, p. 160-165.
- Ezio Ragozzino – Giovanni Paternoster – Edvige Schettino, *L'acustica, scienza dimenticata: la scienza del suono negli strumenti del Museo*. Napoli: Museo del Dipartimento di scienze fisiche, Università di Napoli Federico II, 1993.



- Edvige Schettino – Ezio Ragozzino, *Le prime esperienze sulla polarizzazione termica*, “Giornale di fisica”, 34, n. 4 (1993), p. 247-256.
- Macedonio Melloni, *Carteggio (1819-1854)*, a cura di Edvige Schettino. Firenze: Olschki, 1994.
- Edvige Schettino – Rossana Spadaccini, *Il Gabinetto di fisica del Re: storia di una collezione*. Napoli: Luciano, 1995.
- *Le macchine del re: la collezione reale nel Museo del Dipartimento di scienze fisiche*, a cura di Edvige Schettino e Rossana Spadaccini. Napoli: Archivio di Stato, 1995.
- Donatella Pierattini – Edvige Schettino, *Melloni's study of volcanic rocks magnetic properties (1853)*. In: *Rocks, fossils and history: proceedings of the 13th INHIGEO Symposium, Pisa-Padova (Italy), 24 September-1 October 1987*. Impruneta, Firenze: Festina Lente, 1995, p. 141-146.
- Giovanni Paternoster – Raffaele Rinzivillo – Edvige Schettino, *Studio di una lente per cannocchiale di grandi dimensioni lavorata da Evangelista Torricelli*, “Nuncius. Annali di storia della scienza”, 11, n. 1 (1996), p. 123-134.
- Edvige Schettino, *Sulla natura elettromagnetica del calore radiante un esperimento del 1922*. In: *Atti del XVI Congresso nazionale di storia della fisica e dell'astronomia. Centro Volta, Villa Olmo, Como, 24-25 maggio 1996*. Como: Gruppo di lavoro per le celebrazioni voltiane, 1996, p. 643-649.
- Edvige Schettino, *Il calore radiante della Luna: una prova per l'identità della radiazione termica e luminosa*, “Memorie della Società Astronomica Italiana”, 68, n. 3 (1997), p. 673-677.
- Giovanni Paternoster – Raffaele Rinzivillo – Edvige Schettino, *Nota su una lente per cannocchiale firmata “Domenico Selva”*, “Nuncius. Annali di storia della scienza”, 12, n. 2 (1997), p. 427-431.
- Edvige Schettino, *Macedonio Melloni all'Osservatorio Vesuviano: dieci anni di storia*. In: *Mons Vesuvius: storie di sfide e catastrofi tra paura e scienza*. Napoli: Fiorentino, 1997, p. 265-272.
- Edvige Schettino – Rossana Spadaccini, *Il Gabinetto fisico del re da collezione privata a laboratorio didattico*. In: *Convegno nazionale su Strumenti e cultura scientifica nell'Ottocento in Italia. Firenze, 3-4 maggio 1995*, a cura di



Emilio Borchì, Renzo Macii, Flavio Vetrano. [S.l. : s.n.], stampa 1997, p. 206-208.

- Edvige Schettino, *L'insegnamento della fisica sperimentale a Napoli nella seconda metà del Settecento*, "Studi Settecenteschi", 18 (1998), p. 367-376.
- *Franklinists in Naples in the second half of the 18th century*. In: *Atti del XX congresso nazionale di storia della fisica e dell'astronomia. Napoli, 1-3 giugno 2000*, a cura di Edvige Schettino. Napoli: CUEN, 2001, p. 347-352, <<http://www.sisfa.org/wp-content/uploads/2013/04/xxSchettino.pdf>>.
- Edvige Schettino, *Fisica*. In: *La cultura scientifica e le sue istituzioni, Napoli 1860-1915*. Napoli: Paparo, 2001, p. 141-149.
- Edvige Schettino, *L'Italia e la Convenzione del metro: negoziazioni tecniche, scientifiche e legislative*, "Physis. Rivista di storia della scienza", nuova serie, 41, n. 2 (2004), p. 345-356.
- Antonio Borrelli – Edvige Schettino, *La prima cattedra di storia della fisica in Italia: un'occasione mancata [Con Appendice 1: lettere riguardanti la carriera accademica di Gilberto Govi; Appendice 2: "Intorno all'utilità d'una scuola di storia della fisica" di Gilberto Govi]*, "Scienza & politica. Per una storia delle dottrine", 17, n. 33 (2005), p. 75-110, <<https://scienzaepolitica.unibo.it/article/view/2822>>.
- Gilberto Govi, *Natura scienza e società: discorsi inaugurali*, a cura di Antonio Borrelli ed Edvige Schettino. Napoli: Dante & Descartes, 2005.
- Francesco Obrizzo – Edvige Schettino – Rossana Spadaccini, *Physics instruments in the Royal Palace of Naples: from collection to Museum*, "Rendiconto della Accademia delle Scienze fisiche e matematiche", 4. serie, 73 (2006), p. 47-59.
- Edvige Schettino – Chiara Valerio, *Physics Museum: short guide*. Napoli: Università degli studi di Napoli Federico II, stampa 2006.
- Edvige Schettino, *Le collezioni strumentarie del Museo di Fisica*. Napoli, Università degli studi di Napoli Federico II, Dipartimento di scienze fisiche, stampa 2007.



- Edvige Schettino, *La VII Adunanza degli scienziati italiani tenuta in Napoli dal 20 di settembre a' 5 di ottobre 1845*. In: *La scienza nel Mezzogiorno dopo l'Unità d'Italia*, volume I. Soveria Mannelli: Rubbettino, 2008, p. 327-350.
- Edvige Schettino, *I Borbone a Napoli. La Collezione reale del Museo di Fisica*, "Museologia scientifica. Memorie", 2 (2008), p. 290-292,
<<http://www.anms.it/upload/rivistefiles/98.PDF>>.
- Edvige Schettino, *The physical tourist: the Physics Museum of the University of Naples "Federico II"*, "Physics in Perspective", 11, n. 4 (2009), p. 442-453.
- Edvige Schettino, *Melloni, Macedonio*. In: *Dizionario Biografico degli Italiani*, volume 73. Roma: Treccani, 2009,
<[https://www.treccani.it/enciclopedia/macedonio-melloni_\(Dizionario-Biografico\)/>](https://www.treccani.it/enciclopedia/macedonio-melloni_(Dizionario-Biografico)/>).
- Edvige Schettino, *Breve storia delle collezioni del Museo di Fisica*. Napoli: Dipartimento di scienze fisiche, Museo di Fisica, stampa 2011.
- Edvige Schettino – Antonio Borrelli, *L'edizione nazionale delle Opere di Galileo nella corrispondenza Favaro-Govi e Favaro-Schiaparelli*. *Regesto delle lettere*, "Rivista di Storia dell'Università di Torino", 2, n. 1 (2013), p. 99-116,
<<https://www.ojs.unito.it/index.php/RSUT/article/view/410/326>>.
- Edvige Schettino, *Nobili, Leopoldo*. In: *Dizionario Biografico degli Italiani*, volume 78. Roma: Treccani, 2013,
<[https://www.treccani.it/enciclopedia/leopoldo-nobili_\(Dizionario-Biografico\)/>](https://www.treccani.it/enciclopedia/leopoldo-nobili_(Dizionario-Biografico)/>).
- Edvige Schettino – Antonio Borrelli, *Il carteggio fra Gilberto Govi, Antonio Favaro e Giovanni Virginio Schiaparelli per l'Edizione nazionale delle Opere di Galileo Galilei*, "Rivista di Storia dell'Università di Torino", 3, n. 2 (2014), p. 43-126,
<https://www.ojs.unito.it/index.php/RSUT/article/view/859/pdf_16>.
- Salvatore Esposito – Edvige Schettino, *Spreading newtonian philosophy with instruments: the case of Atwood's machine*, "Advances in Historical Studies", 3, n. 1 (2014), p. 68-81,
<https://www.researchgate.net/publication/270850802_Spreading_Newtonian_Philosophy_with_Instruments_The_Case_of_Atwood's_Machine>.



- Edvige Schettino, *Palmieri, Luigi*. In: *Dizionario Biografico degli Italiani*, volume 80. Roma: Treccani, 2014, <[https://www.treccani.it/enciclopedia/luigi-palmieri_\(Dizionario-Biografico\)/>](https://www.treccani.it/enciclopedia/luigi-palmieri_(Dizionario-Biografico)/>).
- Edvige Schettino, *Govi professore*. In: *L'esperimento della storia. Saggi in onore di Renato G. Mazzolini*. Trento: Fondazione Museo Storico del Trentino, 2015, p. 65-74.
- *Macedonio Melloni: il calore e la luce invisibile*, a cura di Luca Trentadue, Edvige Schettino, Claudio Peruggi. Parma: MUP, 2015.
- Antonio Borrelli – Edvige Schettino, *Stile editoriale di opere scientifiche: dissensi e contrasti nel carteggio Govi-Boncompagni*, “Scienza & politica. Per una storia delle dottrine”, 29, n. 57 (2017), p. 271-297, <<https://scienzaepolitica.unibo.it/article/view/7578/7281>>.
- Antonio Borrelli – Edvige Schettino, *Manuali di fisica dell'Ottocento. Il caso napoletano*. In: *Storia di editori e tipografi nella Napoli dell'800*, a cura di Gianfranco Tortorelli. Bologna: Pendagrone, 2018, p. 243-284.

Memorie





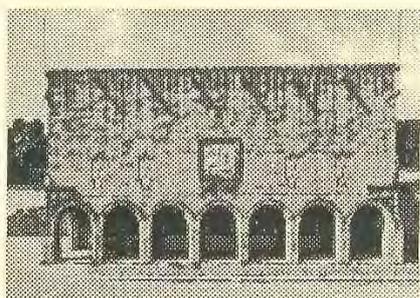




UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
" Federico II "



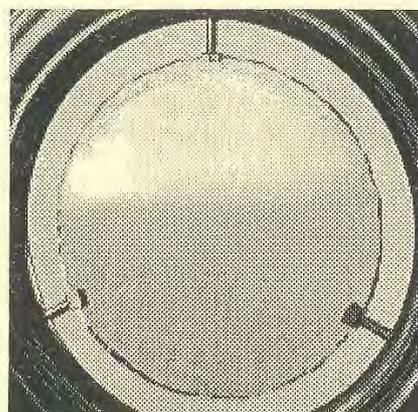
DIPARTIMENTO DI SCIENZE FISICHE



MUSEO di FISICA

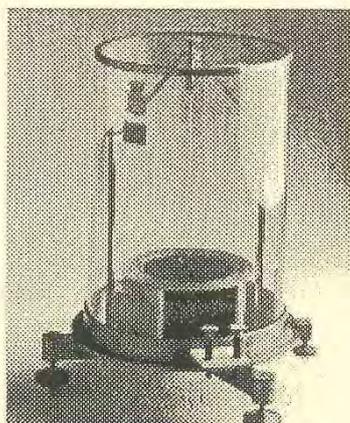
Aula "RODI" pad. 16
MOSTRA d'OLTREMARE

Il Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche ha preso l'avvio nel 1983, in occasione del trasferimento dell'Istituto di Fisica Sperimentale da via Tari nell'area della Mostra d'Oltremare. Esso possiede una collezione di grande interesse, composta da oltre 500 strumenti in buono stato di conservazione, di cui alcuni di notevole valore storico. In attesa del trasferimento nei locali ad esso destinati nel complesso di M. S. Angelo, il Museo di Fisica è collocato nell'aula di Rodi del pad. 16 della Mostra d'Oltremare.



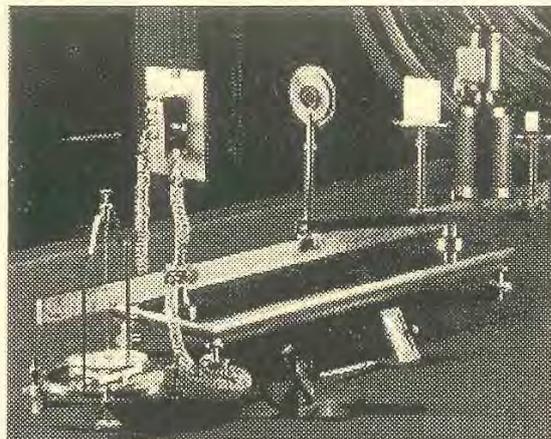
Lente di Torricelli, Firenze, 1645

La collezione è costituita dagli strumenti del Gabinetto di Fisica della Reale Università, cui si aggiunsero, dopo l'unità d'Italia, quelli provenienti dal Gabinetto di Fisica di Casa Reale. Quest'ultimo custodiva gli oggetti più antichi della collezione.



Galvanometro astatico di Nobili Saverio Gargiulo, Napoli. 1857

Tra essi rivestono particolare importanza una lente per cannocchiale lavorata a Firenze da Evangelista Torricelli nel 1645, una lente lavorata da Selva a Venezia nella metà del '700, una doppia lente ustoria della fine del '700 di Brander ed una meridiana in argento realizzata a Napoli nel 1769.



Banco di Melloni.
Ruhmkorff, rue des Orfèvres, Paris. 1840

Fanno inoltre parte della collezione gli strumenti utilizzati da Macedonio Melloni tra il 1840 ed il 1850 per le sue ricerche sul calore radiante ed una serie di apparecchi lavorati dai più importanti costruttori francesi ed inglesi della prima metà dell'800.

Sin dal 1994 si può consultare su INTERNET il catalogo ipertestuale del Museo. Esso comprende, oltre a molte schede corredate di foto, una breve storia della collezione e numerosi riferimenti bibliografici.

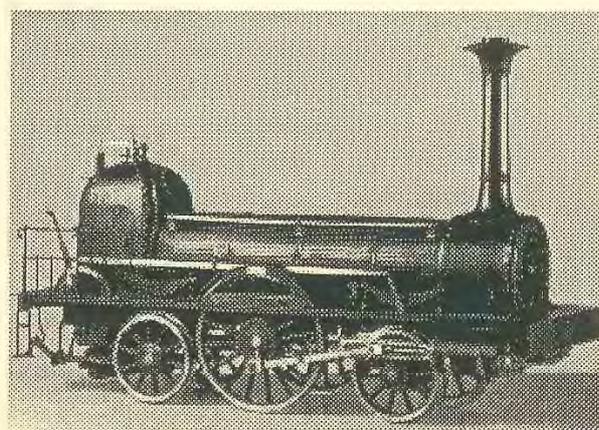
a cura di:
G. Paternoster
E. Ragazzino
R. Rinzivillo
E. Schettino

Foto di L.Di Maggio

La collezione di antichi apparecchi del Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche mostra lo sviluppo della strumentazione nella ricerca e nella didattica della fisica a Napoli a partire dai primi anni dell'800 sino agli inizi di questo secolo.

Gli oggetti, alcuni di grande valore storico e scientifico, sono stati catalogati e sistemati negli imponenti armadi ottocenteschi per consentirne l'esposizione e lo studio.

Il Museo non è aperto al pubblico, tranne che in occasione di importanti manifestazioni, quali le Settimane della Diffusione della Cultura Scientifica. Sono però previste visite guidate su richiesta per scolaresche o gruppi organizzati in alcuni giorni della settimana.
Telefonare al 7253213 per informazioni



Modello di locomotiva a vapore. Lunghezza 87 cm
Robert Stephenson & Co. Newcastle sul Tyne, 1840

Dipartimento di Scienze Fisiche
Mostra d'Oltremare pad.20
80125 NAPOLI
tel. 081-7253111/213
fax 081-2394508
e-mail: paternoster@na.infn.it
INTERNET:
<http://www.na.infn.it/>

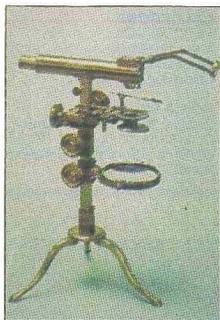
Oggi l'inaugurazione a via Mezzocannone

Si realizza il ricongiungimento didattico con le altre sedi espositive dell'Università rilanciando la storia delle scoperte custodite a Napoli

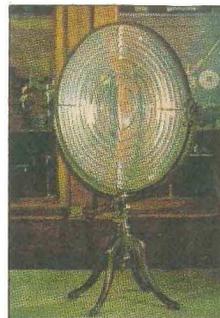
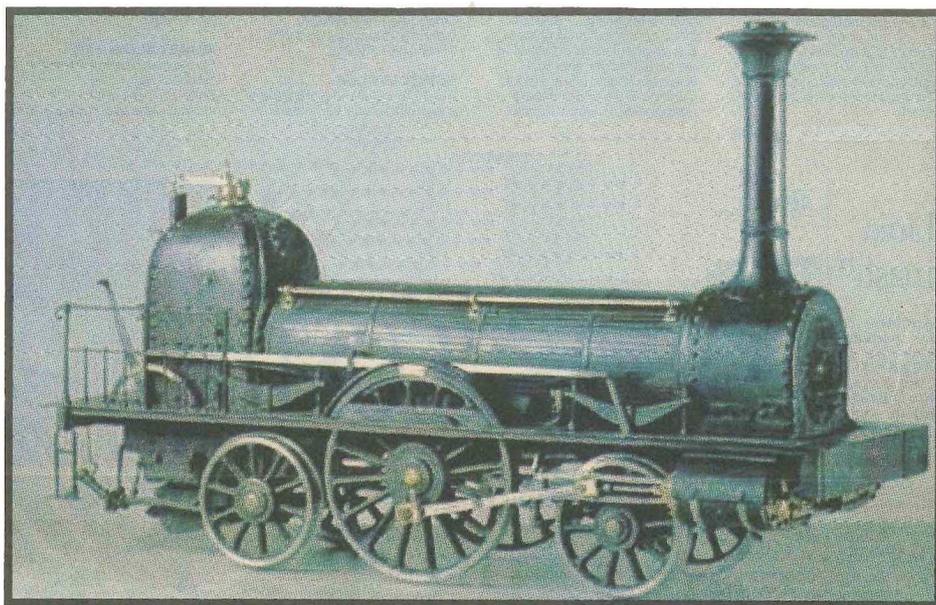


Visitabili le collezioni reali che risalgono al 1734

Dal banco ottico al barometro a rubinetto, passando per il primo elettroscopio a due aghi. In aiuto anche i collegamenti su internet



IL MICROSCOPIO DI AMICI
Ideato nel 1830 da Giovan Battista Amici è corredato con le istruzioni autografe



LALENTE A GRADINATA
Si usa ancora oggi nei fari per illuminare le coste. A sinistra, un modellino della locomotiva del 1840

BIANCA DE FAZIO

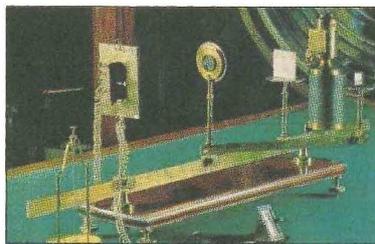
UN MUSEO sino ad ora destinato solo agli studiosi. Porte chiuse per i curiosi e per i potenziali fruitori. Fino a quando la sua direttrice, la professoressa Edvige Schettino, ha convinto il rettore dell'ateneo Federico II, Guido Trombetti, ad inserire il museo di Fisica nella rete dei musei fredericiani. Così stamane, alle 10.30, la comunità degli studiosi, ma con essa l'intera città, guadagna un nuovo museo. Un luogo nel quale crescere scoprendo, curiosando, e lasciandosi affascinare dagli strumenti scientifici del tempo che fu. È il Museo di Fisica, sino ad ora solo una "collezione di strumenti del Dipartimento di fisica". Da oggi museo a pieno titolo, accanto a quelli di Mineralogia, Zoologia, Antropologia e Paleontologia. Accanto a loro anche fisicamente, ospitato com'è in via Mezzocannone 8, nei locali dell'antico refettorio del collegio gesuitico, restaurati tra il 2003 e il 2004. Il refettorio, progettato intorno al 1680 da Dionisio Lazzari, conserva ancora le originarie decorazioni in stucco e ospita una Circonconceione del pittore senese del '500 Marco Pino.

«Nell'Ottocento — spiega Edvige Schettino — il Gabinetto di Fisica che ospitava queste collezioni era proprio lì, in via Mezzocannone. C'è dunque un simbolico ricongiungimento, un ritorno ai luoghi. Quegli antichi strumenti, che avevano seguito gli studiosi prima alla Mostra d'Oltremare e poi a Monte Sant'Angelo (ma senza essere esposti) vengono ora valorizzati dando

loro la giusta collocazione. Ad esempio nei grandi armadi dell'originario allestimento ottocentesco della collezione reale. Ventiquattro grandi armadi (alti anche 4 metri) che erano a Palazzo Reale». Un regalo alla città, reso possibile anche dalla collaborazione con alcune scuole superiori.

«Gli studenti del liceo scientifico Virgilio di Pozzuoli, ad esempio, ci hanno aiutato a portare gli antichi strumenti nella nuova sede, ci hanno aiutato a spaccettarli, dopo che erano stati sigillati per 5 anni. Un impegno che ha visto allertata l'intera comunità dei fisici napoletani».

L'impegno per la conservazione e la valorizzazione di questo patrimonio scientifico che conta centinaia di pezzi inizia nell'83, quando alcuni ricercatori dell'I-



Il banco ottico di Macedonio Melloni

stituto di Fisica dell'università lo inventarono e ne compilarono i cataloghi. «Da allora abbiamo usufruito di finanziamenti voluti dai rettori e dal Dipartimento» aggiunge Schettino, che

tiene molto alle poliedriche destinazioni del "suo" museo: «Che sarà sì il luogo della conservazione di questo patrimonio, ma accoglierà anche attività di ricerca, di documentazione storica delle

varie collezioni qui custodite, di divulgazione del sapere, non solo per i giovani, ma anche per gli adulti e per la loro formazione permanente». Un luogo, tra l'altro, dove gli studenti che vorranno occuparsi dei singoli strumenti — ad esempio studiandoli e redigendone schede dettagliate — potranno cumulare crediti.

Il lavoro di divulgazione non si basa, in effetti, solo sull'esposizione degli strumenti, ma deve molto all'impegno preparatorio degli ultimi anni. «Abbiamo un sito internet completo, dettagliato (www.musedifisica.unina.it). Ci sono la storia delle collezioni, le immagini degli strumenti. E presto metteremo a disposizione di tutti il database che classifica strumento per strumento. Per non parlare dei neo-

nati "Quaderni del museo di Fisica", il primo dei quali verrà presentato proprio in occasione dell'inaugurazione della struttura». Parla del museo, la direttrice, con la passione dello studioso e l'ostinazione del collezionista. Passione ed ostinazione di cui sentiamo parlare, già da oggi, al termine della cerimonia, con una giornata di studio dedicata al "Collezionismo scientifico al tempo dei Borbone", con interventi di esperti della materia come Maurizio Torrini (Federico II), Renato Mazzolini (università di Trento), Giuseppe Olmi (università di Bologna).

Tre i nuclei della raccolta del nuovo museo. Il primo, la Collezione Reale, giunse a Napoli da Parma e Piacenza a seguito di Carlo di Borbone, insediatosi sul trono partenopeo nel 1734. Il secondo nucleo «ha una struttura più composita, frutto della fusione tra la collezione ferdinandea e quella del Gabinetto Fisico voluto da Murat. Vicende complesse, di disgregazioni, arricchimenti per strade diverse e successive ricomposizioni». Fino a quando il Gabinetto Fisico dell'università, nel 1878, acquista una nuova filonomia e diventa, grazie all'impegno del fisico Gilberto Gavi, un moderno laboratorio di ricerca. Nel frattempo, un altro nucleo storico, il terzo, sarà entrato nella collezione, quello di Macedonio Melloni, che affidò in buona parte ad artigiani napoletani la realizzazione dei prototipi da lui progettati: il banco ottico sul quale studiava le leggi di propagazione del calore radiante, ad esempio, il barometro a rubinetto, l'elettroscopio a due aghi.

Riedizioni digitalizzate

Ezio Ragozzino, Edvige Schettino

*La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica.
Gli strumenti ottici (1840-1890)*

Ezio Ragozzino, Edvige Schettino

*La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica.
Elettricità e magnetismo (1835-1900)*

Ezio Ragozzino, Edvige Schettino

*La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica.
Meccanica dei fluidi e termologia (1840-1900)*

Ezio Ragozzino, Raffaele Rinzivillo, Edvige Schettino

*La rivelazione della radiazione termica nella strumentazione di
Macedonio Melloni*

Ezio Ragozzino, Raffaele Rinzivillo, Edvige Schettino

La collezione degli strumenti di Fisica. Rapporto di attività 1990

Ezio Ragozzino, Raffaele Rinzivillo, Edvige Schettino

*I microscopi del passato. Una introduzione allo studio delle qualità
Ottiche e meccaniche dei microscopi del Museo*

Ezio Ragozzino, Raffaele Rinzivillo, Edvige Schettino

*L'acustica, scienza dimenticata.
La scienza del suono negli strumenti del Museo*

Edvige Schettino, Rossana Spadaccini [a cura di]

*Le macchine del re. La Collezione Reale nel Museo del Dipartimento
di Scienze Fisiche*

Edvige Schettino

Breve Storia delle Collezioni del Museo di Fisica



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
FACOLTA' DI SCIENZE M. F. N.

EZIO RAGOZZINO EDVIGE SCETTINO

LA COLLEZIONE DEGLI ANTICHI APPARECCHI DELL'ISTITUTO DI FISICA
GLI STRUMENTI OTTICI
(1840-1890)



foto di C. Accetta - MEMINI

In copertina: *Microscopio composto di Amici*

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
FACOLTA' DI SCIENZE M. F. N.

EZIO RAGOZZINO

EDVIGE SCETTINO

LA COLLEZIONE DEGLI ANTICHI APPARECCHI DELL'ISTITUTO DI FISICA
GLI STRUMENTI OTTICI
(1840-1890)



NAPOLI 1984

La realizzazione di questa pubblicazione è stata possibile grazie ad un finanziamento straordinario dell'Università degli Studi di Napoli.

INTRODUZIONE

Gli strumenti ottici facenti parte di questa Collezione sono attribuibili al periodo che va dal 1840 al 1890, con l'esclusione dell'interessante cimelio storico costituito da una lente lavorata a Firenze da Evangelista Torricelli intorno al 1640.

Le prime notizie storiche sul patrimonio scientifico dell'Istituto di Fisica di Napoli risalgono alla "Scuola di Fisica della Reale Università". Il nucleo di strumenti della "Scuola" che è stato possibile datare risale certamente al 1840; si tratta infatti di apparecchi utilizzati da Macedonio Melloni (1798-1854). Questi giunse a Napoli nel 1839 perché nominato da Ferdinando II professore onorario di Fisica della Reale Università nonché direttore del Gabinetto di meteorologia e del costituendo Osservatorio Vesuviano. Come è noto, il Melloni, durante il suo lungo soggiorno a Napoli, continuò ed estese i suoi studi sulle proprietà dell'energia raggiante conseguendo importantissimi risultati. La Collezione qui presentata comprende una grande lente a gradinate fatta da lui costruire su commissione e realizzata da Lepaute a Parigi; essa servì per misure dell'energia raggiante della Luna. Due esemplari di banco ottico, anch'essi utilizzati per misure di energia raggiante, verranno invece presentati in una collezione a parte, interamente dedicata a questo illustre scienziato.

Qualche tempo dopo la morte di Melloni, sorse, accanto alla Scuola di Fisica, il Gabinetto di Fisica, costituito nel 1861. Dopo il conferimento, nel 1878, della Cattedra di Fisica a Gilberto Govi (1826-1888), il Gabinetto si arricchì di molti strumenti, e buona parte degli apparecchi qui presentati furono certamente acquisiti in quel periodo.

Ogni apparecchio facente parte della Collezione è corredato di una scheda illustrativa e di una riproduzione fotografica. Nella scheda sono contenute tutte le informazioni che è stato possibile acquisire con la consultazione di antichi trattati di fisica sperimentale e dei cataloghi dei costruttori di strumenti scientifici dell'epoca. Inoltre vi sono descritte le caratteristiche costruttive dell'apparecchio e vi sono fornite notizie, sia pure sintetiche, sul modo di usare lo strumento. Nessuno degli

apparecchi aveva una precedente catalogazione, né è stato possibile rintracciare alcuna preesistente scheda illustrativa. Per tutti gli strumenti mancano notizie sulla data della effettiva costruzione e di alcuni apparecchi si ignora perfino il costruttore. Al fine di consentire una sia pur approssimativa datazione degli strumenti, abbiamo fornito, quando è stato possibile, notizie sul periodo di attività o sulla data di fondazione delle case costruttrici.

La sezione dei microscopi è risultata particolarmente interessante in quanto che, attraverso le notizie raccolte sui microscopi qui presentati, è possibile ricostruire una sia pur breve storia della microscopia ottica dalla fine del '700 alla fine dell' 800.

Fino alla fine del '700 venivano generalmente usati microscopi semplici, costituiti da una sola lente. Le aberrazioni della lente costituente il microscopio semplice non erano così forti come quelle dovute agli obiettivi dei microscopi composti dello stesso periodo. Il microscopio composto si affermò solo a partire dai primi decenni dell'800 quando si riuscì a costruire obiettivi quasi esenti da cromatismo.

All'inizio tali obiettivi non consentivano forti ingrandimenti perché la realizzazione di lenti acromatiche avveniva a discapito del potere diottrico delle lenti stesse. Fu Amici a risolvere per primo il problema dell'aberrazione cromatica dell'obiettivo adottando per il microscopio un obiettivo a riflessione, costituito da uno specchio concavo. Della presente Collezione fa parte un microscopio di questo tipo, che però è da attribuire a Jecker.

Presto il microscopio "catottrico", cioè il microscopio con obiettivo a riflessione, fu abbandonato e ci si orientò verso la realizzazione di obiettivi costituiti da sole lenti che fossero esenti da cromatismo ma che avessero anche un buon potere diottrico.

Il problema di conciliare l'acromatismo con una corta distanza focale e con un'apertura numerica elevata fu risolto ancora una volta da Amici con l'adozione di più lenti acromatiche disposte l'una dopo l'altra in modo da ottenere un sistema con grande potere diottrico. Questa disposizione fu adottata anche da altri costruttori suoi contemporanei, tra i quali il famoso Vincent Chevalier, di cui presentiamo un bell'esemplare di microscopio composto.

Non ancora soddisfatto dei risultati avuti, Amici riuscì a migliorare ulteriormente le prestazioni dell'obiettivo acromatico con l'adozione di una "lente emisferica frontale", cioè di una piccolissima lente, a forma di semisfera, posta proprio di fronte al preparato. Le aberrazioni introdotte da questa lente venivano annullate da due lenti acromatiche disposte immediatamente al di sopra. Il miglioramento determinato da tale innovazione fu così rilevante che da quel momento la lente emisferica (tuttora denominata "lente di Amici") è stata adottata in tutti i buoni obiettivi per microscopi.

Il microscopio di Amici facente parte della presente Collezione è purtroppo privo dell'obiettivo e non è stato possibile stabilire quale degli obiettivi più su menzionati esso montasse poiché dall'antico inventario non risulta alcuna descrizione dell'apparecchio.

SCHEDE E RIPRODUZIONI

1. Apparecchio di Silbermann per lo studio delle leggi della riflessione.

L'apparecchio è costituito da un semicerchio graduato in legno, con la convessità rivolta verso l'alto e l'asta diametrale disposta orizzontalmente. Esso è applicato ad un robusto stelo verticale di ottone sostenuto da un treppiede, in metallo verniciato, a viti calanti.

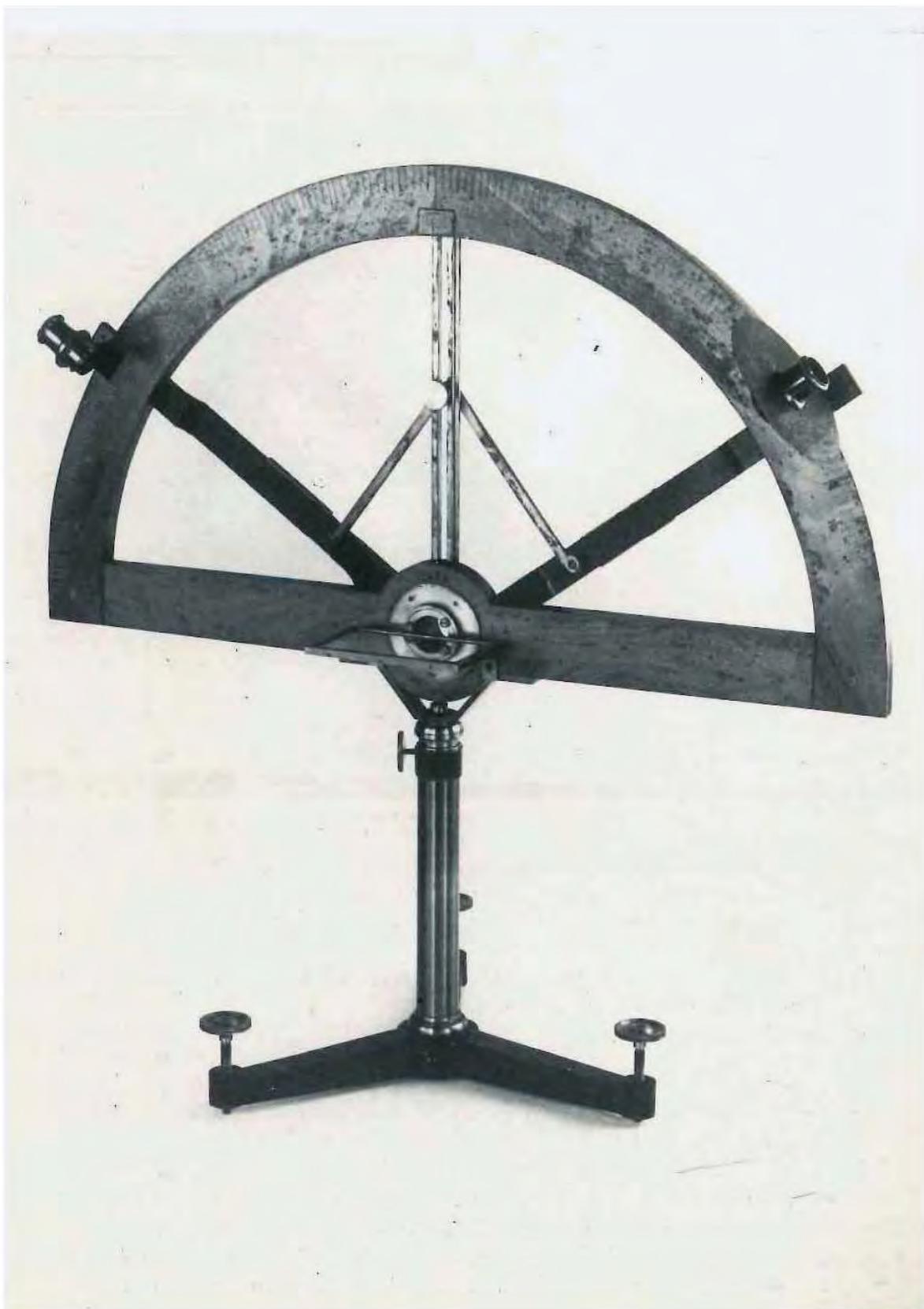
Nel punto più alto del semicerchio vi è lo zero di una scala graduata incisa sul suo bordo, nei due sensi. I due tratti corrispondenti a 90° sono all'altezza del diametro orizzontale. Al centro del semicerchio è applicato uno specchio piano orizzontale.

Lungo il bordo circolare graduato possono scorrere due alidade girevoli intorno all'asse orizzontale passante per il centro del semicerchio. Alla prima alidada è applicato un tubo, disposto radialmente, che in origine recava all'estremità esterna una sorgente luminosa e all'altro estremo una lente convergente; sorgente e lente sono andate purtroppo perdute. All'estremità esterna della seconda alidada, in un piano ad essa normale, è applicato un piccolo disco recante al centro un tubo per la collimazione del fascetto riflesso.

Un fascetto luminoso avente la direzione della prima alidada, quindi direzione radiale, inciderebbe sullo specchio in corrispondenza del centro del semicerchio; il fascetto riflesso formerebbe in ogni caso, con l'asse diametrale verticale del semicerchio, un angolo pari all'angolo d'incidenza.

Sull'apparecchio, che ha un'altezza di 80 cm, non è segnato il nome del costruttore.

1. *Apparecchio di Silbermann per lo studio delle leggi della riflessione.*



2. Apparecchio di Silbermann per lo studio delle leggi della rifrazione.

L'apparecchio è costituito da un cerchio graduato disposto verticalmente e applicato ad un robusto stelo verticale sostenuto da un treppiede a viti calanti. Il cerchio, lo stelo, il treppiede e le viti sono in ottone. Nel punto più alto e nel punto più basso del cerchio sono posti gli zeri di due scale graduate incise sul bordo del cerchio stesso, nei due sensi. I due tratti corrispondenti a 90° sono all'altezza del diametro orizzontale.

Lungo il cerchio, indipendentemente l'una dall'altra, possono scorrere due alidade di ottone, girevoli intorno all'asse orizzontale passante per il centro del cerchio. In origine esse recavano rispettivamente, alle estremità esterne, una sorgente luminosa ed un piccolo schermo, entrambi andati perduti.

Una vaschetta semicilindrica (originariamente di vetro, sostituita in epoca recente da una vaschetta di plexiglas) è applicata al centro del cerchio e può essere riempita con acqua, o altro liquido più rifrangente¹, in modo che la superficie libera sia all'altezza del diametro orizzontale.

Un fascetto luminoso avente la direzione dell'asse della prima alidada, quindi direzione radiale, inciderebbe sulla superficie del liquido in corrispondenza del centro del cerchio; esso darebbe luogo ad un fascetto rifratto, anch'esso radiale, che emergerebbe dal fondo curvo della vaschetta senza subire deviazione alcuna: infatti l'arco di circonferenza ottenuto sezionando la superficie cilindrica della vaschetta con un piano verticale ha il centro di curvatura coincidente con il centro del cerchio. La prima alidada consentirebbe di leggere sul bordo circolare graduato il valore dell'angolo d'incidenza; la seconda alidada, disposta nella direzione del fascetto emergente dalla vaschetta, consentirebbe di leggere il corrispondente angolo di rifrazione.

Sull'apparecchio, che, con le due alidade abbassate, ha un'altezza di 54 cm, sono segnati i dati relativi al costruttore: "Pixii, à Paris"².

¹ Poiché la vaschetta attualmente impiegata è di plexiglas, il liquido non dovrebbe essere un solvente organico.

² Antoine Hippolyte Pixii (1808-1835).

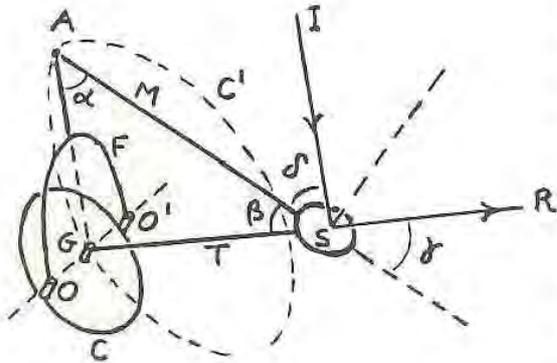
2. *Apparecchio di Silbermann per lo studio delle leggi della rifrazione.*



3. Eliostato di Gambey.

Nel secolo scorso, almeno finché non fu possibile disporre dell'energia elettrica necessaria per alimentare sorgenti luminose come lampade elettriche e archi voltaici, per la realizzazione di esperimenti di ottica si ricorreva frequentemente alla luce solare. La maniera più semplice di servirsene consisteva nell'utilizzazione di un "portaluce", cioè di un apparecchio costituito essenzialmente da uno specchio piano, posto all'esterno di una finestra, e di una placchetta forata inserita in un'imposta della finestra stessa. Mediante manopole applicate alla piastra, dalla parte interna, era possibile far assumere allo specchio l'orientazione voluta in modo che la luce solare da esso riflessa potesse avere la direzione desiderata, cioè la direzione corrispondente all'asse del foro, ed essere così utilizzata all'interno del laboratorio. A causa del moto apparente del Sole, si era però costretti a frequenti correzioni della posizione dello specchio.

Negli "eliostati" la regolazione manuale era sostituita da un movimento ad orologeria che, oltre ad eliminare l'incomodo delle frequenti manovre di correzione, consentiva di utilizzare, con lo spostamento continuo dello specchio, un fascio riflesso di direzione pressoché invariabile.



Esporrete qui in sintesi il principio su cui è fondato l'eliostato di Gambey (vedi figura). C è un cerchio, parallelo al piano equatoriale, capace di compiere una rotazione completa in 24 ore. Al centro del cerchio un gambo G a snodo regge uno stelo T orientato nella direzione che deve assumere il raggio riflesso R. Alla estremità dello stelo lo specchio S può disporsi secondo tutte le possibili orientazioni. Una forcella F, girevole intorno a un asse O O' parallelo al piano del cerchio, viene orientata in modo che il piano in cui essa giace sia parallelo alla direzione del raggio incidente I. Di conseguenza l'angolo formato dal piano della forcella con il piano del cerchio è uguale alla declinazione solare. La forcella ha in A una cerniera portante un tubo in cui scorre un'asta M fissata allo

specchio. La distanza GA è pari alla distanza GS sicché il triangolo AGS è isoscele, con l'angolo α uguale all'angolo β e, di conseguenza, all'angolo γ . Se il raggio incidente I è parallelo ad AG, l'angolo δ è pari ad α e quindi a γ , e pertanto la semiretta SR darà la direzione del raggio riflesso. Mentre il cerchio equatoriale C ruota su se stesso, l'asta M descrive un cono obliquo la cui base è un cerchio C' parallelo a C; si modifica così l'orientazione dello specchio ma, nel contempo, si modifica, a causa del moto apparente del Sole, la direzione del raggio incidente, che si mantiene costantemente parallela ad AG; il risultato è che la normale ad S è costantemente la bisettrice dell'angolo formato dal raggio I con la direzione fissa SR.

I vari elementi dell'esemplare qui presentato sono nella riproduzione fotografica contrassegnati dalle stesse lettere con le quali sono indicati in figura. C è il cerchio equatoriale sulla cui superficie laterale sono indicate le 24 ore; in questo intervallo di tempo un meccanismo ad orologeria, racchiuso nella scatola cilindrica L, gli faceva compiere una rotazione completa su se stesso. Per far sì che il cerchio si orientasse parallelamente al piano equatoriale, si disponeva il settore circolare E nel piano del meridiano, quindi si inclinava C in modo che lo zero del nonio inciso sull'alidada D indicasse su E un angolo eguale al complemento della latitudine. Lo specchio S è portato dalla forchetta H che si prolunga nello stelo T (non visibile nella riproduzione fotografica) che doveva essere orientato nella direzione fissa che si voleva assumere il raggio riflesso. M è l'asta fissata allo specchio, nello stesso piano di questo.

L'apparecchio è purtroppo incompleto. Manca in particolare la forcella F il cui piano doveva disporsi parallelamente alla direzione del raggio incidente e alla cui estremità andava incernierata l'asta M.

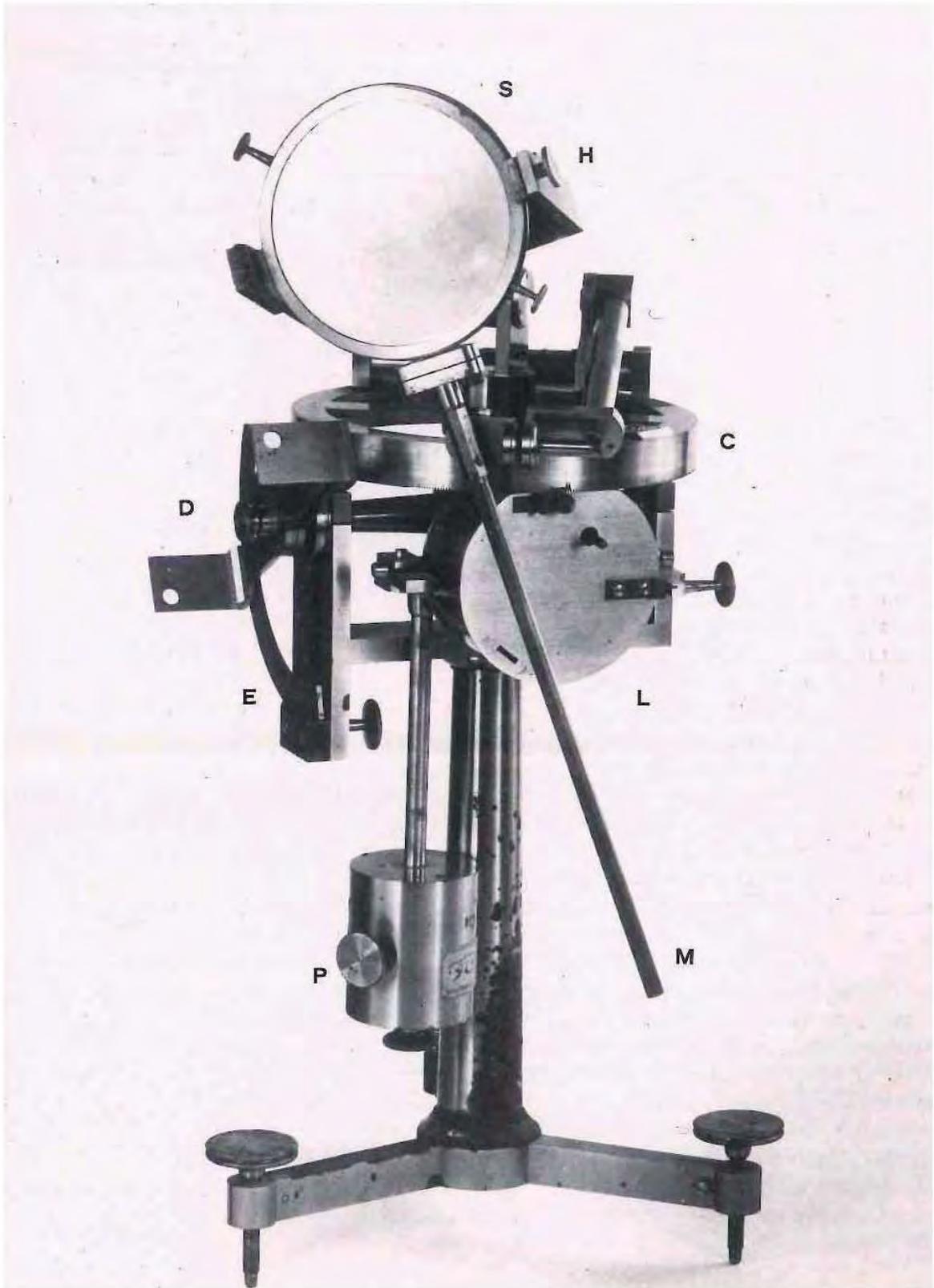
P è un contrappeso destinato ad equilibrare tutto l'apparato, il quale è sostenuto da un robusto stelo poggiante su di un treppiede a viti calanti.

Lo strumento, interamente in ottone, ha un'altezza di circa 50 cm. Sul bordo del cerchio equatoriale sono segnati i dati relativi al costruttore: "Gambey, à Paris".

Per notizie più dettagliate sulla teoria geometrica, sulla struttura e sull'uso degli eliostati rimandiamo ai trattati di Fisica dell'epoca ³.

³ Si veda ad esempio P.A. Daguin, "Traité de Physique", tome quatrième, pagg. 63-71, Toulouse-Paris, 1862.

3. *Eliostato di Gambey.*



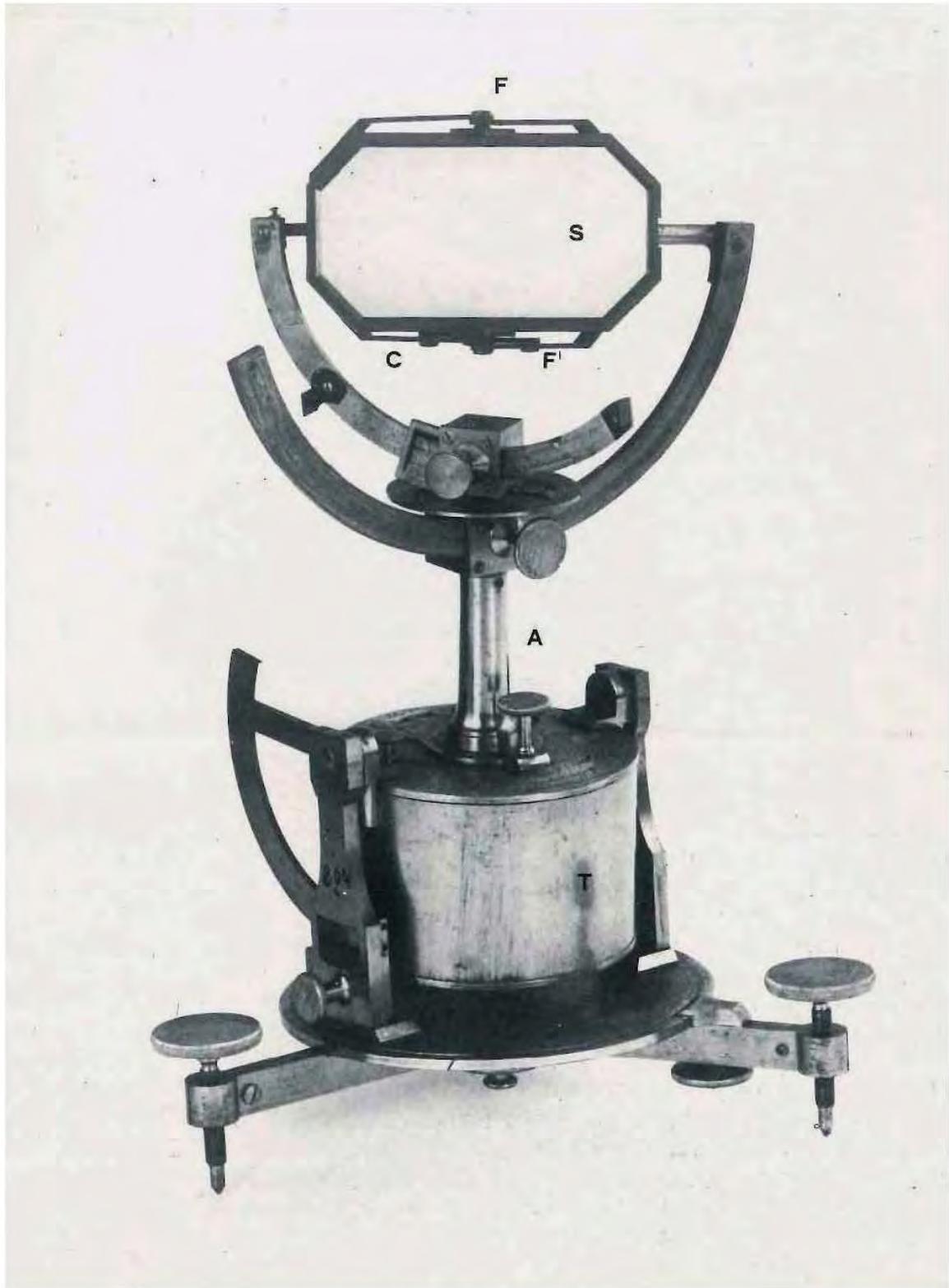
4. Eliostato di Silbermann

E' costruttivamente più semplice dell'eliostato di Gambey ma la teoria geometrica è alquanto più complessa sicché per essa rimandiamo ai trattati di Fisica dell'epoca⁴. Ci limitiamo qui a dire che lo specchio S è sostenuto da due forcelle articolate F' ed F'' e termina da un lato con un'asta (non visibile nella riproduzione fotografica), perpendicolare alla superficie riflettente; l'asta doveva essere costantemente orientata secondo la bisettrice dell'angolo formato dalla direzione invariabile del raggio riflesso e dalla direzione d'incidenza. A tal fine, l'asse di una delle forcelle veniva fissato secondo la prima direzione mentre l'altra forcella veniva mossa in modo da accompagnare il Sole nel suo movimento apparente; la seconda forcella è infatti collegata all'arco C, il quale poteva ruotare intorno all'asta A mediante un meccanismo ad orologeria racchiuso nella scatola cilindrica T. Questa asta doveva giacere nel piano del meridiano ed essere inclinata, rispetto ad un piano orizzontale, di un angolo pari alla latitudine del luogo.

L'apparecchio, alto 38 cm, è tutto in ottone. Sulla scatola cilindrica è segnato "Silbermann, invt. Soleil fecit à Paris".

⁴ Si veda ad esempio P.A. Daguin, "Traité de physique", tome quatrième, pagg. 70-71, Toulouse-Paris, 1862.

4. *Eliostato di Silbermann.*

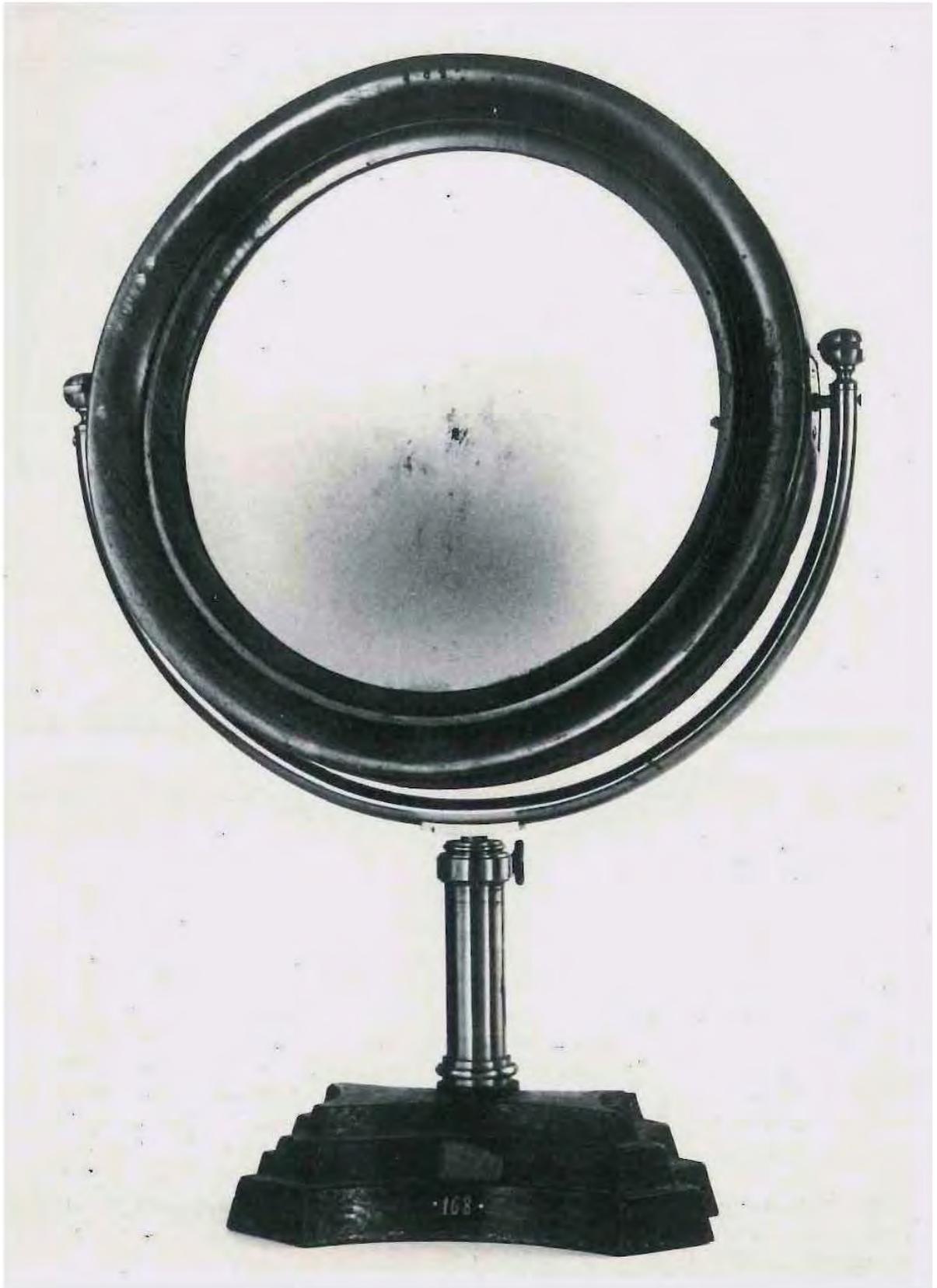


5. Grande specchio concavo

Lo specchio, del diametro di 28,5 cm, ha una spessa cornice in legno lucido ed è imperniato, per il suo asse diametrale orizzontale, in una staffa semicircolare di ottone. Questa è a sua volta imperniata, per l'asse diametrale verticale, in uno stelo di ottone sostenuto da una pesante base in metallo verniciato. Lo specchio può quindi compiere rotazioni intorno ad entrambi gli assi.

Con lo specchio disposto verticalmente l'apparecchio ha un'altezza di 61 cm. Il costruttore è Edward Montague Clarke, come risulta dalla seguente iscrizione sul retro della cornice in legno: "E.M. Clarke, Philosophical Instrument Maker by appointment to the Royal University of Christiana Norway and the Zoological Society of London".

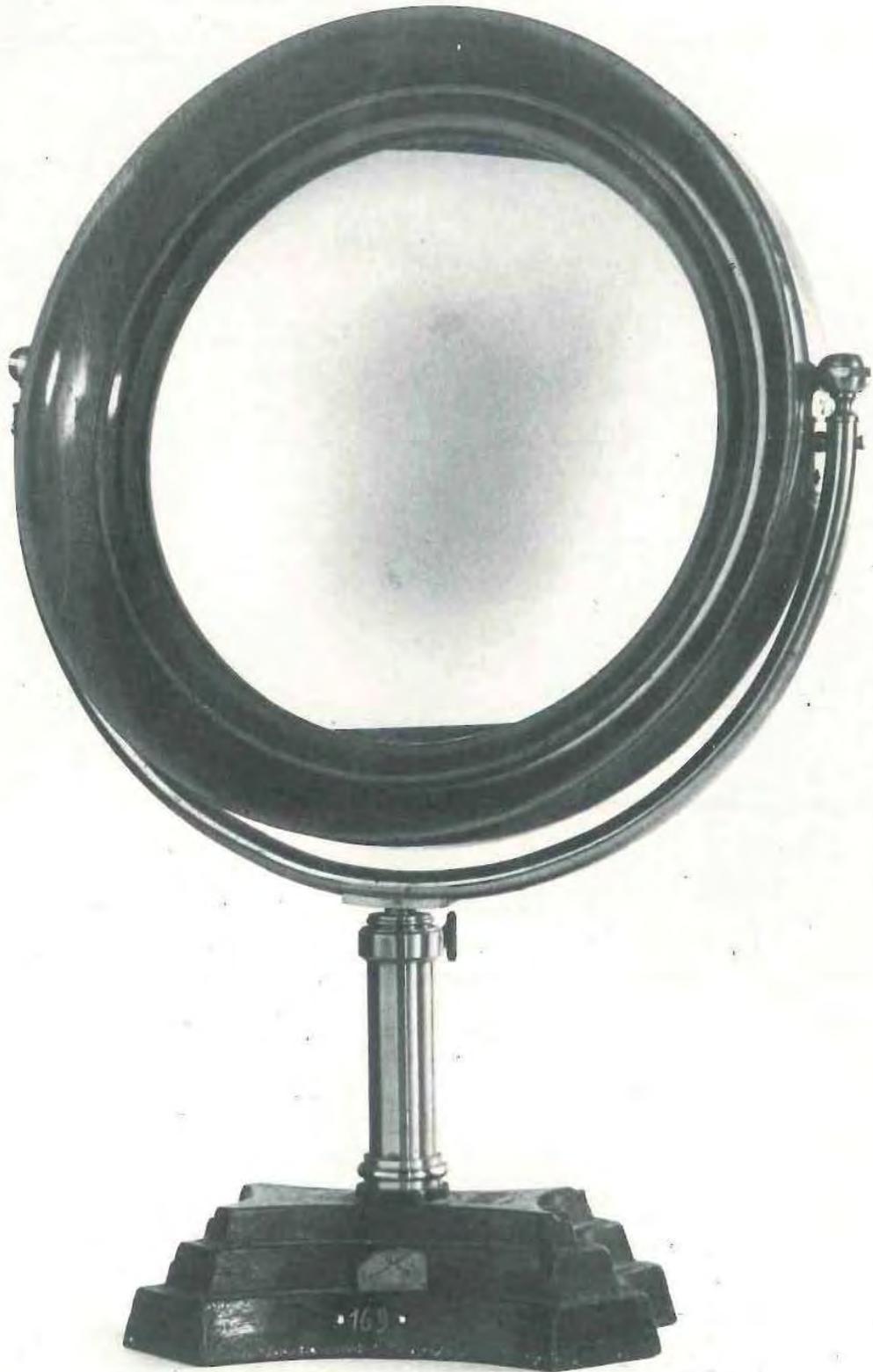
5. Grande specchio concavo.



6. Grande specchio convesso

Le dimensioni dello specchio e le strutture di supporto sono eguali a quelle dell'apparecchio precedentemente descritto. Sul retro della cornice in legno vi è la stessa dicitura che figura sulla cornice dello specchio concavo.

6. *Grande specchio convesso.*



7. Specchio piano circolare

Lo specchio, del diametro di 12 cm, ha una montatura in ottone ed è imperniato, per il suo asse diametrale orizzontale, in una staffa semicircolare in ottone. E' corredato di un disco metallico presentante una serie di fori, di egual diametro, disposti lungo una circonferenza. Allentando un'apposita vite, si libera lo specchio che può così ruotare intorno all'asse diametrale orizzontale; stringendo la vite attraverso uno dei fori, è possibile fissare lo specchio in una determinata posizione.

La staffa è fissata a un corto stelo di ottone imperniato inferiormente in un'ampia base cilindrica di legno; lo specchio può quindi ruotare anche intorno al suo asse diametrale verticale.

Dal disco parte un filo metallico ricurvo di cui si ignora la funzione.

Con lo specchio disposto verticalmente l'apparecchio ha un'altezza di 23 cm.

Sulla base sono segnati i dati relativi al costruttore: "J. Newman, 120 Regant Str., London".

7. *Specchio piano circolare.*



8. Sistema di sette specchietti

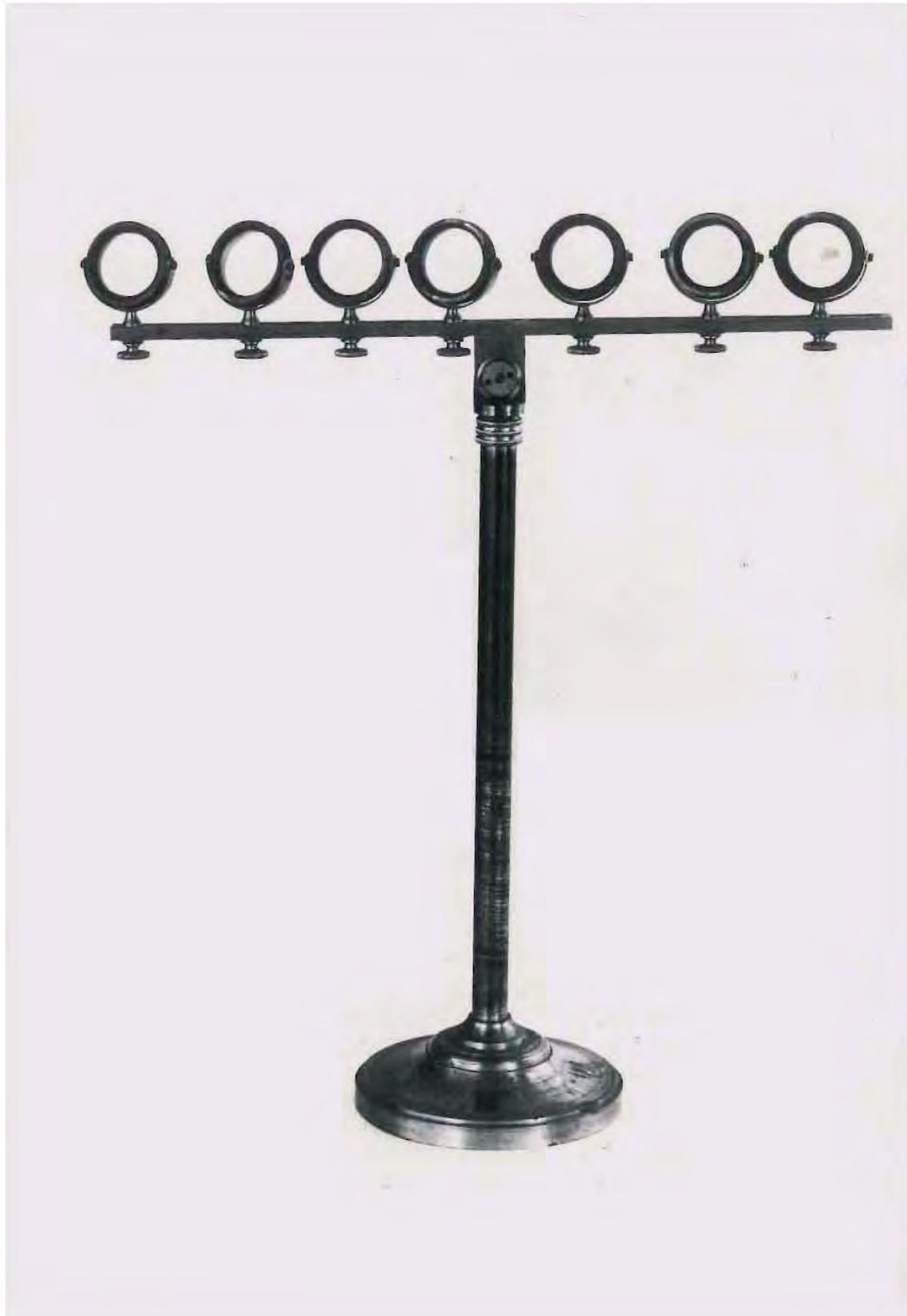
Per ricomporre la luce bianca decomposta da un prisma si usa questo apparecchio costituito da sette specchietti montati su di un'asta. Questa può disporsi orizzontalmente, ma assumere anche una diversa orientazione, in quanto che può ruotare intorno al suo asse baricentrico trasversale. Ogni specchietto è imperniato sull'asta sicché può ruotare intorno all'asse verticale; una vite consente di fissarlo nella posizione desiderata.

Se su ciascuno degli specchietti, opportunamente orientati, si fanno incidere le radiazioni appartenenti a ristrette zone dello spettro visibile, i fascetti riflessi possono riunirsi in uno stesso punto di uno schermo ricomponendo la luce bianca.

L'asta con gli specchietti è sostenuta da un lungo stelo in ottone poggiante su di una base circolare anch'essa in ottone.

L'intero apparecchio ha un'altezza di 39 cm, con l'asta disposta orizzontalmente. Su di esso non è segnato il nome del costruttore

8. *Sistema di sette specchietti.*



9. Piccolo prisma ad angolo variabile

L'apparecchio è costituito da due piastre metalliche verticali, a forma di settore circolare, fissate ad una terza piastra orizzontale; fra le piastre verticali, perpendicolarmente ad esse, sono disposte due lastre mobili intorno a cerniere applicate alla piastra orizzontale. Una finestra rettangolare di vetro è incastrata in ciascuna delle lastre mobili le quali scorrono a tenuta fra le pareti verticali sicché la cavità compresa fra le pareti stesse, le lastre mobili ed il fondo può essere riempita con acqua o altro liquido più rifrangente. Inclinando in misura maggiore o minore le lastre, si ottiene un prisma ad angolo variabile. Se un fascetto luminoso incide su di una delle finestre di vetro, si può studiare come varia l'angolo di deviazione determinato dal prisma al variare dell'angolo rifrangente; il valore di questo può essere conosciuto grazie ad una graduazione incisa sul bordo di ciascuna piastra verticale.

Il prisma è sostenuto da un robusto stelo poggiante su di un treppiede a viti calanti.

Se si fa astrazione dalle finestre di vetro, l'apparecchio è interamente in ottone. La sua altezza è di 28 cm.

L'apparecchio porta inciso il nome del costruttore, Lerebours⁵.

⁵ La casa costruttrice di strumenti Lerebours fu fondata alla fine del XVIII secolo da Noël-Jean Lerebours (1761-1840). Questi fu un famoso ottico francese il cui lavoro permise di portare l'industria ottica francese allo stesso livello di quella inglese, almeno durante i primi venti anni del XIX secolo. Poco prima della morte egli iniziò, per l'Osservatorio di Parigi, la costruzione di una grande lente del diametro di 38 cm e distanza focale di 8 m. La lente fu terminata da suo figlio nel 1844.

9. *Piccolo prisma ad angolo variabile.*



10. Grande prisma ad angolo variabile

La parte ottica è del tutto simile a quella dello strumento precedentemente descritto. Le differenze riguardano le parti accessorie e di supporto. Il prisma è sostenuto da uno stelo cilindrico scorrevole in un cilindro cavo fissato ad una base circolare. Un anello a pressione consente di fissare lo stelo nella posizione desiderata. Il piatto, inserito nella parte superiore dello stelo, serve a raccogliere il liquido che eventualmente goccioli dal prisma.

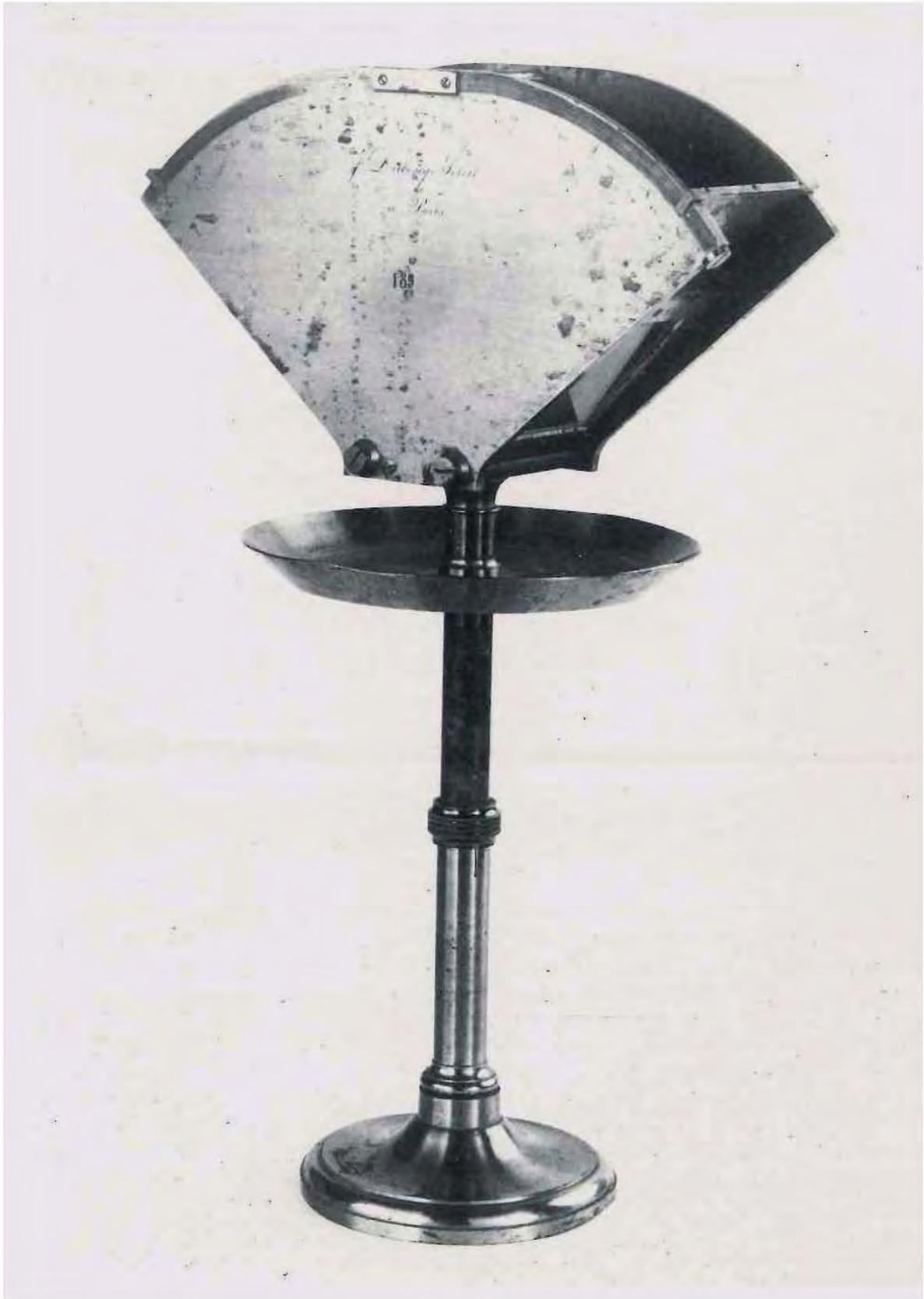
Se si prescinde dalle finestre di vetro, l'apparecchio è interamente in ottone.

Con lo stelo completamente sollevato l'apparecchio ha un'altezza di 46 cm.

Su di una delle piastre verticali sono incise i dati relativi alla casa costruttrice: "J. Duboscq-Soleil, à Paris"⁶.

⁶ J. Duboscq era genero di Jean Soleil (1798-1878), al quale successe nella direzione della casa di costruzione di strumenti ottici. Il Soleil, esperto e rinomato costruttore, aprì il suo atelier all'inizio del XIX secolo a Parigi, in rue de l'Odeon 35".

10. Grande prisma ad angolo variabile.



11. Poliprisma a nove prismi

E' costituito da 9 prismi retti, di sostanze diverse, incollati l'uno all'altro per le basi eguali, a forma di triangolo equilatero. Il sistema può ruotare su se stesso ed, essendo sostenuto da una staffa girevole intorno ad un asse orizzontale, può assumere tutte le possibili orientazioni. La staffa è a sua volta tenuta da un lungo stelo cilindrico di ottone fissato ad una base circolare anch'essa in ottone.

Se si fa incidere sul sistema un fascetto di luce bianca, delimitato da una sottile fenditura parallela agli spigoli del poliprisma, possono osservarsi su di uno schermo bianco tanti spettri affiancati di ampiezze differenti e con le righe di egual colore in posizioni diverse. Poiché l'angolo rifrangente è lo stesso per tutti i prismi, l'angolo di deviazione per ciascuna lunghezza d'onda dipende solo dal corrispondente valore dell'indice di rifrazione; di conseguenza la positura di una riga e l'estensione della striscia policroma dipendono rispettivamente dal potere rifrangente e dal potere dispersivo della sostanza.

Il poliprisma, che è dotato di un cappuccio protettivo, è alto 6,5 cm.

Sulla staffa sono incisi i dati relativi al costruttore: "Soleil fils, Optn, Rue de l'Odeon 35, Paris".

11. Poliprisma a nove prismi.



12. Poliprisma a quattro prismi.

Differisce in sostanza dal precedente solo per il numero di prismi costituenti (quattro anziché nove).

Quattro lamelle verniciate di nero, e affiancate per la dimensione minore, sono mobili intorno ad una cerniera applicata ad uno degli spigoli del poliprisma; la larghezza di una lamella è eguale all'altezza di ognuno dei prismi costituenti. Addossando una o più lamelle ad una delle facce del poliprisma si rendono inattivi altrettanti prismi.

Sulla base circolare è inciso il nome del costruttore: "G. Caputo, Napoli".

12. *Poliprisma a quattro prismi.*



13. Prisma singolo

Come i due poliprismi precedentemente descritti, questo prisma ha per base un triangolo equilatero e, come quelli, può ruotare su se stesso e disporsi secondo tutte le possibili orientazioni. E' dotato di un cappuccio protettivo ed ha un'altezza di 7 cm.

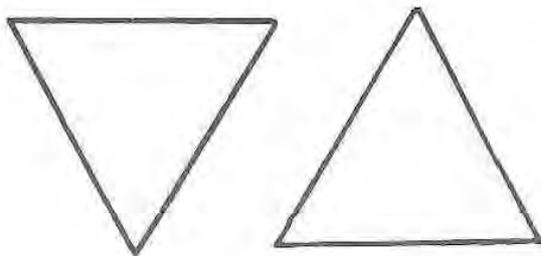
Non sono segnati i dati relativi al costruttore.

13. *Prisma singolo.*



14. Doppio prisma

È costituito da due prismi uguali, a sezione di triangolo equilatero, con gli spigoli disposti verticalmente. Uno dei prismi è fisso mentre l'altro può ruotare su se stesso.



Il sistema si presta alla realizzazione di varie esperienze. Se, per esempio, il prisma mobile si dispone in modo che si realizzi la configurazione mostrata in figura, un fascetto di luce bianca, decomposto dal primo prisma, viene ricomposto dal secondo.

Il sistema è sostenuto da un lungo stelo cilindrico di ottone fissato ad un'ampia base circolare, anch'essa in ottone. Ciascun prisma è alto 4,5 cm mentre l'intero apparecchio ha un'altezza di 35 cm. Sulla base sono segnati i dati relativi al costruttore: "J. Duboscq, à Paris".

14. Doppio prisma.



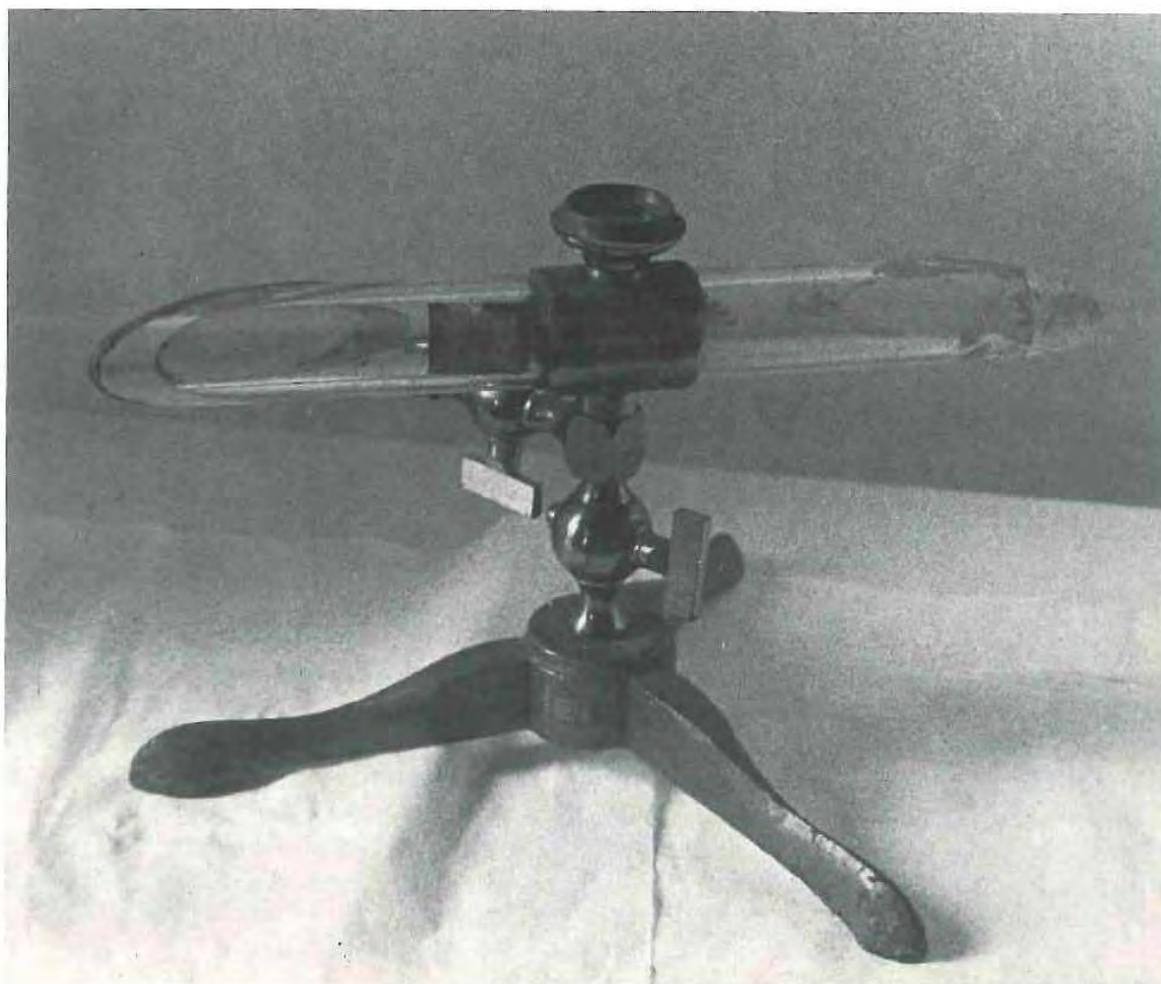
15. Tubo di vetro con funzioni di prisma

L'apparecchio è costituito da un robusto tubo di vetro disposto orizzontalmente e chiuso a tenuta da due lastre di vetro molto inclinate rispetto all'asse del tubo. Questo può essere collegato con una pompa pneumatica attraverso un condotto munito di rubinetto e può anche comunicare direttamente con l'esterno per mezzo di un secondo rubinetto.

Se, tenendo chiusa la comunicazione diretta con l'esterno, si collega il tubo con la pompa e si estrae l'aria, il tubo diviene un prisma ottico. Realizzata tale condizione, si fa incidere un pennellino luminoso su di una delle lastre inclinate, in modo che esso emerga dalla seconda lastra, e si prende nota della posizione assunta dal punto d'incidenza del pennellino su di uno schermo bianco. L'apparecchio, così predisposto, serve a mostrare che le proprietà ottiche dell'aria non sono quelle stesse del vuoto; infatti l'apertura brusca del rubinetto che collega il tubo direttamente con l'esterno, determina una lieve variazione della direzione del fascetto emergente e quindi un lieve ma osservabile spostamento del punto d'incidenza.

L'apparecchio poggia su di un pesante treppiede. Mancano i dati relativi al costruttore.

15. Tubo di vetro con funzioni di prisma.



16. Lente biconvessa

La lente, il cui diametro è di 10 cm e la cui distanza focale è di 30 cm, ha una cornice in metallo verniciato ed è sostenuta da un lungo stelo in ottone fissato ad una base circolare anch'essa in ottone. Ruotando nel verso giusto un anello zigrinato a pressione, si libera la lente consentendole di sollevarsi o di abbassarsi; ruotando l'anello nell'altro senso, si fissa la lente nella posizione desiderata.

La cornice reca incisi i dati relativi al costruttore: "J. Duboscq, à Paris".⁷
Con la lente completamente abbassata l'apparecchio ha un'altezza di 46 cm.

⁷ Per notizie su J. Duboscq si veda la nota (6)

16. *Lente biconvessa.*



17. Lente piano-convessa

La lente, il cui diametro è di 18 cm, ha una cornice, uno stelo ed una base del tutto eguali a quelli della lente precedentemente descritta. Reca anch'essa l'iscrizione: "J. Duboscq, à Paris".

17. *Lente piano-convessa.*



18. Lente biconcava

La lente, il cui diametro è di 10 cm e la cui distanza focale è di 18 cm, ha una cornice, uno stelo ed una base del tutto eguali a quelli delle due lenti precedentemente descritte. Reca anch'essa l'iscrizione, "J. Duboscq, à Paris".

18. *Lente biconcava.*



19. Lente biconvessa

La lente, del diametro di 19 cm, ha una cornice in legno ed è imperniata, per il suo asse diametrale verticale, in uno stelo, anch'esso in legno, sostenuto da una base in ottone.

La distanza focale della lente è di circa 140 cm. L'intero apparecchio ha un'altezza di 45 cm.

Sullo strumento non è segnato il nome del costruttore.

19. *Lente biconvessa.*



20. Grande lente biconvessa

La lente, il cui spessore assiale è di 5 cm e il cui diametro è di 28 cm, ha una robusta cornice in legno ed è imperniata, per il suo asse diametrale orizzontale, in una staffa semicircolare in ottone; questa è a sua volta imperniata, per l'asse diametrale verticale, in un robusto stelo di ottone sostenuto da un'ampia base di legno verniciato. La lente può pertanto ruotare intorno a entrambi gli assi.

Per le sue caratteristiche la lente presenta grosse aberrazioni ottiche, assiali ed extra-assiali, che possono essere messe facilmente in evidenza. Se, per esempio, si fa giungere sulla lente un fascio di raggi paralleli al suo asse ottico e si rendono alternativamente attivi i raggi assiali e quelli periferici, diaframmando opportunamente la lente, si manifesta una forte aberrazione di sfericità. Particolarmente vistoso è il coma che dà luogo ad una caratteristica immagine allungata, ben delimitata ad un estremo, sfumata all'altro, quando sulla lente incide un fascio di raggi molto inclinati rispetto all'asse ottico.

Con la lente disposta verticalmente l'intero apparecchio ha un'altezza di 75 cm. Non sono segnati i dati relativi al costruttore.

20. *Grande lente biconvessa.*



21. Lente di Torricelli



Tra gli apparecchi inseriti nel presente catalogo questa lente risulta essere il più antico. Essa costituisce anzi un prezioso cimelio in quanto che, con le due lenti conservate nel Museo di Storia della Scienza di Firenze, è tutto ciò che rimane della produzione di lenti per cannocchiali di Torricelli.

Il 18 ottobre 1641 Evangelista Torricelli (1608-1647) raggiunse Galileo nella sua villa di Arcetri per seguire da vicino gli insegnamenti del Maestro. Dalle conversazioni avute con lui, per poco meno di tre mesi (Galileo morì l'otto gennaio 1642), Torricelli fu stimolato ad interessarsi al problema della "bontà" delle lenti per cannocchiale.

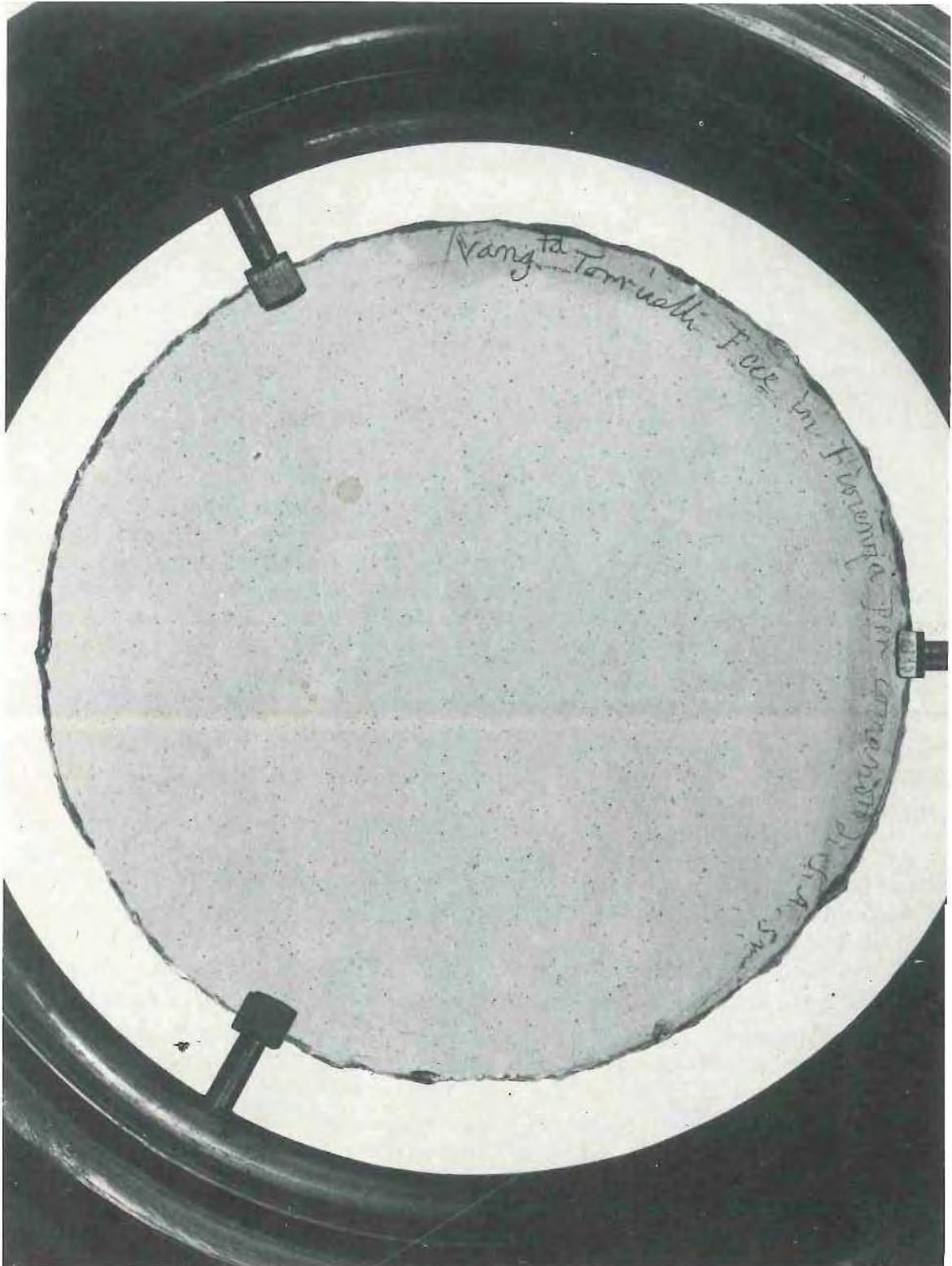
La lente che qui viene presentata fu rinvenuta dal prof. Govi ⁸ a Napoli, intorno al 1885, e porta inciso sull'orlo la scritta "Vang.sta Torricelli fece in Fiorenza per comando di S.A.S.^{ma}".

E' una lente piano-convessa del diametro di 13 cm, poco più grande di quelle custodite nel Museo di Storia della Scienza di Firenze.

La distanza focale è di circa 6 metri, lo stato di conservazione è ottimo. La lente non porta incisa la data di costruzione. Viene custodita in una scatola di legno foderata di velluto; qui viene presentata in una cornice di legno che reca inciso il nome del costruttore.

⁸ Gilberto Govi fu professore ordinario di fisica nell'Università di Napoli dal 1878. Il 10 luglio 1886 egli riferì, in una comunicazione ai Soci della R. Accademia di Scienze Fisiche di Napoli, di aver rinvenuto la lente in un armadio dell'Istituto di Fisica. Non è chiaro come la lente vi fosse giunta. Il Govi era propenso a credere che essa fosse appartenuta ai Reali borbonici; poiché, caduta la monarchia borbonica, molti oggetti a questa appartenuti passarono ad Enti pubblici, è verosimile che in quella occasione la lente sia stata donata all'allora Gabinetto di Fisica.

21. Lente di Torricelli.



22. Grande lente a gradinate

La lente che qui presentiamo appartiene alla classe delle lenti a gradinate⁹, ideate da Buffon (1707-1788) e realizzate per la prima volta da Fresnel (1788-1827). Essa fu fatta costruire da Macedonio Melloni (1798-1854) a Parigi intorno al 1840 (costruttore: Henry Lepaute). In questa città Melloni si era recato per provvedere personalmente all'acquisto di strumenti per il costituendo Osservatorio Vesuviano di cui era stato designato direttore nel 1839. Con questa stessa lente Melloni eseguì successivamente importanti misure del potere raggianti della Luna. Quando, nel 1846, Melloni provvide alla illuminazione del porto di Napoli, egli adottò per questo scopo delle lenti a gradinate.

Il sistema ottico ha un diametro di 120 cm ed è costituito da una lente centrale piano-convessa, del diametro di 28 cm, circondata da 9 anelli rifrangenti concentrici. Ciascuno di questi ha una faccia piana complanare con quella della lente centrale, mentre le facce opposte sono superfici sferiche le cui curvature, come per tutte le lenti a gradinate, sono calcolate in modo che gli anelli abbiano tutti fuoco coincidente con quello della lente centrale. Di conseguenza, essendo la faccia piana del sistema ottico rivolta verso la sorgente luminosa posta nel piano focale, i raggi luminosi inviati dalla sorgente sulla faccia stessa sono all'uscita ricondotti ad essere sensibilmente paralleli all'asse ottico del sistema. Questo si comporta quindi come una lente piano-convessa di egual diametro ma con aberrazione di sfericità pressoché nulla e minor perdita di energia luminosa per assorbimento.

La lente è imperniata, per il suo asse diametrale orizzontale, in una robusta staffa semicircolare, la quale è a sua volta imperniata, per l'asse diametrale verticale, in uno stelo sostenuto da quattro robustissimi piedi. Il sistema ottico può quindi ruotare indipendentemente intorno ai due assi. L'angolo di cui la lente ruota intorno all'asse orizzontale, rispetto al suo assetto normale, può essere misurato grazie ad un disco laterale sul cui bordo è incisa una graduazione da 0° a 90° nei due sensi. Gli angoli di rotazione intorno all'asse verticale possono essere letti su di un semicerchio, posto alla base della lente, recante una graduazione da 0° a 180°.

La montatura della lente, la staffa, lo stelo ed i piedi sono in ottone.

Alcuni anelli rifrangenti risultano purtroppo sbreccati in più punti, ma, nel complesso, lo stato di conservazione della lente è buono.

L'intero apparecchio ha un'altezza di 2 metri circa.

⁹ Le lenti a gradinate sono tuttora usate nei fari perché evitano che la luce emessa dalla sorgente sia fortemente dispersa, consentendo così di realizzare fasci luminosi percepibili a grande distanza. Nei fari due o più lenti a gradinate vengono fatte ruotare intorno alla sorgente con un meccanismo ad orologeria sicché tutti i punti dell'orizzonte ricevono successivamente due o più impulsi luminosi secondo una sequenza caratteristica di ciascun faro.

22. *Grande lente a gradinate.*



23. Microscopio semplice di Raspail

Come è ben noto, un microscopio semplice è costituito da una sola lente convergente, eventualmente corretta per le aberrazioni cromatiche e di sfericità. I microscopi semplici furono largamente usati fino alla metà del secolo scorso poiché, se ben costruiti, fornivano prestazioni migliori dei microscopi composti allora realizzati¹⁰.

L'apparecchio che qui presentiamo è costituito da una lente convergente incastrata in un diaframma a occhiello disposto all'estremità di un sostegno orizzontale fissato ad un'asta verticale. Questa è avvitata ad una cassetina di legno che funge sia da base di appoggio sia da custodia.

Al di sotto è disposto il porta-oggetti, semplicemente costituito da una lastrina circolare di vetro, incastrata in un anello, sulla quale si colloca l'oggetto da osservare. Spostamenti verticali del porta-oggetti sono comandati da una vite.

Il preparato poteva essere osservato in trasparenza illuminandolo dal basso con la luce diffusa da uno specchio concavo, andato purtroppo perduto.

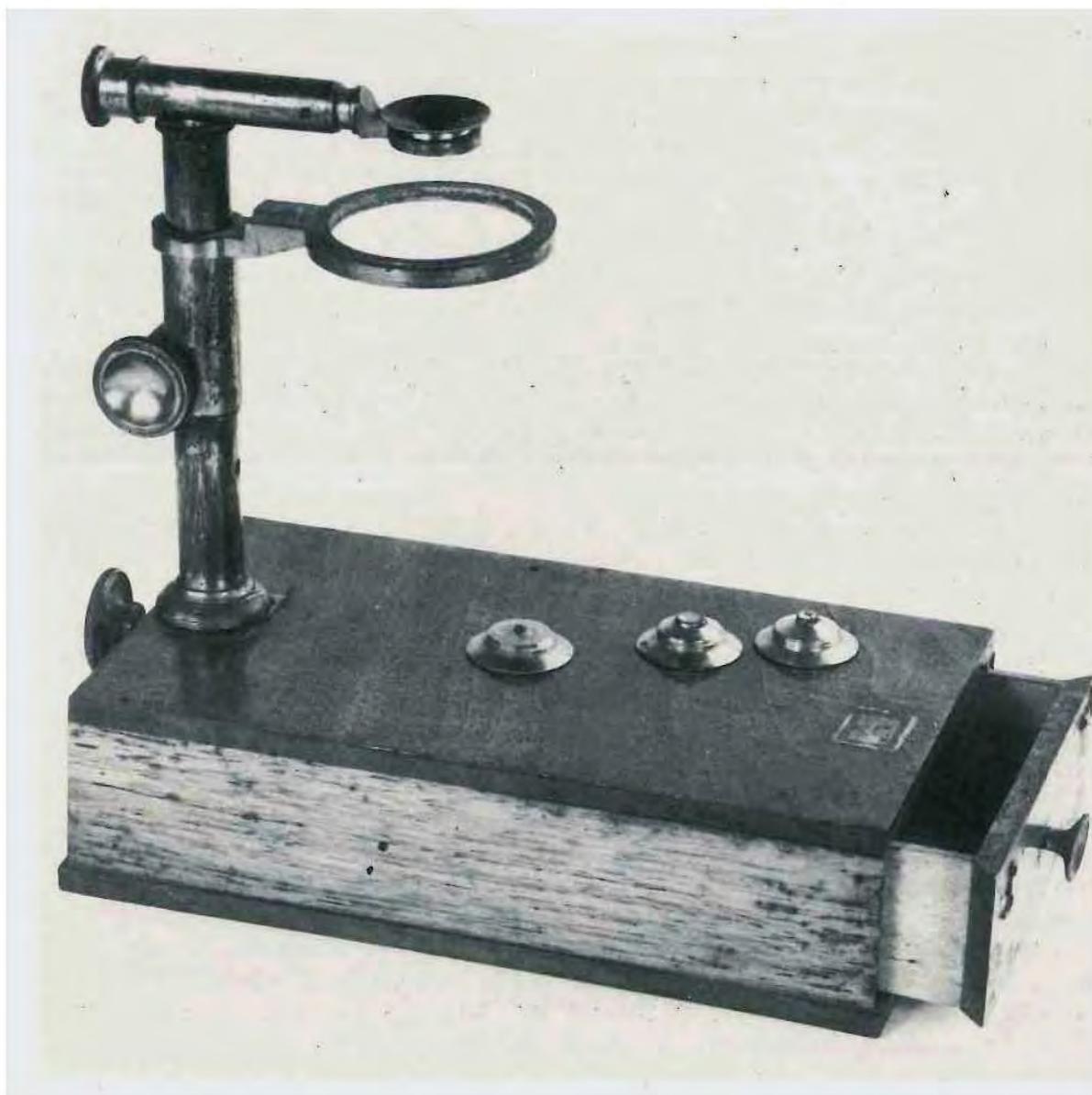
Lo strumento ha in dotazione quattro lenti convergenti di differente potere diottrico, ciascuna incastrata in un diaframma a occhiello; la lente di potere diottrico minore ha una distanza focale di 1,5 cm circa.

L'altezza, misurata fra le estremità superiore e inferiore dell'asta di sostegno, è di 17 cm. Sull'asta è inciso il nome del costruttore, Deleuil¹¹.

¹⁰ Si veda quanto è detto in proposito nella parte iniziale della scheda riguardante il microscopio catottrico di Jecker.

¹¹ La fabbrica di strumenti Deleuil fu fondata a Parigi nel 1820.

23. *Microscopio semplice di Raspail.*



24. Microscopio composto di Amici.

Come è ben noto, un microscopio composto è normalmente costituito da due sistemi diottrici convergenti di piccolissima distanza focale. Dell'oggetto il sistema obiettivo dà, con forte ingrandimento lineare, un'immagine reale della quale il sistema oculare fornisce un'immagine virtuale con notevole ingrandimento visuale.

E' altresì ben noto che nei microscopi composti gli assi ottici dell'obiettivo e dell'oculare sono generalmente verticali o molto inclinati. Nel microscopio qui presentato il sistema oculare è disposto ad una estremità di un tubo orizzontale; con tale disposizione Amici si proponeva di rendere più agevole l'osservazione.

Lo strumento ha le stesse caratteristiche dell'esemplare custodito nel Museo di Storia della Scienza di Firenze. Esso è però privo del sistema obiettivo, andato purtroppo perduto. L'obiettivo aveva l'asse ottico verticale in quanto che era portato da un cilindretto filettato montato in una madre vite applicata inferiormente al tubo del microscopio, da parte opposta a quella dell'oculare. I raggi uscenti dall'obiettivo subivano riflessione totale sulla faccia ipotenusale di un prisma rettangolare isoscele, disposto immediatamente al di sopra dell'obiettivo, e di conseguenza venivano rinviate nella direzione orizzontale corrispondente all'asse ottico dell'oculare.

Operando su due viti, è possibile realizzare spostamenti micrometrici laterali del porta-oggetti in modo da ottenere la condizione che il centro del foro del porta-oggetti ed il centro della madre vite siano sulla stessa verticale. Un'altra vite a cremagliera consente spostamenti verticali del porta-oggetti, quindi serve essenzialmente per la messa a fuoco.

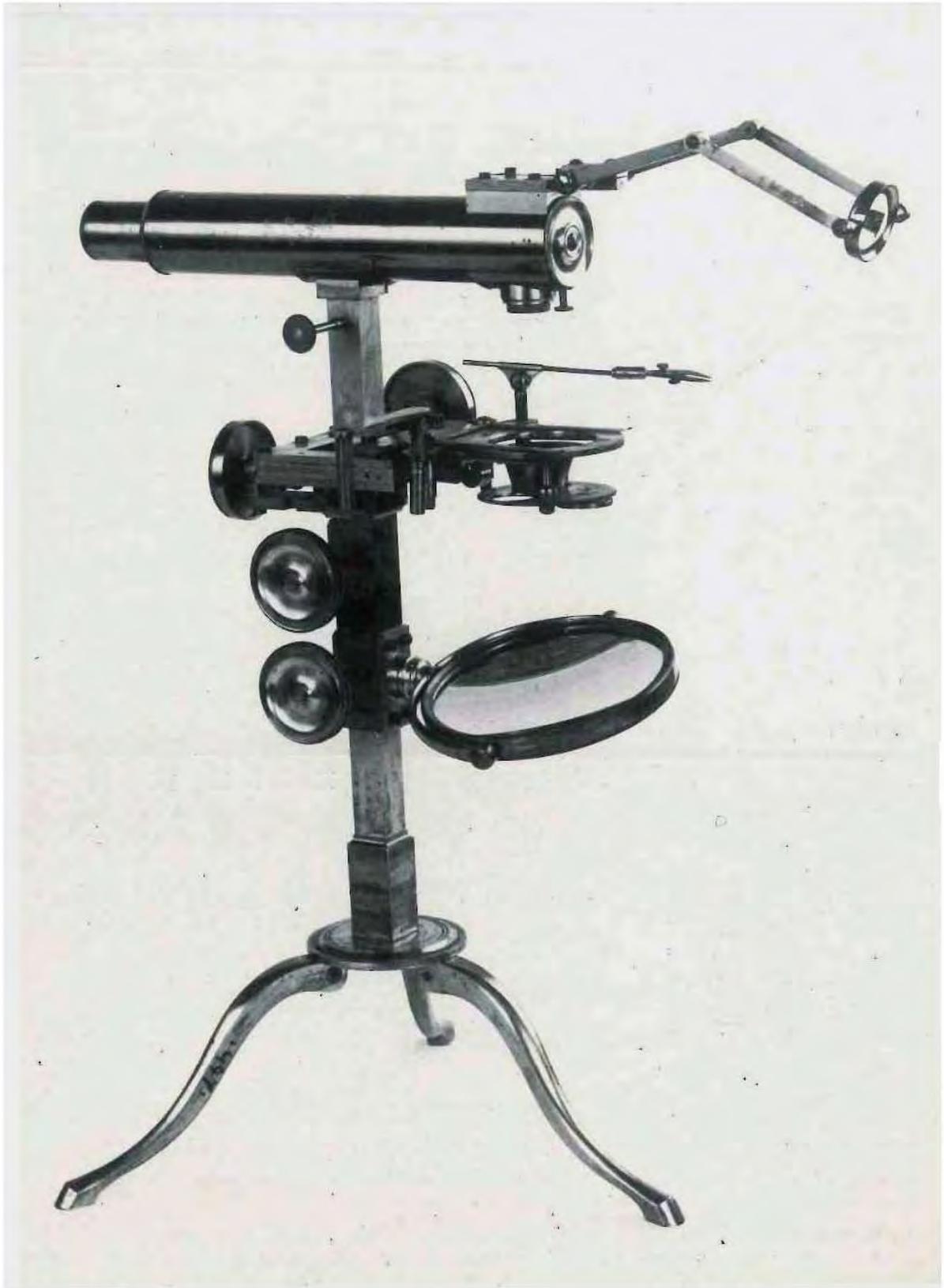
Il campione poteva essere osservato sia in trasparenza, se lo si illuminava dal basso con la luce riflessa da un grande specchio concavo (che, grazie ad un'altra vite a cremagliera, può anche essere spostato verticalmente) sia per diffusione, se lo si illuminava dall'alto con la luce uscente da una lente convergente montata all'estremità di un braccio snodabile fissato al tubo del microscopio.

Al di sotto del porta-oggetti vi è un disco orizzontale girevole intorno ad un asse verticale parallelo a quello del porta-oggetti. Il disco reca quattro fori di diverso diametro disposti lungo un arco di circonferenza. Facendolo ruotare, si può allineare il foro del porta-oggetti con uno dei fori del disco in modo da delimitare, nella misura ritenuta più idonea, il campo di osservazione in trasparenza.

Da stativo funge un'asta verticale parallelepipedica, sostenuta da uno stabile treppiede; ad essa sono applicati i dispositivi che consentono gli spostamenti laterali e verticali.

Lo strumento, interamente in ottone, ha un'altezza di 36 cm. Sul tubo del microscopio sono incisi i dati relativi al costruttore: "Amici - Firenze".

24. *Microscopio composto di Amici.*



25. Microscopio acromatico di Chevalier.

E' uno dei primi microscopi ad adottare come obiettivo un sistema di lenti in grado di correggere in maniera soddisfacente l'aberrazione cromatica ¹².

Lo strumento ha l'asse ottico verticale. Il tubo del microscopio è sostenuto da un anello collegato, mediante un corto braccio, ad un'asta verticale che funge da stativo.

Il porta-oggetti è costituito da una piastrina circolare con un foro al centro. Al di sotto vi è un dischetto orizzontale, con il bordo zigrinato, girevole intorno ad un asse verticale parallelo a quello del porta-oggetti. Il disco reca quattro fori di diverso diametro, disposti lungo un arco di circonferenza. Con la rotazione del disco si può allineare il foro del porta-oggetti con uno dei quattro fori in modo da delimitare, nella misura ritenuta più idonea, il campo di osservazione in trasparenza.

Il campione può essere osservato sia in trasparenza, se lo si illumina dal basso con la luce riflessa da uno specchio concavo, sia per diffusione, se lo si illumina dall'alto con la luce convogliata da una lente convergente disposta all'estremità di un braccio snodabile fissato al porta-oggetti. Un sistema a cremagliera, applicato all'asta di sostegno del microscopio, determina spostamenti verticali del porta-oggetti consentendo così la messa a fuoco. I sistemi di illuminazione ed il sistema che delimita il campo di osservazione in trasparenza sono analoghi a quelli del microscopio di Amici precedentemente descritto.

L'oculare è portato da un tubo che può essere sfilato dal corpo del microscopio. L'intero strumento ottico può essere tolto dall'anello di sostegno.

Il microscopio è corredato di due oculari intercambiabili mentre l'obiettivo è unico. L'estremità inferiore dell'asta di sostegno viene avvitata alla cassetta di legno che serve a custodire l'apparecchio.

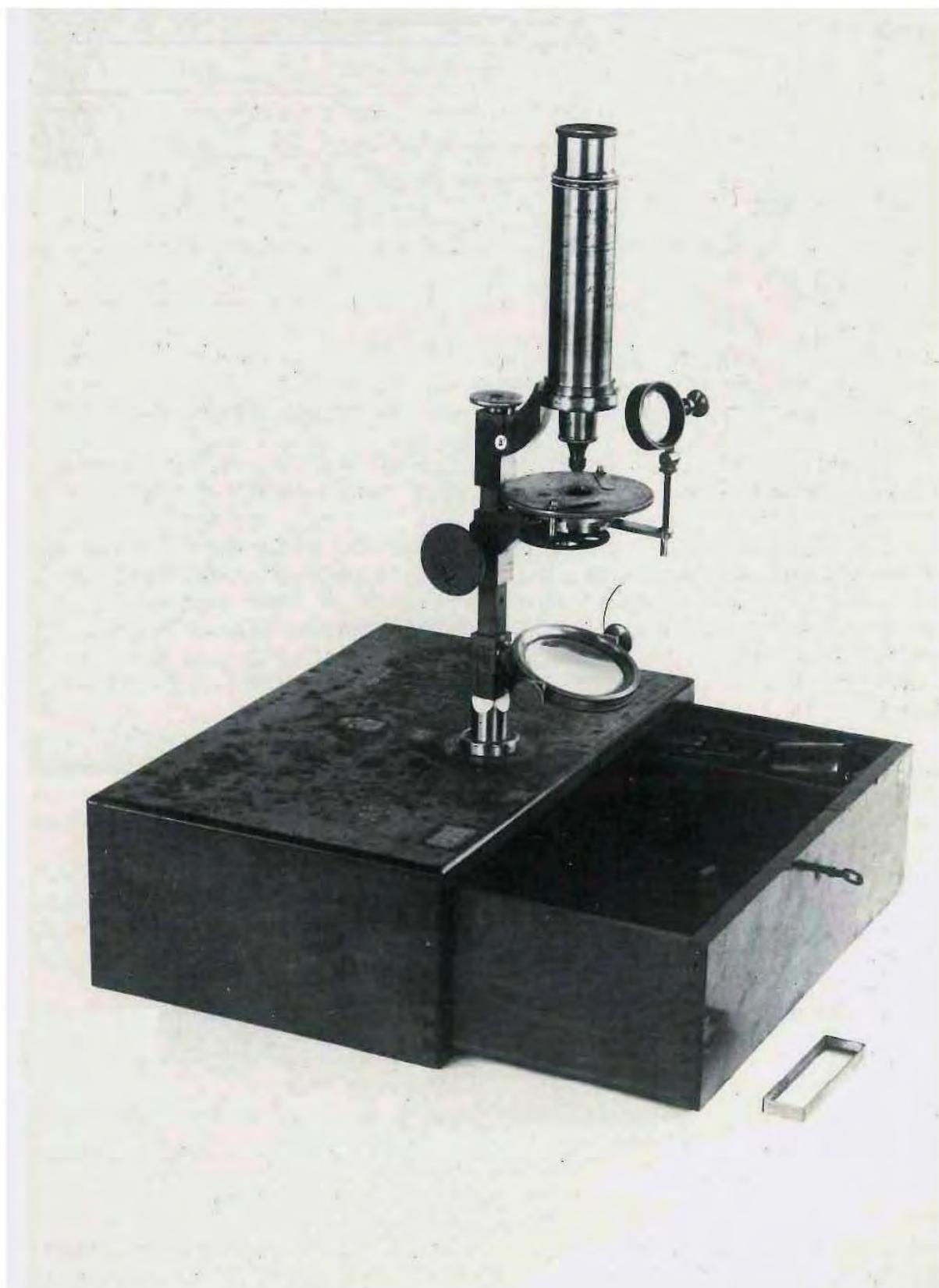
Lo strumento è interamente in ottone. L'altezza, misurata dall'estremità superiore del microscopio all'estremità inferiore dell'asta di sostegno, è di 35 cm.

Sul tubo è segnato: "Microscope achromatique perfectionné par Vincent Chevalier Ing. Opt. Brev. Quoi de l'Horloge 69 Paris. Sold by E. M. Clarke 128 Strand London" ¹³.

¹² Conviene ricordare che solo a partire dai primi decenni del secolo scorso si riuscì a costruire obiettivi pressoché acromatici. Nei primi tempi, però, tali obiettivi non consentivano forti ingrandimenti perché la realizzazione di lenti esenti da cromatismo avveniva a discapito del loro potere diottrico che risultava piuttosto modesto. Infatti ciascuna di queste lenti era ottenuta per accoppiamento di una lente convergente di vetro crown con una divergente di vetro flint; ne risultava un sistema convergente con distanza focale troppo lunga.

¹³ La fabbrica di strumenti Chevalier fu fondata da Louis-Vincent Chevalier (1734-1804) intorno al 1765. Egli ebbe tre figli dei quali uno, Vincent (1770-1841), fu tra i più apprezzati costruttori di microscopi dell'epoca. L'attività fu proseguita con merito dal figlio di questi, Charles (1804-1859).

25. *Microscopio acromatico di Chevalier.*



26. Microscopio orizzontale catottrico di Jecker

Questo apparecchio adotta la disposizione orizzontale, come il microscopio di Amici. La particolarità più significativa dello strumento consiste però nel fatto che esso è un microscopio "catottrico", cioè un microscopio il cui obiettivo è costituito da uno specchio concavo ¹⁴.

Tale innovazione fu introdotta da Amici agli inizi del secolo scorso per tentare di risolvere in maniera soddisfacente il problema legato all'aberrazione cromatica dell'obiettivo, in conseguenza della quale le lenti impiegate all'epoca, generalmente semplici, fornivano immagini piuttosto scadenti. Uno studio condotto dai coniugi van Cittert ¹⁵ ha provato che, essenzialmente a causa del cromatismo, tutti i microscopi costruiti fino ai primi decenni del XIX secolo fornivano prestazioni inferiori a quelle dei migliori microscopi semplici. I microscopi catottrici costruiti da Amici diedero buoni risultati ma non si dimostrarono molto pratici tanto che egli fu successivamente indotto a ritentare la soluzione del problema con l'impiego di sole lenti ¹⁶.

Lo strumento qui presentato ha un valore storico notevole, sia per le sue peculiari caratteristiche sia perché è uno dei pochi esemplari esistenti attribuibili a Jecker ¹⁷; infatti, come riferisce M. Daumas, ^{17bis} "malgré cette grande capacité de production, il demeure peu d'instruments portant la signature de Jecker".

Se si fa riferimento alla riproduzione fotografica, l'oculare è alla estremità destra del tubo orizzontale mentre lo specchio concavo, con funzioni di obiettivo, è all'altra estremità.

Il centro del foro del porta-oggetti e il centro del piccolo foro d'ingresso della luce nel microscopio sono sulla stessa verticale. I raggi provenienti dal preparato, dopo aver oltrepassato il foro d'ingresso, vengono deflessi dalla faccia ipotenusale di un prisma rettangolare isoscele e rinviati sullo specchio concavo che fornisce del preparato un'immagine reale nel piano focale dell'oculare. Quando il microscopio non viene usato, il foro d'ingresso può essere chiuso da una lamella che serve a preservare l'ottica dello strumento dalla polvere.

Il tubo del microscopio è sostenuto da due aste cilindriche verticali fissate ciascuna ad una piastrina avvitata al coperchio della cassetta di legno in cui vengono custoditi gli accessori dello strumento.

Una vite laterale, applicata ad una delle aste di sostegno, consente spostamenti verticali del porta-oggetti, quindi serve essenzialmente per la messa a fuoco.

Al di sotto del porta-oggetti vi è un disco orizzontale girevole, il quale reca due fori di diverso diametro che permettono di delimitare, in misura maggiore o minore, il campo di osservazione in trasparenza. Le osservazioni in trasparenza si effettuano illuminando il preparato dal basso con la luce convogliata da uno specchio concavo il quale può anche essere spostato verticalmente.

Lo strumento è interamente in ottone. L'altezza, misurata dalla estremità superiore del microscopio alle estremità inferiori delle aste di sostegno, è di 30 cm.

¹⁴ Ricordiamo che fu il Newton ad adottare per primo nei suoi telescopi uno specchio concavo con funzioni di obiettivo. I telescopi catottrici, come è ben noto, sono tuttora largamente usati.

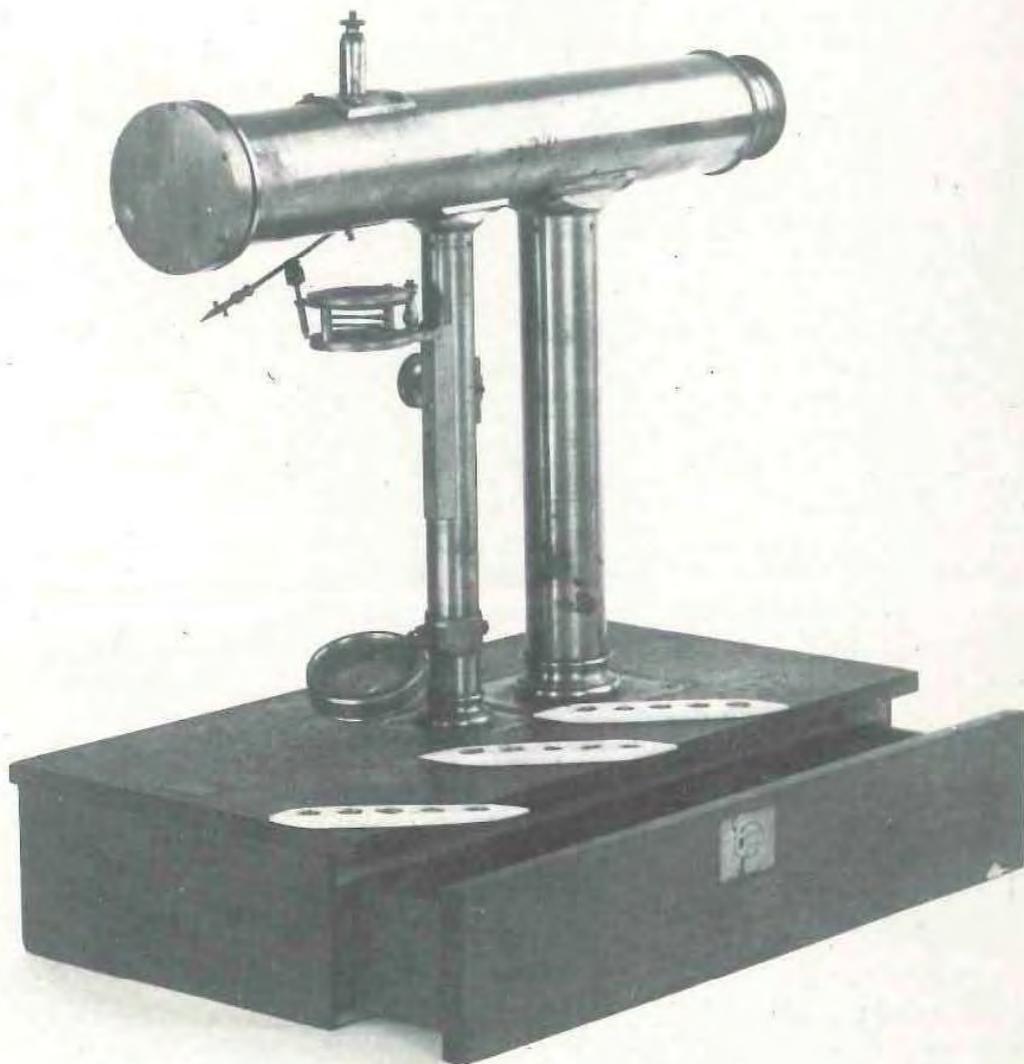
¹⁵ "Some Remarks on the Development of the Compound Microscope in the 19th Century", Proceedings of Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, B, LIV, n° I, 1951.

¹⁶ Si veda anche la nota (12).

¹⁷ Francois-Antoine Jecker (1790-1820), insieme ai suoi due fratelli, organizzò, intorno al 1800, un'officina per la fabbricazione di strumenti di ottica e di matematica.

^{17bis} M. Daumas - "Les instruments scientifiques aux XVII et XVIII siècles" presses Universitaires de France

26. *Microscopio orizzontale catottrico di Jecker.*



27. Microscopio composto di Dollond

Il problema della correzione dell'aberrazione cromatica delle lenti fu risolto per primo da John Dollond¹⁸ allorché questi, nel 1758, realizzò una lente acromatica per telescopio costituita da due parti, una lente positiva di vetro crown ed una negativa di vetro flint¹⁹.

Il microscopio che qui presentiamo reca la sua firma.

Ad un'asta verticale, sostenuta da uno stabile treppiede, è applicata, con un innesto a snodo, una barra parallelepipedica che sorregge il tubo del microscopio, il porta-oggetti ed il condensatore. Lo snodo consente alla barra, e conseguentemente all'asse ottico del microscopio, di assumere tutte le possibili orientazioni.

Il tubo del microscopio è innestato sulla barra parallelepipedica mediante un'asta tenuta ferma da una vite a pressione. Il porta-oggetti è costituito da una piastra rettangolare, con un ampio foro circolare, alla quale sono applicate due lamelle che servono a fissare il preparato. Il centro del foro del porta-oggetti è sull'asse ottico del microscopio. Gli spostamenti del porta-oggetti lungo la barra sono comandati da un sistema a cremagliera.

Il condensatore è costituito da uno specchio concavo e da una lente convergente (la cui distanza focale è di 10 cm), fissati a due slitte scorrevoli a pressione lungo la barra. La luce diffusa dallo specchio viene concentrata sul preparato dalla lente. Un'altra lente convergente, eguale alla precedente, è portata da un sottile braccio innestato sul porta-oggetti; la luce da essa convogliata sul preparato consente l'osservazione per diffusione.

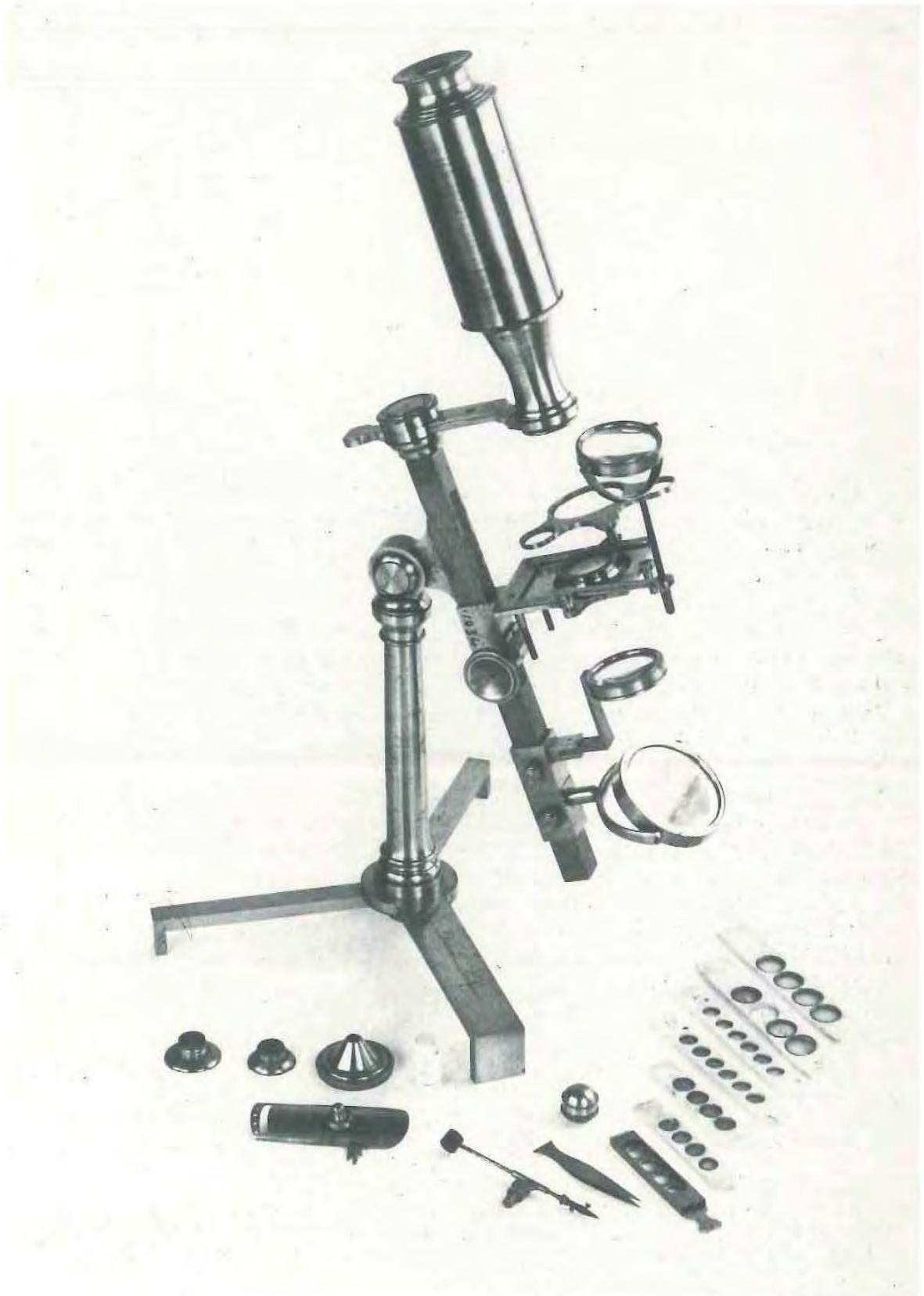
L'apparecchio, tutto in ottone, può essere raccolto per intero in una cassetta di legno. Esso ha in dotazione tre obiettivi di diversa distanza focale, sei porta-campioni in osso, uno in ottone e vari accessori utili per l'osservazione microscopica.

Con l'asse ottico disposto verticalmente l'apparecchio ha un'altezza di 45 cm. I dati relativi al costruttore ("Dollond, London") sono incisi su uno dei piedi.

¹⁸ John Dollond (1706-1761) era figlio di un protestante francese rifugiatosi a Londra dopo la revoca dell'editto di Nantes; il suo cognome originario era d'Hollande. Si interessò di astronomia ed aprì a Londra un negozio-atelier di strumenti ottici ove si succedettero una serie di rinomati costruttori.

¹⁹ Si veda anche la nota (12).

27. *Microscopio composto di Dollond*



28. Microscopio binoculare

Questo microscopio è, tra i microscopi qui presentati, il più recente. Si intravede già in esso la struttura di un microscopio moderno.

Dall'obiettivo si dipartono due tubi lievemente inclinati disposti a V, secondo un piano di simmetria pressoché verticale. Alle due estremità superiori sono collocati due oculari eguali del tipo Huygens²⁰.

I raggi uscenti da uno stesso punto del preparato vengono, mediante un sistema di prismi, scissi in due fascetti che, dopo di aver attraversato i tubi, incidono sui due oculari. E' come se gli occhi osservassero lo stesso punto sotto diversa angolazione; nasce così un effetto stereoscopico.

Gli elementi che autorizzano a considerare questo strumento non molto dissimile da un microscopio moderno sono essenzialmente due: la struttura dello stativo e il sistema di messa a fuoco. Differentemente dai microscopi descritti in precedenza, il porta-oggetti è fisso e la messa a fuoco si realizza operando su di una vite a doppia testa circolare che consente di sollevare o di abbassare lo strumento ottico rispetto al porta-oggetti. Un analogo sistema consente spostamenti verso l'alto o verso il basso dei due oculatori.

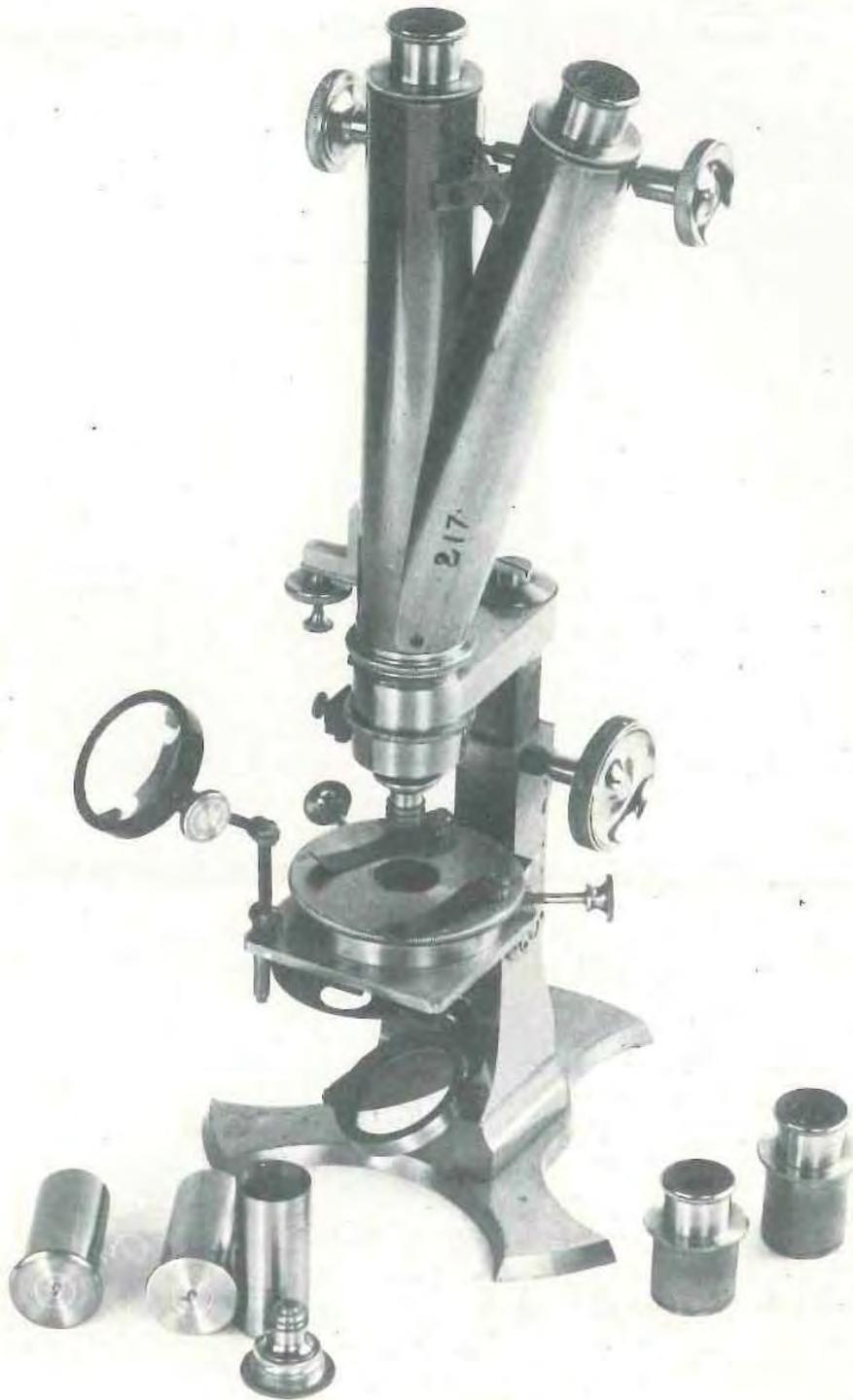
Al di sotto del porta-oggetti è disposto un disco orizzontale girevole intorno ad un asse verticale parallelo a quello del porta-oggetti e recante quattro fori di diverso diametro disposti lungo un arco di circonferenza; esso ha la stessa funzione del disco presente nei microscopi precedentemente descritti.

L'apparecchio è dotato di uno specchio concavo, disposto al di sotto del porta-oggetti, e di una lente convergente collegata, mediante un braccio snodabile, al porta-oggetti è fisso e la messa a fuoco si realizza operando su di una vite a doppia per diffusione.

Il microscopio ha in dotazione oculari di diverso potere diottrico. L'apparecchio, interamente in ottone, termina inferiormente con una robusta lamina sagomata che, mediante dei fermi, può essere fissata ad una tavoletta di legno. E' alto 37 cm e può essere riposto in una cassetta di legno. Mancano i dati relativi al costruttore.

²⁰ Ricordiamo che un oculare di Huygens è costituito da due lenti convergenti piano-convexe che rivolgono all'occhio la faccia piana. La lente più vicina all'obiettivo è detta "lente del campo" o "lente collettrice" perché aumenta il campo di visione dello strumento. Se l'ingrandimento non è molto forte, un oculare di questo tipo determina una buona correzione dell'aberrazione di sfericità e dell'aberrazione cromatica introdotte dall'obiettivo. Un oculare di Huygens è "negativo", cioè, usato da solo, si comporta come una lente divergente.

28. *Microscopio binoculare.*



29. Microscopio solare

Il microscopio solare, inventato a Berlino, intorno al 1740, da Leiberkuyn, era destinato a mostrare a un pubblico numeroso dettagli molto ingranditi di preparati trasparenti ²¹

Strutturalmente simile a un microscopio, svolgeva in realtà la funzione di proiettore. Perché i dettagli apparissero ben chiari, bisognava usare una sorgente luminosa molto intensa. Poteva in particolare impiegarsi luce solare e, a tal fine, lo strumento veniva fissato per la base maggiore in un foro circolare praticato nel battente di una finestra. Una lente convergente, di diametro pari a quello della base maggiore, ed un'altra lente convergente più piccola, disposta immediatamente prima del porta-oggetti, fungevano da condensatore. La luce solare veniva raccolta da uno specchio piano, disposto all'esterno, e convogliata sulla lente più grande. Il fascio, reso da questa convergente, veniva raccolto dalla seconda lente e concentrato sul preparato disposto in un piano distante dall'obiettivo di una quantità un po' più grande della distanza focale; l'immagine, molto luminosa e ingrandita, veniva proiettata su di uno schermo.

Se si fa riferimento alla riproduzione fotografica, l'obiettivo è all'estremità inferiore del tubo più piccolo in alto. Il tubo più grande, costituito da tre cilindri di diverso diametro, reca agli estremi le due lenti condensatrici.

Il preparato viene disposto tra due placchette tenute serrate l'una all'altra. La messa a fuoco è regolata da un sistema a cremagliera che consente di modificare la distanza dell'obiettivo dal preparato.

In luogo della luce solare poteva essere usata la luce emessa da una lampada a gas o da un arco voltaico. In questi casi la sorgente doveva essere dotata di una lente convergente che rendesse paralleli i raggi luminosi da convogliare sulla prima lente condensatrice.

L'altezza dello strumento è di 35 cm. Il costruttore è J. Duboscq ²².

²¹ Per esempio gli infusori presenti in una goccia d'acqua.

²² Per notizie su J. Duboscq si veda la nota (6).

29. *Microscopio solare.*



30. Microscopio polarizzante di Amici

Il tubo del microscopio può essere spostato parallelamente all'asta verticale di sostegno mediante un sistema a cremagliera.

Il preparato è sostituito da un cristallo poggiato su di un disco circolare di vetro, disposto immediatamente al di sotto dell'obiettivo, il quale può ruotare, su se stesso e intorno ad un asse orizzontale, di angoli misurabili. Il cristallo riceve dal basso luce fortemente polarizzata per riflessione multipla su di una pila di lastre di vetro inclinate di circa 35° rispetto alla direzione d'incidenza dei raggi luminosi ²³.

Se il cristallo è birfrangente, da esso hanno origine un fascetto ordinario ed uno straordinario polarizzati in piani fra loro perpendicolari. Analizzando la luce emergente dall'oculare con una lamina polarizzatrice, per esempio con uno spatolo d'Islanda, si può studiare l'anisotropia ottica del cristallo poggiato sul disco di vetro.

L'asta di sostegno poggia su di uno stabile treppiede. L'altezza dello strumento è di 47 cm.

Il microscopio polarizzante fu ideato e realizzato da Amici intorno al 1830. Rispetto ad apparecchi aventi la stessa funzione, esso aveva il vantaggio di poter essere usato anche quando poteva disporsi solo di cristalli molto piccoli o di frammenti di cristallo.

²³ In tali condizioni l'angolo d'incidenza sulle lastre è di circa 55° ; per il vetro questo valore corrisponde all'incirca all'angolo polarizzante o "angolo di Brewster", cioè all'angolo d'incidenza per il quale il fascetto riflesso è completamente polarizzato in un piano perpendicolare al piano d'incidenza.

30. *Microscopio polarizzante di Amici.*



31. Saccarimetro di Soleil

Consente di misurare la concentrazione delle sostanze zuccherine disciolte in acqua, in virtù della capacità che hanno tali sostanze di far ruotare il piano di polarizzazione. Fu Soleil²⁴ a realizzare il primo saccarimetro utilizzando la scoperta, dovuta a Biot²⁵, dell'esistenza di un potere rotatorio nei liquidi.

L'apparecchio appartiene alla classe dei polarimetri a compensazione e consiste di un tubo di vetro, destinato a contenere la soluzione da analizzare, di un polarizzatore e di un analizzatore.

La luce viene polarizzata da un prisma birifrangente che dà luogo ad un fascio straordinario ed a un fascio ordinario, ed è solo quest'ultimo a giungere all'occhio dell'osservatore.

Il fascio polarizzato incide su due lastre di quarzo, unite insieme, le quali determinano eguali rotazioni del piano di polarizzazione, l'una verso destra, l'altra verso sinistra. Esse hanno lo stesso spessore e, se osservate direttamente attraverso un prisma birifrangente, apparirebbero dello stesso colore. Il fascio così polarizzato attraversa il tubo con la soluzione zuccherina ed infine giunge sul compensatore il quale ha la funzione di distruggere la rotazione dovuta alla colonna liquida.

Il compensatore è costituito essenzialmente da altre due lastre di quarzo, l'una di spessore costante, l'altra di spessore variabile, le quali operano una rotazione del piano di polarizzazione in senso opposto. La variazione di spessore della seconda lastra è comandata dalla rotazione di un bottone zigrinato il quale determina anche lo spostamento di un indice su di una scala con doppia graduazione e con lo zero al centro. Quando l'indice è sullo zero, le azioni determinate dalla seconda coppia di lastre sono perfettamente compensate sicché, se nel tubo vi fosse una sostanza otticamente inattiva, le prime due lastre, osservate con un prisma birifrangente, dopo che la luce ha attraversato il liquido e la seconda coppia di lastre, apparirebbero ancora dello stesso colore. A questo punto una opportuna rotazione del bottone zigrinato, verso destra o verso sinistra, fa sì che la seconda coppia di lastre abbia azione tale da compensare l'effetto determinato dalla soluzione. Realizzata questa condizione, le prime due lastre appaiono di nuovo dello stesso colore. Lo spostamento, in un senso o nell'altro, dell'indice sulla scala è tanto più grande quanto più elevato è il potere rotatorio della soluzione e, quindi, quanto maggiore è la concentrazione di questa.

Il saccarimetro poggia su di un'asta cilindrica verticale di ottone fissata ad una base circolare, anch'essa in ottone. L'intero apparecchio ha un'altezza di 36 cm.

Sullo strumento sono incisi i dati relativi al costruttore: "Franz Schmidt & Huensh - Berlin - Neue Schönhauser Str. 2".

²⁴ Per notizie su Jean-Baptiste Soleil si veda la nota (6).

²⁵ La scoperta di Biot è del 1815.

31. *Saccarimetro di Soleil.*



32. Saccharimetro di Soleil

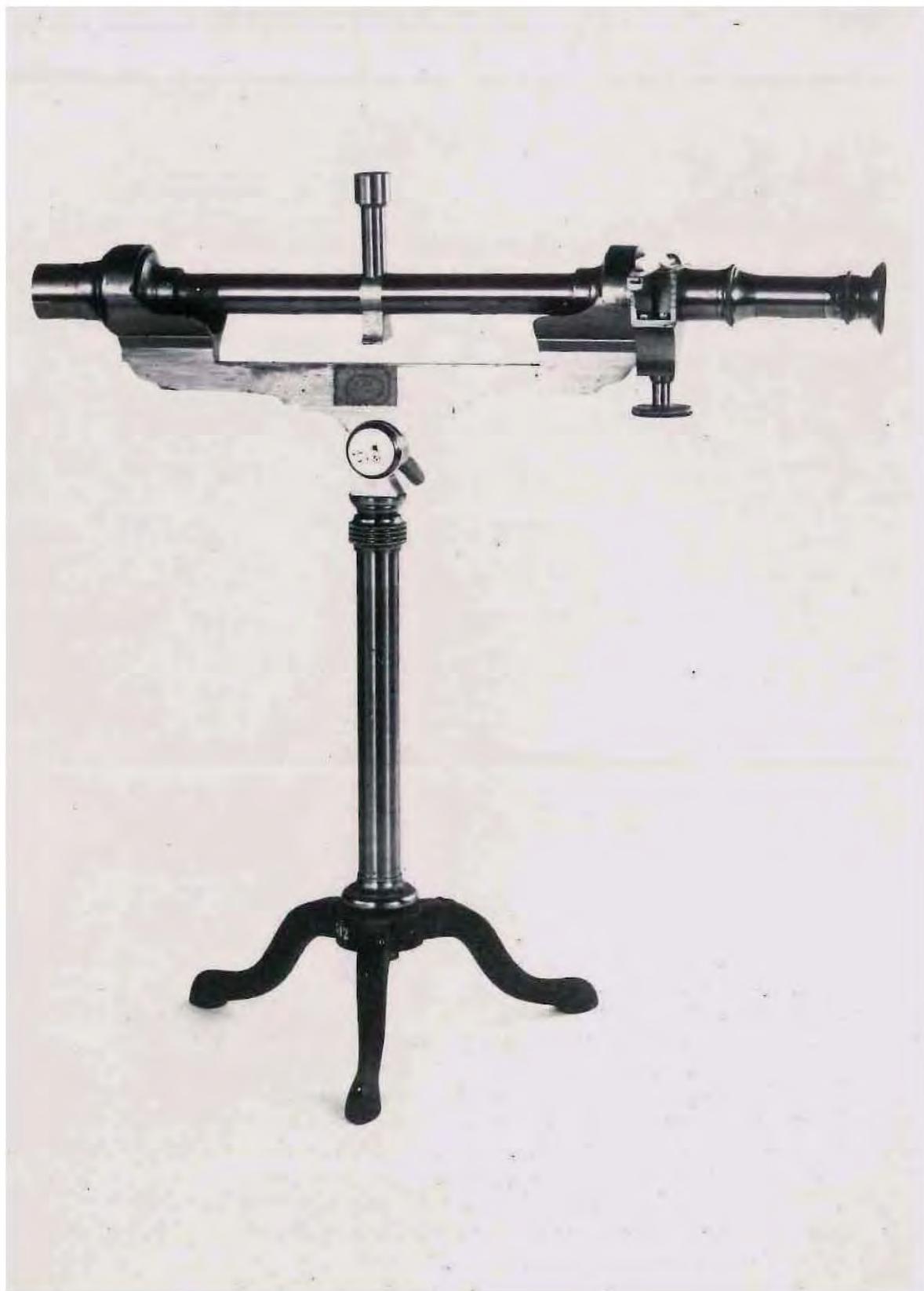
Questo saccharimetro ha caratteristiche pressoché identiche a quelle dell'apparecchio precedentemente descritto. Manca il polarizzatore, andato purtroppo perduto. Il tubo destinato a contenere la soluzione da analizzare non è di vetro ma di ottone ed è fornito di una sorta di imbuto per l'immissione del liquido ²⁶.

Il saccharimetro poggia su di una staffa che può compiere rotazioni intorno ad un asse orizzontale; una vite consente di fissare la staffa in modo che l'asse ottico dello strumento abbia la direzione desiderata. Il tutto è sostenuto da uno stelo cilindrico di ottone fissato a un robusto treppiede in metallo verniciato.

Come indicato sullo strumento, è un saccharimetro perfezionato da Soleil ed appartiene al gruppo di apparecchi costruiti dalla casa J. Duboscq-Soleil. Riteniamo che esso sia anteriore al saccharimetro prima descritto.

²⁶ Dal vecchio inventario risulta che l'apparecchio aveva quattro tubi di ricambio.

32. *Saccarimetro di Soleil.*

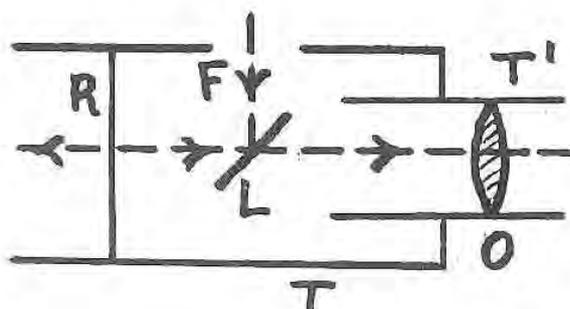


33. Spettrometro

Come è noto, lo spettrometro è un “goniometro ottico”, cioè un apparecchio che consente di misurare l'angolo che un fascetto luminoso, deviato per riflessione, rifrazione o diffrazione, forma con la direzione primitiva. Esso è essenzialmente costituito da un cerchio orizzontale, con il bordo suddiviso in 360 parti eguali, e da un cannocchiale ed un collimatore aventi gli assi ottici sensibilmente orizzontali, complanari e incidenti l'asse del cerchio. Dei due strumenti ottici almeno uno (il cannocchiale) può ruotare intorno a tale asse. L'asse ottico del collimatore dà la direzione primitiva del fascetto luminoso mentre il cannocchiale ha il compito di raccogliere il fascetto deviato. Se l'asse ottico del cannocchiale è allineato nella direzione del fascetto deviato, l'angolo di deviazione è l'angolo formato dagli assi ottici dei due strumenti e può essere letto sul cerchio graduato.

Nell'esemplare qui presentato il cerchio graduato è sostenuto da uno stelo cilindrico fissato ad un'ampia base circolare; il collimatore (che nella riproduzione fotografica è il tubo a destra) è fisso, mentre il cannocchiale può ruotare intorno all'asse verticale passante per il centro del cerchio. La fenditura del collimatore, disposta all'estremità esterna, è già nel piano focale del sistema ottico convergente situato all'altro estremo; una vite consente di modificare in qualche misura l'orientazione dell'asse ottico dello strumento.

Una seconda vite permette di modificare la distanza fra l'oculare e l'obiettivo del cannocchiale in modo da realizzare le condizioni telescopiche. Sul cerchio graduato poggia una piccola piattaforma circolare, girevole intorno all'asse del cerchio, sulla quale, a seconda dell'uso che dello spettrometro si vuol fare, può disporsi un prisma, una superficie riflettente o un reticolo di diffrazione. Tre piccole viti consentono di modificare l'orientazione del piano della piattaforma.

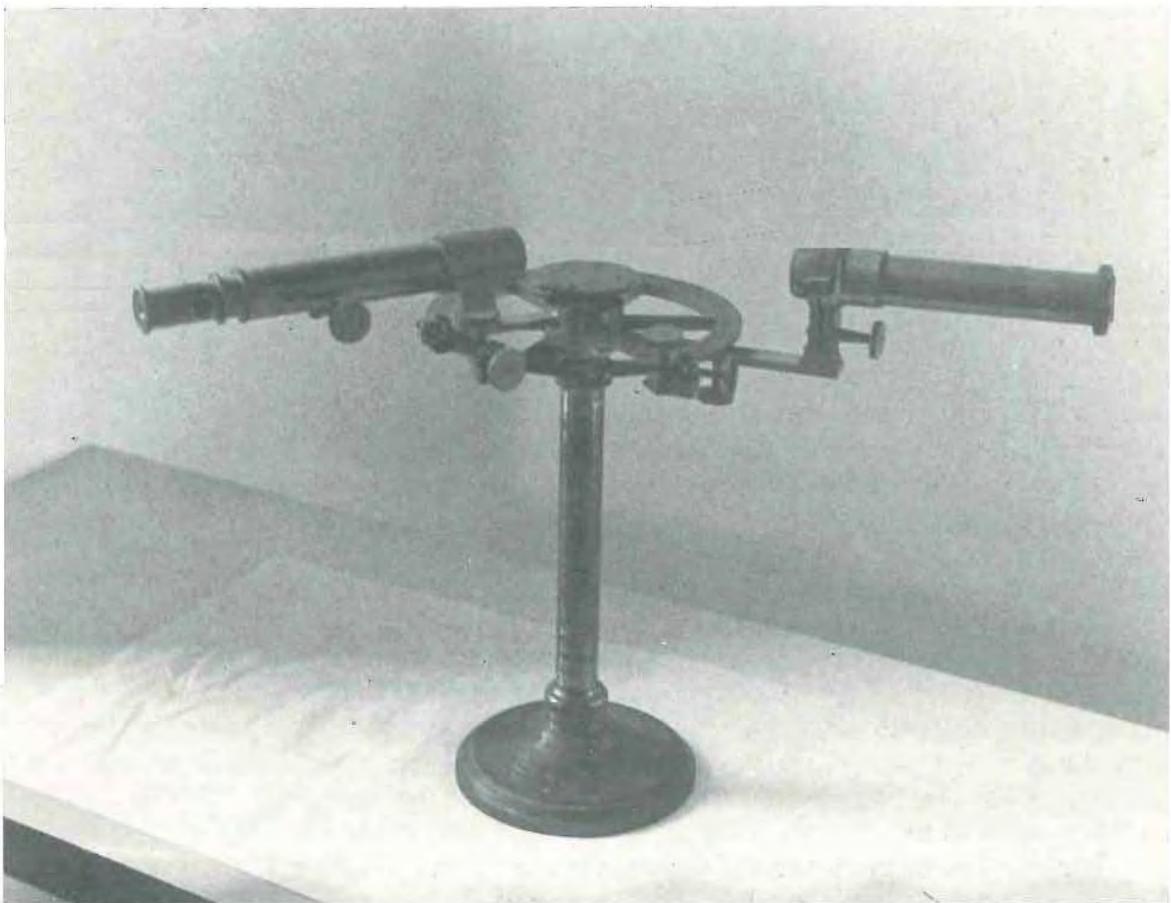


Per poter realizzare le condizioni telescopiche, quando il cannocchiale non può essere puntato su di una sorgente sufficientemente lontana, il cannocchiale è dotato di uno speciale oculare, detto "oculare di Gauss". Il tubo T', recante il sistema oculare O (vedi figura sopra), è scorrevole in un tubo T forato lateralmente in F ed avente all'interno una lastrina L, debolmente argentata, disposta a 45° rispetto all'asse ottico e situata fra l'oculare ed il piano contenente i fili del reticolo oculare R. Per ottenere le condizioni telescopiche, si sposta anzitutto il tubo T' finché attraverso O non si osservi un'immagine nitida di R, quindi si poggia sulla piattaforma uno specchio, disponendolo verticalmente, con la superficie riflettente rivolta verso il cannocchiale. Se una sorgente luminosa viene disposta di fronte al foro F, i raggi, rinviiati dalla lastrina nella direzione dell'asse ottico, illuminando i fili del reticolo ed, emergendo dal cannocchiale, vengono riflessi dallo specchio e fatti convergere dall'obiettivo in un piano che può, o non, coincidere con quello del reticolo oculare. Il cannocchiale è in condizioni telescopiche quando un occhio, addossato all'oculare, vede nitidamente sia il reticolo che la sua immagine; operando sulle tre viti della piattaforma si può ottenere che l'immagine sia proprio coincidente con il reticolo oculare.

Con il cannocchiale è solidale una piccola slitta, munita di nonio, che consente di determinare le posizioni assunte dallo strumento ottico quando è in asse con il collimatore e quando è allineato con la direzione del fascetto deviato. Due viti a ganascia permettono di sbloccare la piattaforma ed il cannocchiale o di fissarli nelle posizioni desiderate.

L'apparecchio, interamente in ottone è alto 33 cm. Su di esso sono segnati i dati relativi al costruttore: "J & A Duboscq, à Paris".

33. *Spettrometro.*



34. Grande spettroscopio di Bunsen-Kirchhoff

È il tradizionale spettroscopio a prisma, costituito da un prisma di sostanza altamente dispersiva, posto al centro di una piattaforma orizzontale, e da un cannocchiale e due collimatori aventi gli assi ottici sensibilmente orizzontali, complanari e incidenti l'asse della piattaforma.

Il cannocchiale C ed il collimatore L hanno caratteristiche del tutto eguali a quelle di un cannocchiale e di un collimatore di un comune spettrometro. Il collimatore L reca all'estremità esterna una fenditura verticale, di larghezza regolabile mediante una vite micrometrica, ed all'altro estremo un sistema ottico convergente acromatico; la distanza della fenditura dal sistema convergente è pari alla distanza focale di questo.

Il cannocchiale è costituito da un tubo fisso, portante all'estremità rivolta verso il prisma un obiettivo acromatico, e da un tubo mobile, scorrevole nel primo, recante all'estremità esterna il sistema oculare. Una vite micrometrica, disposta lateralmente, consente di spostare il tubo mobile rispetto a quello fisso e quindi di modificare la distanza dell'oculare dall'obiettivo; in particolare si può realizzare la condizione che il cannocchiale sia in condizioni telescopiche. Operando su di una seconda vite laterale si può far ruotare di un piccolo angolo l'asse ottico del cannocchiale intorno all'asse della piattaforma.

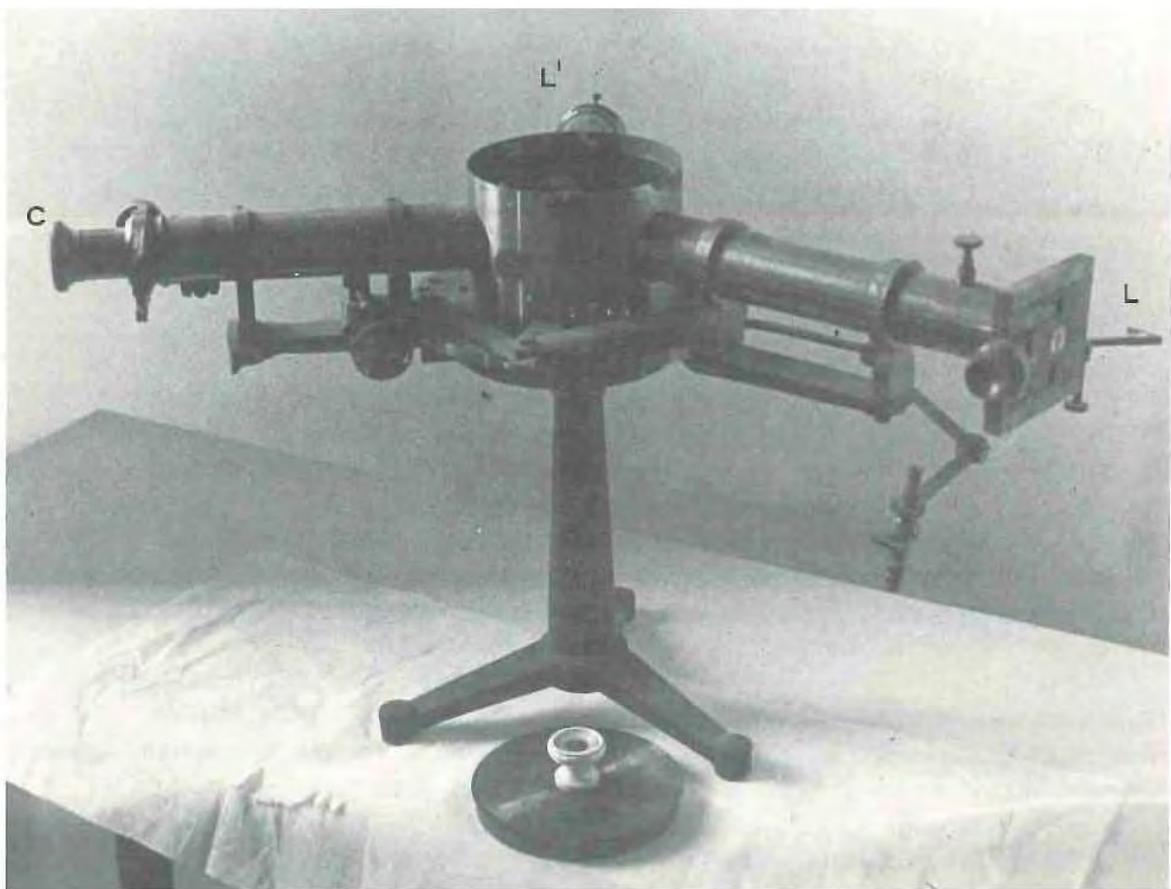
Un corto braccio snodabile fissato al collimatore L reca all'estremità esterna un piccolo sostegno destinato a sorreggere la sorgente luminosa da analizzare e da disporre di fronte alla fenditura.

Il secondo collimatore L' è costituito da un tubo recante all'estremità esterna una lastrina, su cui è riportata una scala graduata, e all'altro estremo un sistema ottico convergente. La lastrina poteva essere illuminata dalla fiamma accesa all'estremità di un tubicino collegabile, mediante un tubo di gomma, alla condotta del gas e disposto all'estremità di un lungo braccio snodabile fissato alla piattaforma.

Il prisma è all'interno di una scatola cilindrica chiusa da un coperchio; i tubi del cannocchiale e dei due collimatori sono innestati direttamente nella parete laterale della scatola. Il prisma è disposto in modo che l'angolo di deviazione per le radiazioni di media lunghezza d'onda (circa 5900 Å) provenienti dal collimatore L sia quello minimo; inoltre la posizione reciproca del collimatore L' e del prisma è tale che l'angolo che i raggi di media lunghezza d'onda uscenti dal prisma formano con la normale alla faccia del prisma rivolta verso il collimatore L' sia eguale all'angolo formato con detta normale dall'asse ottico del collimatore stesso. In tali condizioni, se la lastrina e la fenditura sono illuminate rispettivamente con luce bianca e con la sorgente da analizzare, e il tubo C vien fatto ruotare lentamente intorno all'asse della piattaforma, il cannocchiale può ricevere i raggi uscenti da L', e riflessi dalla faccia del prisma, e, via via, i raggi emergenti dal prisma e corrispondenti alle radiazioni monocromatiche in cui la luce da analizzare è stata decomposta. L'analisi dello spettro discontinuo emesso dalla sorgente luminosa è possibile grazie alla determinazione delle posizioni assunte dalle righe dello spettro rispetto all'immagine della scala graduata. Al fine di migliorare l'approssimazione legata alla determinazione della posizione di ciascuna riga, nel tubo del cannocchiale, perpendicolarmente al suo asse ottico, è incastrato un telaio recante all'interno un micrometro oculare.

Tutto il sistema poggia su di un robusto treppiede in ghisa. Le altre parti sono in ottone. Sull'apparecchio, che ha un'altezza di 37 cm, sono segnati i dati relativi al costruttore: "A. Krüss, Hamburg".

34. Grande spettroscopio di Bunsen-Kirchhoff.



35. Piccolo spettroscopio di Bunsen-Kirchhoff

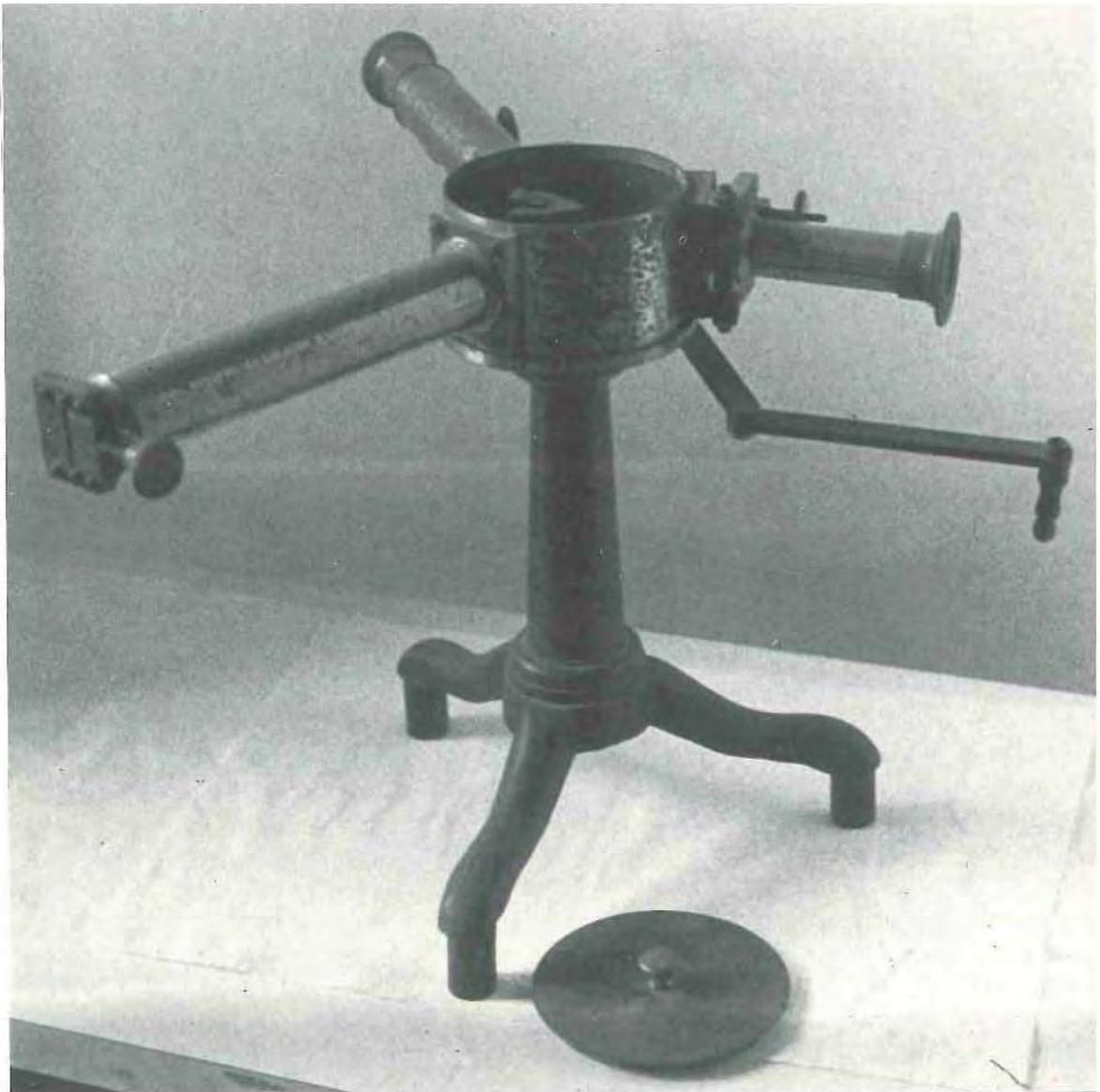
Rispetto allo spettroscopio precedentemente descritto le dimensioni sono alquanto più piccole, ma le caratteristiche, come chiaramente risulta dalla riproduzione fotografica, sono sostanzialmente le stesse.

La differenza più rilevante è costituita dal fatto che il cannocchiale è privo del micrometro oculare.

Una vite collegata al cannocchiale comanda gli spostamenti del tubo portante l'oculare mentre un'altra vite consente di modificare in qualche misura l'orientazione dell'asse del secondo collimatore.

L'apparecchio ha un'altezza di 31 cm. Il treppiede e lo stelo sono in ghisa, le altre parti in ottone. Mancano i dati relativi al costruttore.

35. *Piccolo spettroscopio di Bunsen-Kirchhoff.*



36. Spettroscopio a deviazione costante

Rispetto al tradizionale spettroscopio a prisma lo spettroscopio a deviazione costante è costruttivamente più semplice e consente una messa a punto più rapida. Il cannocchiale è fisso, come il collimatore (che è unico), mentre il prisma, costituito da sostanza altamente dispersiva, è montato, insieme con uno specchio, su di una piattaforma orizzontale girevole. La rotazione è comandata da una vite micrometrica.

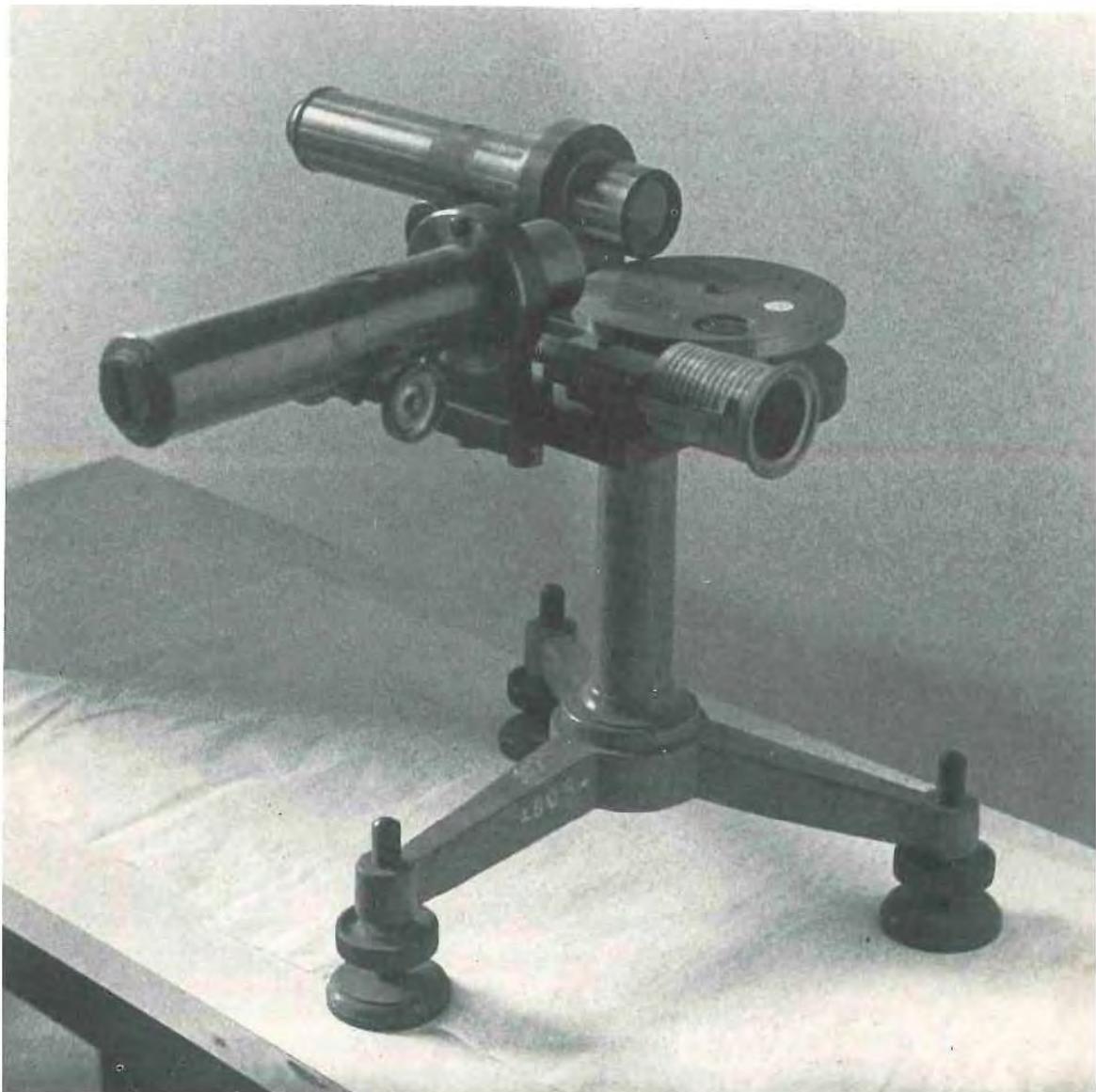
Il fascio di raggi paralleli uscenti dal collimatore viene riflesso dallo specchio e incide quindi sul prisma; da questo emergono tanti fasci di raggi paralleli quante sono le radiazioni monocromatiche componenti la luce che illumina la fenditura del collimatore. Il cannocchiale, potendo raccogliere solo raggi aventi la direzione dell'asse ottico o una direzione poco diversa da quella, consente di osservare di volta in volta una porzione limitata dello spettro di emissione della sorgente.

Se si opera sulla vite micrometrica, la piattaforma ruota e, di conseguenza, si modificano le posizioni dello specchio e del prisma rispetto al collimatore ed al cannocchiale: questo raccoglie successivamente le varie porzioni dello spettro. La testa della vite micrometrica è di un cilindro sulla cui superficie è riportata una scanalatura che vi si avvolge a elica cilindrica di passo costante e lungo il cui bordo è incisa una scala graduata in Å. Al ruotare della vite la scanalatura scorre dinanzi ad una punta che funge da indice; se una riga dello spettro viene centrata rispetto al punto d'incrocio del reticolo oculare, la posizione della punta sulla scala dà il valore corrispondente della lunghezza d'onda.

Nell'esemplare qui presentato mancano purtroppo l'oculare del cannocchiale, lo specchio ed il prisma, andati perduti. La piattaforma è sostenuta da uno stelo poggiante su di un treppiede a viti calanti. Lo stelo e il treppiede sono in metallo verniciato, i tubi, la piattaforma e le viti calanti in ottone, il cilindro scanalato in metallo bianco. Due viti comandano gli spostamenti dei tubi che portano gli obiettivi del collimatore e del cannocchiale.

L'apparecchio ha un'altezza di 34 cm. Su di esso sono segnati i dati relativi al costruttore: "Adam Hilger LTD, London, England".

36. *Spettroscopio a deviazione costante.*



INDICE

INTRODUZIONE

pag. 5

SCHEDE E RIPRODUZIONI

1. Apparecchio di Silbermann per lo studio delle leggi della riflessione.	8
2. Apparecchio di Silbermann per lo studio delle leggi della rifrazione.	10
3. Eliostato di Gambey.	13
4. Eliostato di Silbermann.	16
5. Grande specchio concavo.	18
6. Grande specchio convesso.	20
7. Specchio piano circolare.	22
8. Sistema di sette specchietti.	24
9. Piccolo prisma ad angolo variabile.	26
10. Grande prisma ad angolo variabile.	28
11. Poliprisma a nove prismi.	30
12. Poliprisma a quattro prismi.	32
13. Prisma singolo.	34
14. Doppio prisma.	36
15. Tubo di vetro con funzioni di prisma.	38
16. Lente biconvessa.	40
17. Lente piano-convessa.	42
18. Lente biconcava.	44
19. Lente biconvessa.	46
20. Grande lente biconvessa.	48
21. Lente di Torricelli.	50
22. Grande lente a gradinate.	52
23. Microscopio semplice di Raspail.	54
24. Microscopio composto di Amici.	56
25. Microscopio acromatico di Chevalier.	58
26. Microscopio orizzontale catottrico di Jecker.	60

27. Microscopio composto di Dollond.	62
28. Microscopio binoculare.	64
29. Microscopio solare.	66
30. Microscopio polarizzante di Amici.	68
31. Saccarimetro di Soleil.	70
32. Saccarimetro di Soleil.	72
33. Spettrometro.	75
34. Grande spettroscopio di Bunsen-Kirchhoff.	78
35. Piccolo spettroscopio di Bunsen-Kirchhoff.	80
36. Spettroscopio a deviazione costante.	82

*Finito di stampare
nel luglio millenovecentottantaquattro
presso la L.A.N.s.r.l.
Napoli*



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
FACOLTA' DI SCIENZE M. F. N.

EZIO RAGOZZINO

EDVIGE SCETTINO

LA COLLEZIONE DEGLI ANTICHI APPARECCHI DELL'ISTITUTO DI FISICA
ELETTRICITA' E MAGNETISMO
(1835 - 1900)

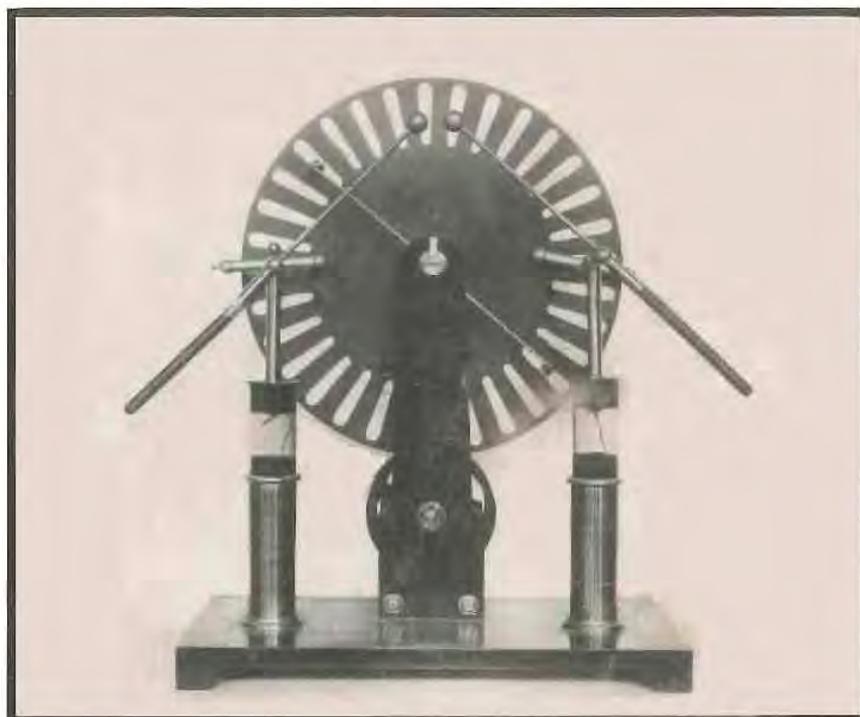


Foto di GUIDO GIANNINI

In copertina: *Macchina elettrostatica di Wimshurst*

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
FACOLTA' DI SCIENZE M.F.N.

EZIO RAGOZZINO

EDVIGE SCHETTINO

LA COLLEZIONE DEGLI ANTICHI APPARECCHI DELL'ISTITUTO DI FISICA
ELETTRICITA' E MAGNETISMO
(1835 - 1900)



NAPOLI 1985

La realizzazione di questa pubblicazione è stata possibile grazie ad un finanziamento finalizzato dell'Università degli Studi di Napoli voluto dal Rettore e dal Consiglio di Amministrazione.

Proseguendo nel nostro lavoro di catalogazione dell'antica strumentazione dell'Istituto di Fisica dell'Università di Napoli, diamo alle stampe il terzo volume, dedicato all'elettricità e al magnetismo. Il gran numero di apparecchi elettromagnetici facenti parte della Collezione ci ha indotti ad inserire in questo catalogo solo una parte di essi, scelti in prevalenza fra gli strumenti elettrostatici ed i reometri. Gli altri verranno presentati in un catalogo successivo.

Gli apparecchi facenti parte di questa raccolta sono ragionevolmente da attribuire al periodo che va dal 1835 al 1900. Quelli più antichi provengono dalla Scuola di Fisica della Reale Università, successivamente entrati a far parte, dopo la caduta della Monarchia Borbonica, del Gabinetto di Fisica, costituito nel 1861. Appartengono sicuramente a questo primo nucleo le due bussole marine (schede n° 37 e n° 38), un galvanometro astatico (scheda n° 21) e l'elettroscopio condensatore (scheda n° 4).

Fino al 1840 la strumentazione della Scuola di Fisica fu di scarsa rilevanza, in relazione al fatto che le ricerche svolte nell'ateneo napoletano erano piuttosto marginali e fuori dal dibattito che gli scienziati più rappresentativi dell'epoca conducevano. Con la venuta a Napoli, nel 1839, di Macedonio Melloni (1798 - 1854) e con la sua nomina a Direttore del costituendo Osservatorio Vesuviano, la Scuola di Fisica si arricchì di sofisticati strumenti, alcuni dei quali servirono a Melloni stesso per le sue importanti ricerche sul calore raggiate. Altri apparecchi furono assegnati all'Osservatorio.

Molti degli apparecchi acquisiti dalla Scuola per merito di Melloni sono andati perduti. Fra quelli superstiti abbiamo incluso nella presente raccolta un ingegnoso elettroscopio ideato dallo stesso scienziato (scheda n° 7); le caratteristiche dello strumento, assai diverse da quelle degli elettroscopi tradizionali, furono descritte

dall'autore in una memoria che egli aveva in animo di presentare all'Accademia delle Scienze di Napoli e che, per la morte improvvisa di Melloni, avvenuta qualche giorno prima dell'adunanza, fu letta da Antonio Nobile (1794 - 1861), illustre astronomo dell'Osservatorio di Capodimonte. Ribadendo quanto abbiamo scritto nell'introduzione al primo volume ("strumenti ottici"), gli altri apparecchi ideati o, comunque, utilizzati da Melloni verranno inseriti in un catalogo a parte, interamente dedicato a questo scienziato.

Dopo il conferimento, nel 1878, della Cattedra di Fisica a Gilberto Govi (1826 - 1888), il Gabinetto di Fisica si arricchì di molti strumenti, alcuni dei quali fanno parte della presente raccolta. Sono certamente fra questi uno degli elettroscopi di Bohnenberger (scheda n° 5), la pila a secco di Zamboni (scheda n° 13) e l'uovo elettrico di De La Rive (scheda n° 12). Gli altri apparecchi facenti parte della raccolta, prevalentemente galvanometri, furono acquisiti dopo la nomina di Emilio Villari (1836 - 1904) a Direttore del Gabinetto di Fisica.

Anche di questa terza raccolta fanno parte strumenti di misura ed apparecchi dimostrativi. Nel presentarli abbiamo seguito gli stessi criteri adottati per gli strumenti inseriti nei primi due cataloghi, cosicché ogni apparecchio è corredato di una scheda illustrativa e di una riproduzione fotografica. Accanto a notizie sul costruttore, quando questi sia noto, e sull'ideatore dello strumento, la scheda contiene una dettagliata descrizione dell'apparecchio e istruzioni sul modo di condurre l'esperienza o di realizzare la misurazione.

Per alcuni strumenti s'ignorano il nome del costruttore, la data di costruzione e la data di acquisizione da parte del Gabinetto di Fisica. Pertanto la scelta di inserirli in questo catalogo è suggerita da un confronto con apparecchi di caratteristiche costruttive analoghe e di sicura datazione.

Gli strumenti facenti parte della presente raccolta sono, nella storia dell'elettromagnetismo nel secolo scorso, fra i più rappresentativi. Di particolare rilevanza, per varietà, interesse storico e stato di conservazione, sono i misuratori di corrente attraverso i quali è possibile ricostruire, quasi per intero, la storia della reometria dalle origini sino al 1880 circa. In relazione a ciò, non ci sembra qui inopportuno ricordare, sia pure in sintesi, le tappe principali della reometria dalle origini al 1837, anno in cui Pouillet realizzò la bussola delle tangenti.

I primi rudimentali strumenti costruiti subito dopo che, nel 1820, Oersted ebbe scoperto gli effetti magnetici di una corrente, erano costituiti da un magnete girevole su di un perno e posto all'interno di una bobina. Questi apparecchi, che ebbero nomi diversi dai loro inventori (Schweigger lo chiamò "moltiplicatore", Poggendorff "condensatore", ecc.), erano nulla più che dei "rivelatori di corrente". Un primo passo avanti in fatto di sensibilità fu compiuto, intorno al 1822, allorché, da parte di Oersted, Avogadro ed altri, si costruirono strumenti nei quali l'ago era sospeso a un filo sottile. I primi galvanometri astatici di Nobili, il quale aveva fatto sua l'idea di Ampère del "sistema astatico", costituirono un grande progresso sia perché consentirono di rivelare correnti molto deboli sia perché, per la prima volta, si poteva eseguire una misurazione, sia pure convenzionale, dell'intensità di corrente grazie alla lettura su di una scala. Questi strumenti, costruiti a partire dal 1825, permettevano però solo di eseguire misurazioni relative, cioè comparazioni fra correnti diverse; non consentivano ancora di tradurre in forma "universalmente" quantitativa il concetto di corrente, dal momento che il valore letto, per una stessa corrente, dipendeva dalle caratteristiche costruttive dello strumento adoperato. Solo con la realizzazione della bussola delle tangenti fu possibile per la prima volta eseguire misurazioni assolute.

SCHEDE E RIPRODUZIONI

1. Bilancia di torsione di Coulomb.

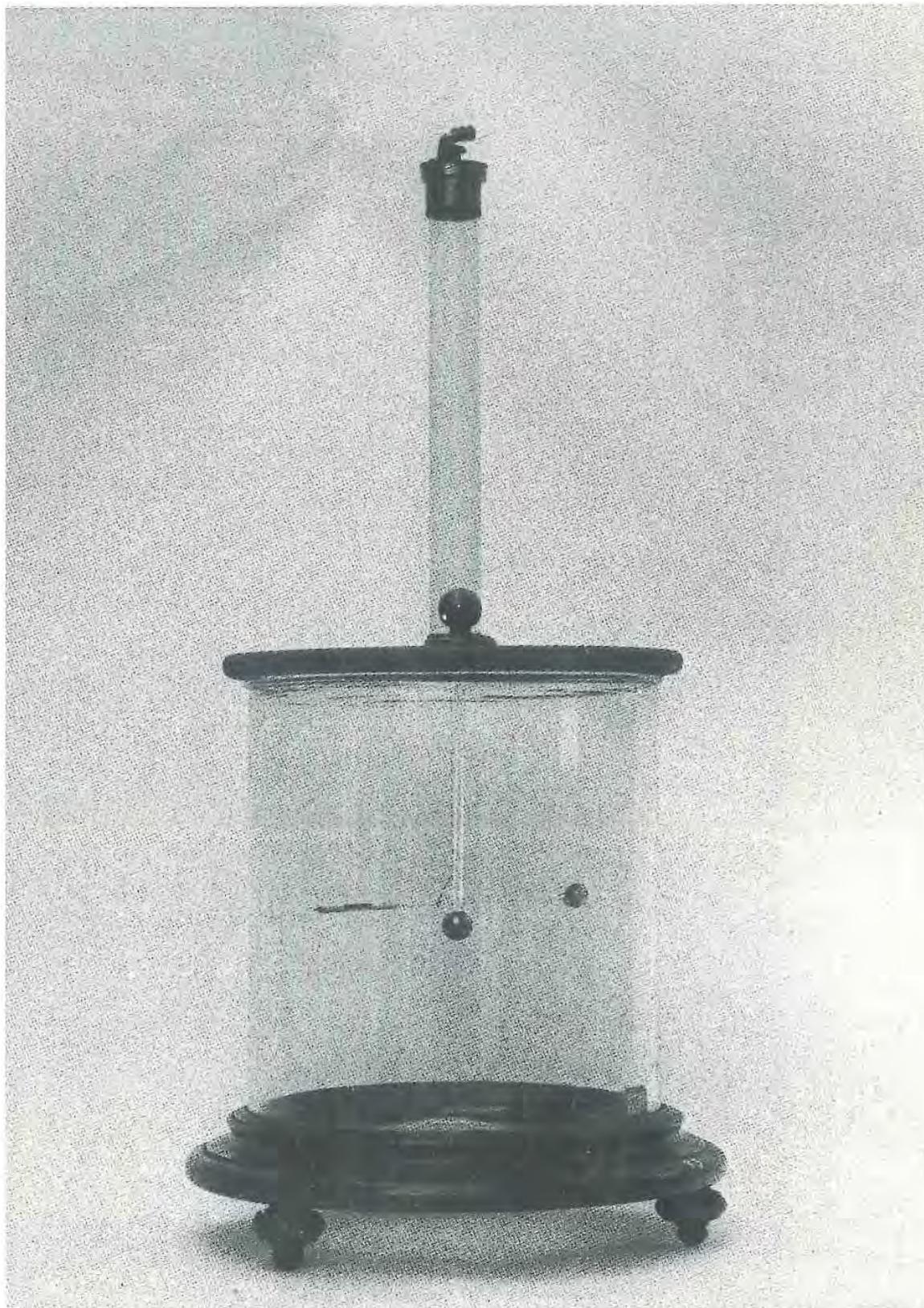
È una bilancia di torsione a sospensione monofilare, costituita da un'asticella orizzontale, di materiale isolante, sospesa per il suo punto di mezzo a un filo molto sottile e terminante alle due estremità con una sferetta metallica ed un contrappeso a forma di piastrina; quest'ultimo ha la duplice funzione di riportare il baricentro del sistema sul filo e di contribuire efficacemente allo smorzamento delle oscillazioni. Il sistema sospeso è collocato all'interno di una custodia di vetro che termina superiormente con un tubo verticale attraverso il quale passa il filo, serrato in alto da un morsetto.

Con questo strumento si misura l'intensità della forza d'interazione fra la carica distribuita su di una pallina metallica fissata, mediante una barretta verticale di materiale isolante, al coperchio della custodia, e la carica portata dalla sferetta disposta ad una delle estremità dell'asticella sospesa. L'interazione fra le cariche determina una rotazione del sistema sospeso e, di conseguenza, una torsione del filo; l'equilibrio fra il momento dovuto alla reazione elastica del filo ed il momento della forza applicata alla sferetta mobile caratterizza la nuova posizione di riposo del sistema. Note le caratteristiche strutturali del filo e la lunghezza dell'asticella orizzontale, la misurazione dell'angolo di torsione, eseguita per esempio con il metodo ottico, consente di risalire all'intensità della forza d'interazione.¹

Lo stato di conservazione dell'esemplare qui presentato è buono. La custodia di vetro è chiusa da un coperchio di legno in cui si innesta un tubo verticale di vetro attraversato dal filo di torsione e chiuso in alto da un manicotto di ottone. Essa è poi sorretta da una base di legno poggiante su tre piedini, anch'essi di legno. Lo strumento, di cui si ignora il costruttore, ha un'altezza di 75 cm.

¹ Ricordiamo che la legge sull'interazione fra cariche elettriche in quiete fu dedotta sperimentalmente da Coulomb nel 1785 come risultato di determinazioni sistematiche eseguite con una bilancia di torsione.

1. *Bilancia di torsione di Coulomb.*



2. Elettroforo di Volta.

Ideato e realizzato da Alessandro Volta nel 1775, l'elettroforo può considerarsi come il tipo più semplice di macchina elettrostatica a induzione. Esso è costituito da un piatto di sostanza resinosa, detto "schiacciata", e da un disco metallico munito di manico isolante.

Elettrizzata la resina per strofinio, vi si adagia il disco metallico che si carica per induzione.² Se poi, toccandola per esempio con un dito, si pone a terra per un istante la superficie superiore del disco e si allontana questo dalla schiacciata, il metallo risulterà carico di elettricità di segno opposto a quello della sostanza resinosa. La carica elettrica così acquisita dal disco può essere utilizzata per vari esperimenti.³

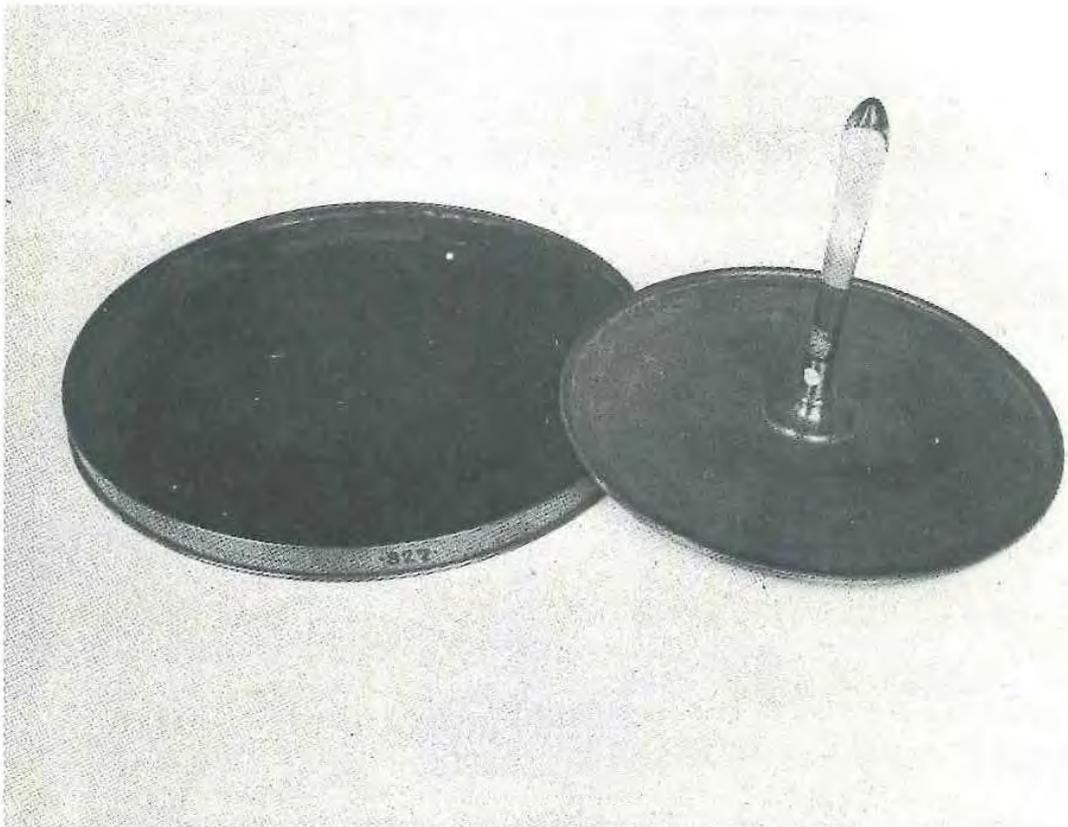
Nell'esemplare qui presentato, che è pressoché integro, la schiacciata ha un diametro di 40 cm ed è fissata ad un supporto di ottone; il disco, di ottone, ha un diametro di 34 cm.

Non si conosce il nome del costruttore.

² La superficie superiore della schiacciata e quella inferiore del disco metallico non sono a effettivo contatto che in pochi punti mentre per la parte rimanente sono affacciati ad una distanza piccola nella scala macroscopica ma grande nella scala atomica.

³ Per esempio, se si scarica il disco in un pozzo di Faraday, che ne acquista la carica, e si ripete numerose volte l'operazione, si può ottenere un forte innalzamento del potenziale elettrostatico del pozzo.

2. *Elettroforo di Volta.*



3. Gabbia di Faraday.

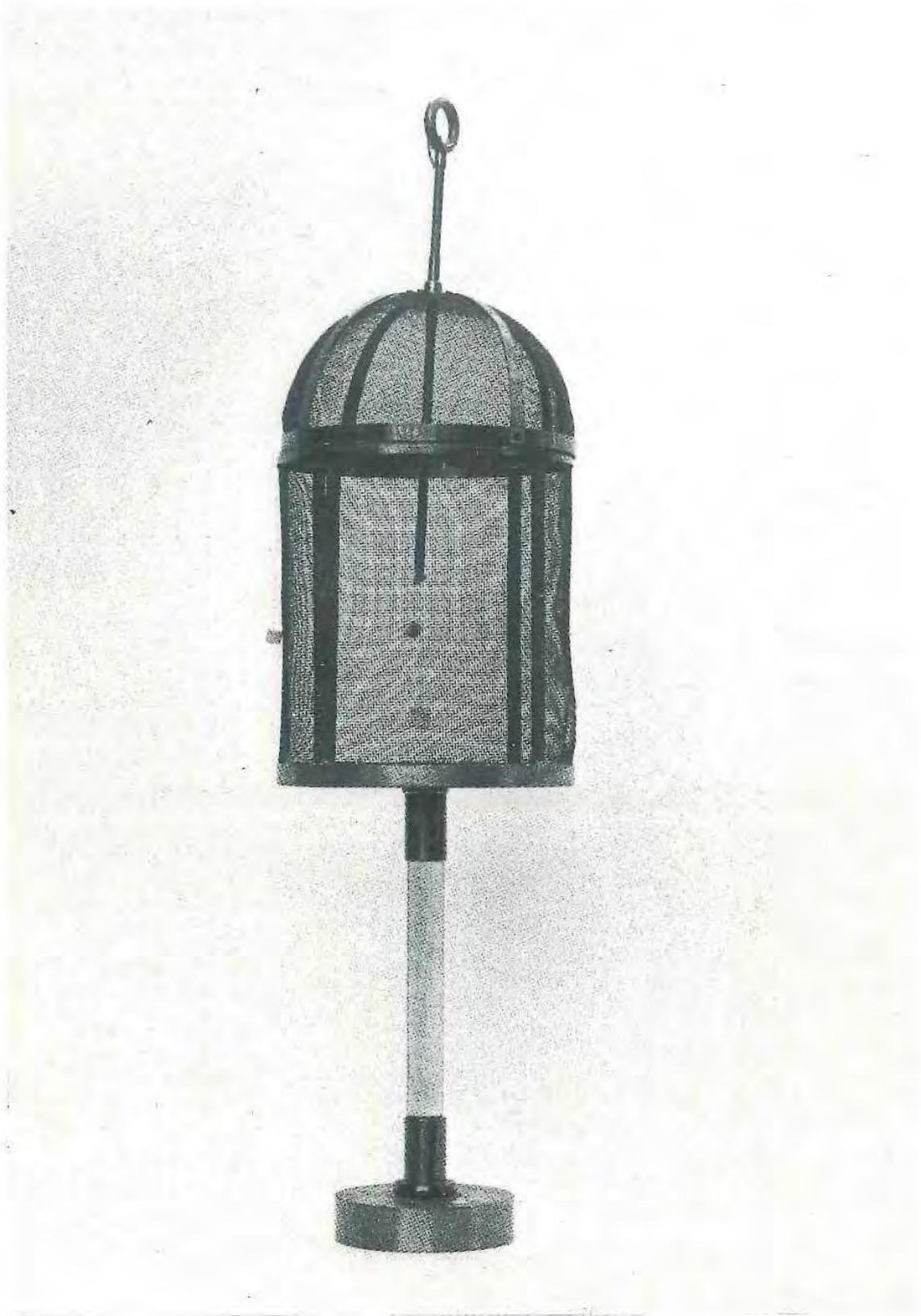
Uno "schermo elettrostatico" può essere realizzato mediante una rete metallica, a maglie molto fitte, chiusa a formare una sorta di gabbia. All'interno di questa corpi conduttori non risentono di azioni elettriche da parte di conduttori esterni. Similmente, la gabbia può essere caricata con una macchina elettrostatica, o con altro mezzo, senza che un elettroscopio all'interno risenta influenza alcuna. Una spettacolare verifica fu effettuata da Faraday che si collocò egli stesso all'interno di una gabbia con gli strumenti, facendone trarre delle scintille dall'esterno.

L'esemplare qui presentato è pressoché integro ed è costituito da un cilindro su cui si adagia una calotta emisferica attraversata da un'asta di ottone terminante superiormente con un anello. Una serie di pendolini elettrici, formati da palline di midollo di sambuco sospese a fili di seta applicati alla superficie esterna della gabbia, consentono di verificare lo stato di elettrizzazione della rete. Altri pendolini sono applicati all'asta di ottone, all'interno della rete. Se si elettrizza la gabbia, si vede che solo i pendolini esterni divergono.

Al fine di assicurare alla gabbia una sufficiente rigidità, a comporre l'involucro concorrono ritagli di rete opportunamente sagomati e tenuti insieme da lamine di ottone.

La gabbia poggia su di un ripiano circolare di ottone sostenuto da un lungo stelo, in parte di vetro, che a sua volta poggia su di una base cilindrica di ottone. L'altezza dell'intero apparecchio è di 80 cm. Non si conosce il nome del costruttore.

3. *Gabbia di Faraday.*



4. Elettroscopio condensatore.

L'elettroscopio, lo strumento più semplice per la rivelazione e il confronto di cariche elettriche, è, nella sua struttura tradizionale, costituito da una coppia di sottilissime foglioline d'oro o di alluminio, sospese ad un'asta metallica all'interno di un'ampolla di vetro o, meglio, di un involucro metallico con finestra di vetro. L'asta, che termina in alto con una sferetta di ottone, penetra nell'involucro attraverso un tappo di buon isolante, come ambra o ebanite. Il contatto della sferetta con un corpo elettrizzato causa una divergenza delle foglioline che permane per un tempo più o meno lungo a seconda della qualità dell'isolamento.

Il contatto con un corpo debolmente elettrizzato può non produrre una deviazione apprezzabile delle foglioline. Per rendere più sensibile lo strumento, Volta ebbe l'idea di sostituire la sferetta con un disco di rame e di poggiare su di esso un altro disco, dello stesso metallo, ricoperto inferiormente di un sottilissimo strato di vernice isolante. Con tale disposizione il contatto fra il piatto inferiore e un corpo debolmente elettrizzato egualmente non produce deviazione apprezzabile, ma se, toccandolo con un dito, si pone a terra il piatto superiore e quindi lo si allontana con traslazione verticale, l'elettroscopio si carica.⁴

Lo stesso artificio può essere usato per mettere in evidenza la piccola differenza di potenziale legata all'effetto Volta. Generalmente sul disco inferiore, di rame, si poggia un disco di zinco che costituisce con esso un condensatore caricato alla differenza di potenziale di equilibrio fra i due metalli.⁵ Allontanato il disco superiore, le foglioline divergono.

Nell'esemplare qui presentato la piccola e robusta ampolla di vetro ha al suo interno una scala di avorio per la misura della divergenza delle foglioline. L'ampolla poggia su di una colonnina di legno, elegantemente sagomata, che termina con una scatola parallelepipedica munita di cassetto. L'armatura superiore è costituita da un disco di zinco sul quale si può avvitare un manico di vetro. È molto probabile che originariamente l'apparecchio avesse in dotazione anche un disco di rame sostituibile a quello di zinco.

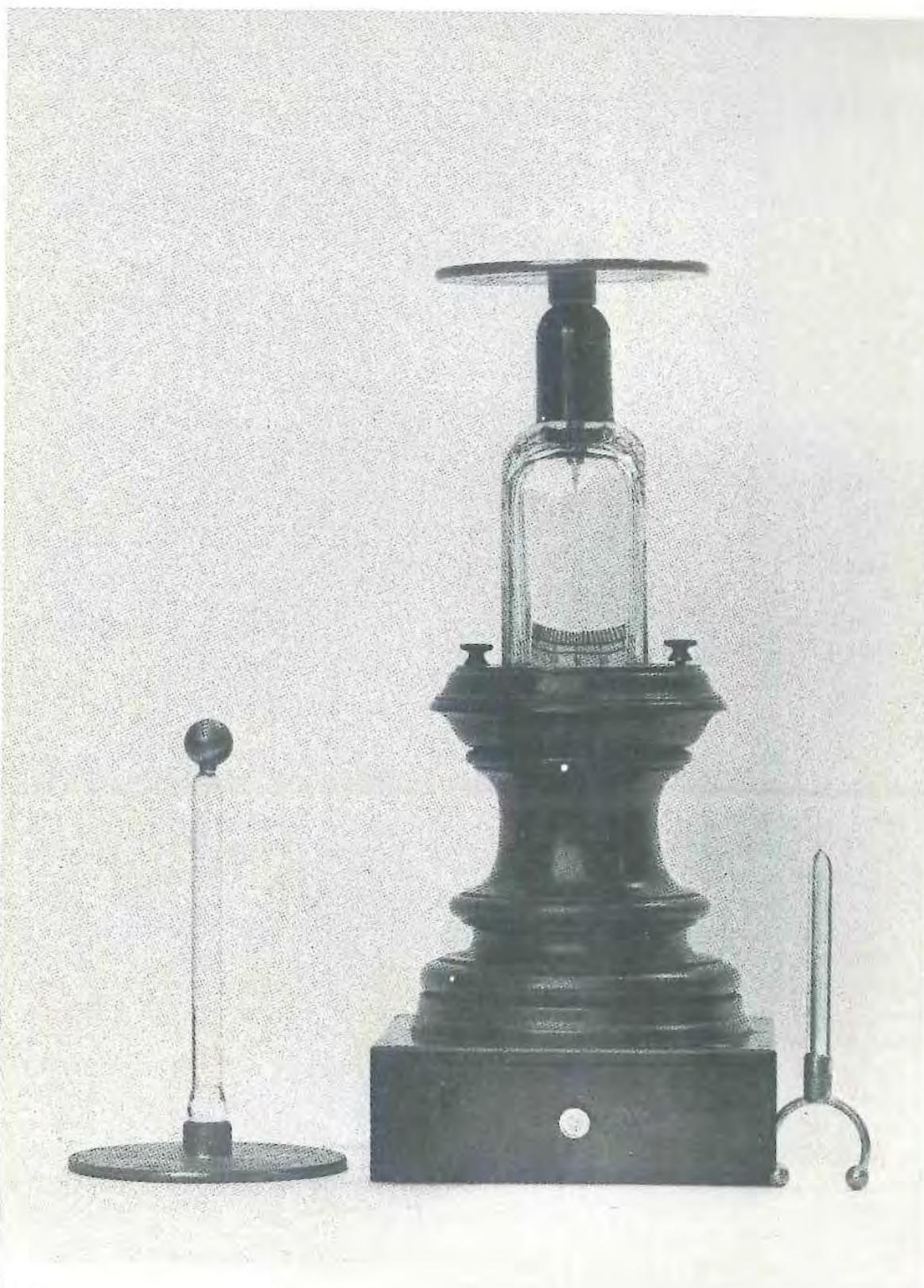
A parte la perdita delle foglioline, che peraltro potrebbero essere ripristinate, l'apparecchio è integro. Il disco di zinco, il manico isolante ed un archetto, destinato a cortocircuitare le due armature, possono essere riposti nel cassetto. I dischi hanno un diametro di 10 cm.

L'apparecchio ha un'altezza di 33 cm. Non si conosce il nome del costruttore.

⁴ Il fenomeno si comprende bene se si considera che l'insieme dei due dischi poggiati l'uno sull'altro e separati da un sottilissimo strato di dielettrico, costituisce un condensatore di elevata capacità, con il campo elettrico sostanzialmente ristretto allo spazio fra le due armature. Questa situazione vien meno quando si allontana il disco superiore: la carica elettrica accumulata sulle armature si trasferisce, in misura sensibile, anche sulle foglioline dell'elettroscopio.

⁵ Il disco di zinco poggiato sul disco di rame forma con esso ancora un condensatore in quanto che le superfici dei due dischi non sono a effettivo contatto che in pochi punti. Si può quindi ripetere ciò che è stato detto nella nota 2.

4. *Elettroscopio condensatore.*



5. Elettroscopio di Bohnenberger.

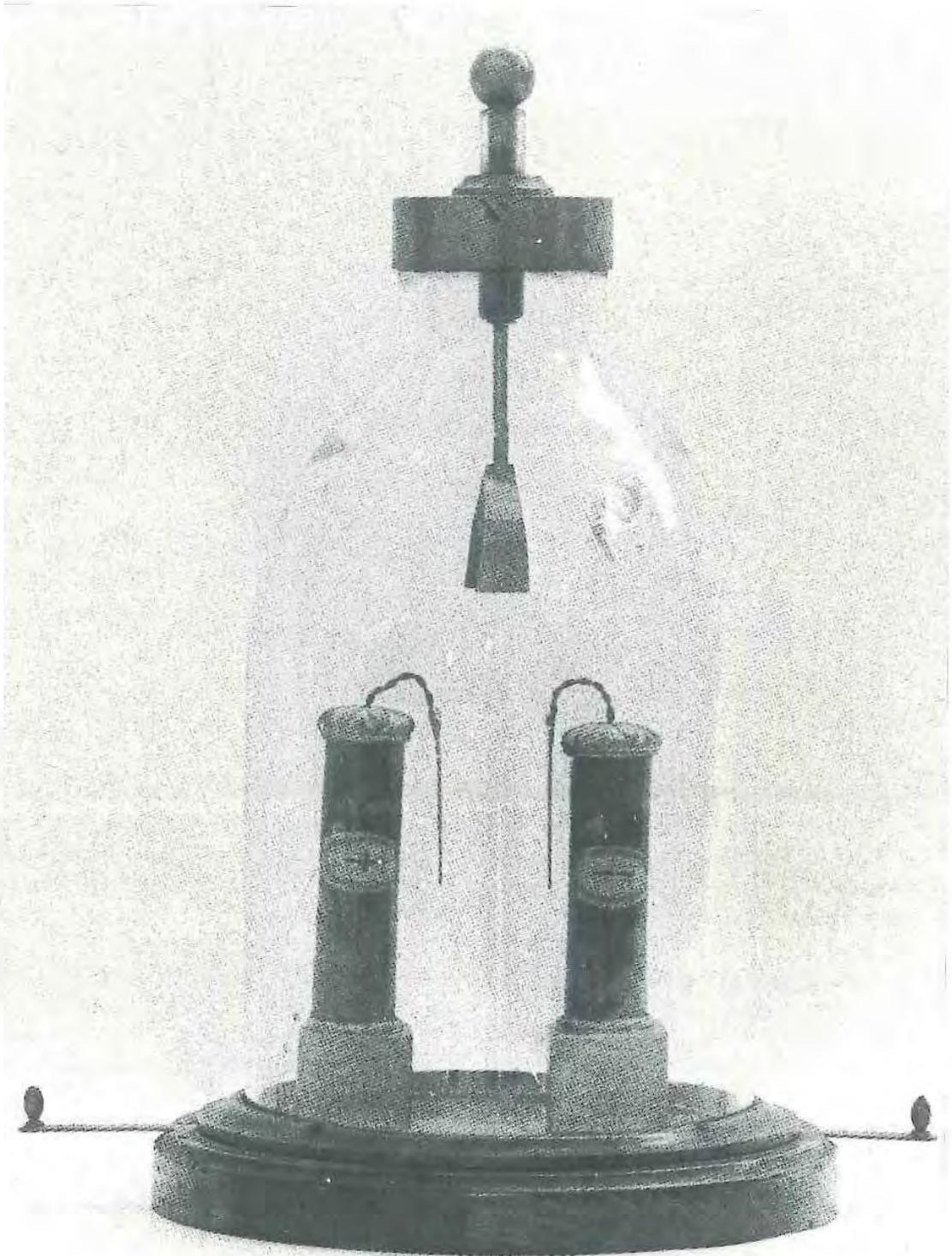
L'apparecchio, fondato su di un principio diverso da quello del tradizionale elettroscopio con foglioline, fu proposto dal fisico tedesco von Bohnenberger (1765 - 1831).

Un'asta verticale di ottone, che attraversa il collo di una campana di vetro, termina superiormente con una sferetta di ottone e, in basso, con una sottile fogliolina d'oro. Ai lati di questa sono collocate due pile a secco cilindriche, disposte con l'asse verticale; i poli superiori, eteronimi, sono collegati, mediante asticine ricurve, con due piastrine metalliche poste in piani verticali, l'una di fronte all'altra. La fogliolina è così immersa nel campo elettrico fra le piastrine ed è in equilibrio se è equidistante da esse e priva di carica; se invece è elettrizzata, essa piega, in misura più o meno grande, verso uno degli elettrodi.

L'esemplare che qui presentiamo è privo della fogliolina che è andata perduta e che originariamente era tenuta serrata fra due lamine di ottone collegate con l'estremità inferiore dell'asta verticale. Le pile sono sostenute da blocchetti di ottone scorrevoli sul piano di appoggio e connessi con due asticine che, mediante piccoli pomelli, possono essere spinte verso l'interno o verso l'esterno; la distanza fra le piastrine può così essere modificata. Alla base di legno, opportunamente sagomata, si adatta bene il bordo della campana di vetro.

Lo strumento, il cui stato di conservazione è complessivamente buono, è alto 33 cm. Non si conosce il nome del costruttore.

5. *Elettroscopio di Bobnenberger.*



6. Elettroscopio di Bohnenberger.

Dall'esemplare precedentemente descritto quello qui presentato differisce soprattutto per la forma della custodia, costituita da una scatola parallelepipedica sormontata da una calotta metallica. Questa ha in alto un anello isolante attraverso il quale passa l'asta verticale di ottone. La parete anteriore della custodia è formata da una lastra di vetro trasparente, quella posteriore da una lastra di vetro smerigliato; le pareti laterali sono di ebanite. Dello stesso materiale è la piastra parallelepipedica che sorregge l'intero sistema e che, a sua volta, poggia su tre piedi di ottone a viti calanti.

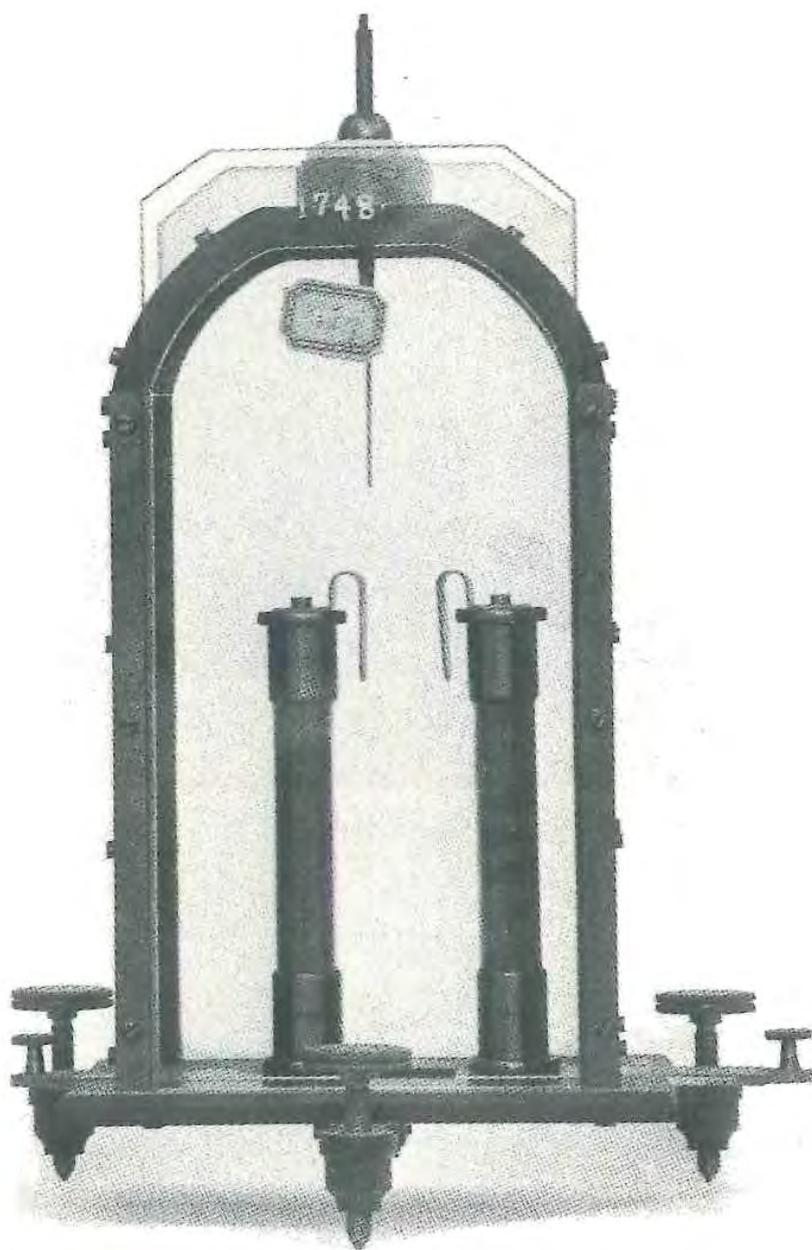
Le lastre di vetro possono scorrere lungo guide verticali. I dischetti delle pile, del tipo Zamboni,⁶ sono ben visibili attraverso gli involucri cilindrici di vetro. Questi sono chiusi in alto da cappucci di ottone dai quali si dipartono due lamine ricurve, anch'esse di ottone, che fungono da elettrodi. Come nell'esemplare già descritto, è possibile, spingendo due asticine, modificare la distanza fra gli elettrodi stessi.

La fogliolina e il pomello sferico dell'asta verticale sono andati perduti; ciò nonostante, lo stato di conservazione dello strumento può ritenersi complessivamente buono.

L'apparecchio ha un'altezza di 37 cm. Mancano i dati relativi al costruttore.

⁶ Per le notizie sulle caratteristiche strutturali delle pile Zamboni si veda la scheda corrispondente.

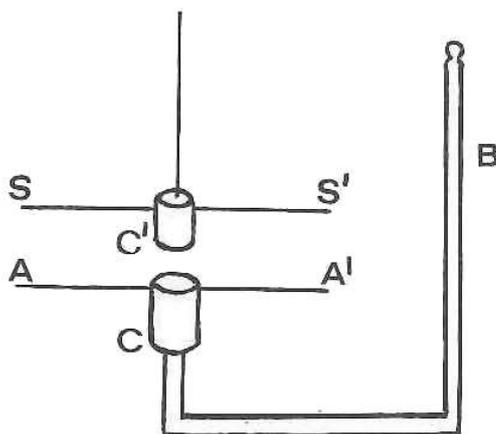
6. *Elettroscopio di Bohnenberger.*



7. Elettroscopio di Melloni.

Un altro elettroscopio fondato su di un principio diverso da quello del tradizionale elettroscopio con foglioline, è questo, ideato da Macedonio Melloni.⁷ Le sue qualità migliori sono l'elevata sensibilità e la capacità di mantenere a lungo la carica elettrica.

È costituito da un conduttore metallico fisso, formato da due sottili asticelle orizzontali, A, A', saldate, in punti diametralmente opposti, a un cilindro cavo C, a sua volta collegato con una barretta verticale B (vedi figura). Un secondo cilindro C', di diametro un po' più piccolo, è munito anch'esso di due appendici orizzontali, S, S', e può essere immerso in C in modo che i due cilindri risultino coassiali; essendo sospeso a un lungo e sottile filo di seta, C' può così ruotare liberamente intorno al suo asse senza venire mai a contatto con il cilindro esterno.



Il sistema formato dai cilindri e dalle due coppie di appendici è all'interno di una custodia metallica cilindrica, di diametro appena più grande della lunghezza complessiva delle asticelle. La custodia è chiusa da una lastra di vetro in cui si innesta un tubo verticale attraversato dal filo di torsione e chiuso in alto da un cappuccio. Un dispositivo alla sommità di questo consente al sistema sospeso di compiere due movimenti: uno, di semplice traslazione verticale, permette al cilindro interno di immergersi quasi

per intero in quello esterno; l'altro, di rotazione, fa sì che, all'inizio di ogni esperienza, le due coppie di appendici non siano disposte nello stesso piano verticale ma formino un piccolo angolo fra di loro.

Le asticelle saldate al cilindro esterno fungono da indici fissi, le altre da indici mobili; queste si muovono in un piano parallelo a quello di un cerchio orizzontale graduato, il quale presenta al centro un foro in corrispondenza del cilindro esterno. La scala è divisa in due parti eguali, ciascuna con graduazione da 0 a 180.

Se si tocca la sferetta posta all'estremità superiore della barretta B con un conduttore carico, il conduttore fisso si elettrizza per contatto e quello mobile per induzione; l'interazione di tipo repulsivo che si determina di conseguenza fra le due coppie di asticelle conduce l'equipaggio mobile in una nuova posizione di equilibrio.

I conduttori possono conservare la loro carica tanto più a lungo quanto più basso è il grado igrometrico dell'aria. Al fine di mantenere molto secca l'aria all'interno della custodia si fa uso di una sostanza igroscopica, per esempio cloruro di calcio. Per lo stesso motivo tra la lastra di vetro che chiude la scatola e la fascia metallica che le fa da cornice si interpone una guarnizione che impedisce, in pratica, l'ingresso di aria nella custodia.

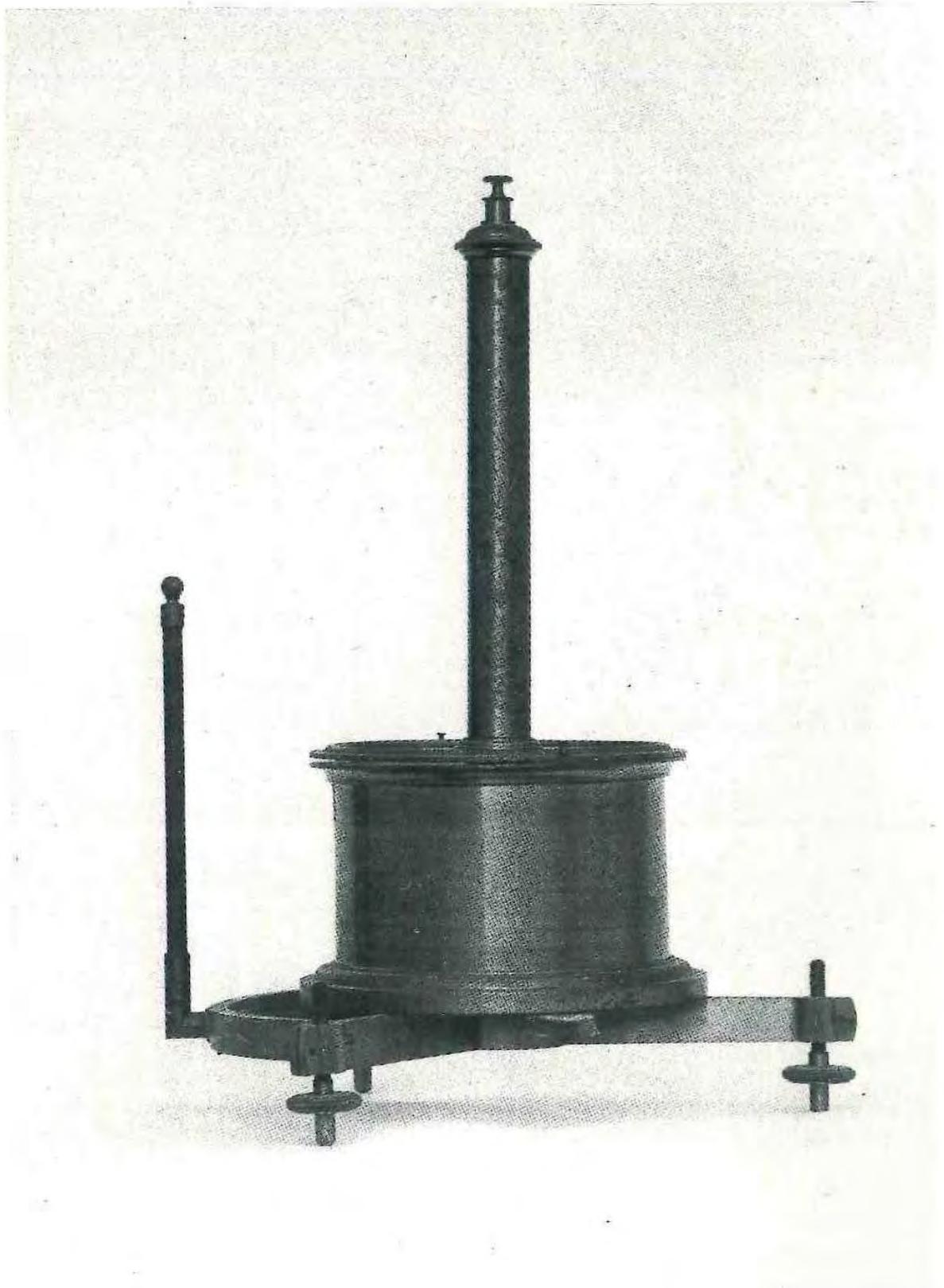
L'apparecchio poggia su di un treppiede a viti calanti; operando su queste, si può realizzare la condizione per cui i due cilindri sono coassiali.

Lo strumento, che è in buone condizioni, è alto 39 cm. Se si fa astrazione dalla lastra di vetro l'apparecchio è interamente in ottone. Sul quadrante è incisa la seguente iscrizione: "Ultima scoperta del Cavalier Melloni - Saverio Gargiulo, Napoli 1855".⁸

⁷ Per notizie su Macedonio Melloni si legga quanto si è scritto nell'introduzione al primo volume ("Strumenti ottici") e nell'introduzione alla presente raccolta.

⁸ Di questo costruttore non si sa quasi nulla. Apparteneva verosimilmente a quella schiera di costruttori italiani che si limitavano spesso a riprodurre i modelli provenienti dall'estero. Sulle sue capacità di costruttore non v'è però da dubitare (e lo strumento qui presentato del resto lo dimostra), se è vero che apparecchi da lui firmati figurano in cataloghi di collezioni italiane e straniere.

7. *Elettroscopio di Melloni.*



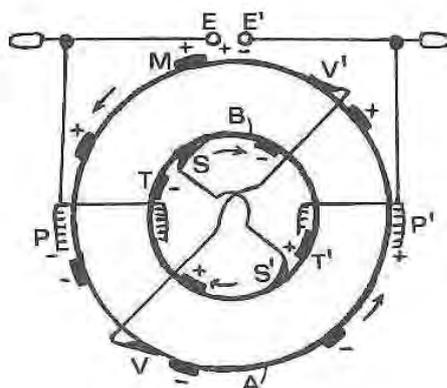
8. Macchina elettrostatica di Wimshurt.

Le macchine elettrostatiche, come è noto, sono particolari generatori elettrici in grado di operare una progressiva separazione di cariche elettriche e di creare di conseguenza una elevata tensione elettrostatica fra due elettrodi.

La prima macchina elettrostatica di cui si abbia notizia è dovuta al tedesco Otto von Guericke, quello stesso che costruì la prima macchina pneumatica. Essa consisteva in una sfera di zolfo che con una mano si faceva ruotare intorno ad un asse mentre l'altra mano, appoggiata alla sfera, ne determinava l'elettrizzazione per strofinio. Alla sfera di zolfo fu sostituito successivamente un cilindro di resina e poi, da parte di Hawksbee, un cilindro di vetro, ma lo strofinio veniva sempre realizzato con la mano. Intorno al 1740 Winkler, per produrre lo strofinio, fece per primo uso di un cuscino di crini ricoperto di seta. Si giunse così al 1776 quando Ramsden, a Londra, sostituì al cilindro un disco di vetro sottoposto a strofinio da alcuni cuscinetti di cuoio o di seta. Alla macchina di Ramsden seguirono altre macchine a strofinio che però non si dimostrarono altrettanto efficienti e caddero presto in disuso.

L'invenzione, da parte di Volta, dell'elettroforo fu il primo passo verso la realizzazione delle macchine elettrostatiche a induzione. Perché in queste si determinasse una progressiva separazione di cariche, occorre un "innesco", costituito da una piccola carica iniziale prodotta per strofinio. I dispositivi a induzione di maggior successo furono i duplicatori di Thomson e di Belli e le macchine di Voss, Holtz e Wimshurt.

La macchina ideata dall'ingegnere inglese James Wimshurt (1832 - 1903) è l'ultima, in ordine di tempo, delle macchine elettrostatiche a induzione e quella in grado di produrre la differenza di potenziale di valore più elevato. È costituita da due dischi di ebanite eguali, disposti a breve distanza in piani verticali e recanti lungo il bordo un gran numero di striscioline di stagnola ("settori"). I dischi vengono fatti ruotare in senso opposto intorno all'asse orizzontale comune. Due coppie di pettini metallici abbracciano i dischi agli estremi di un diametro orizzontale mentre due coppie di spazzole fisse sfregano rispettivamente sui settori di un disco e dell'altro.

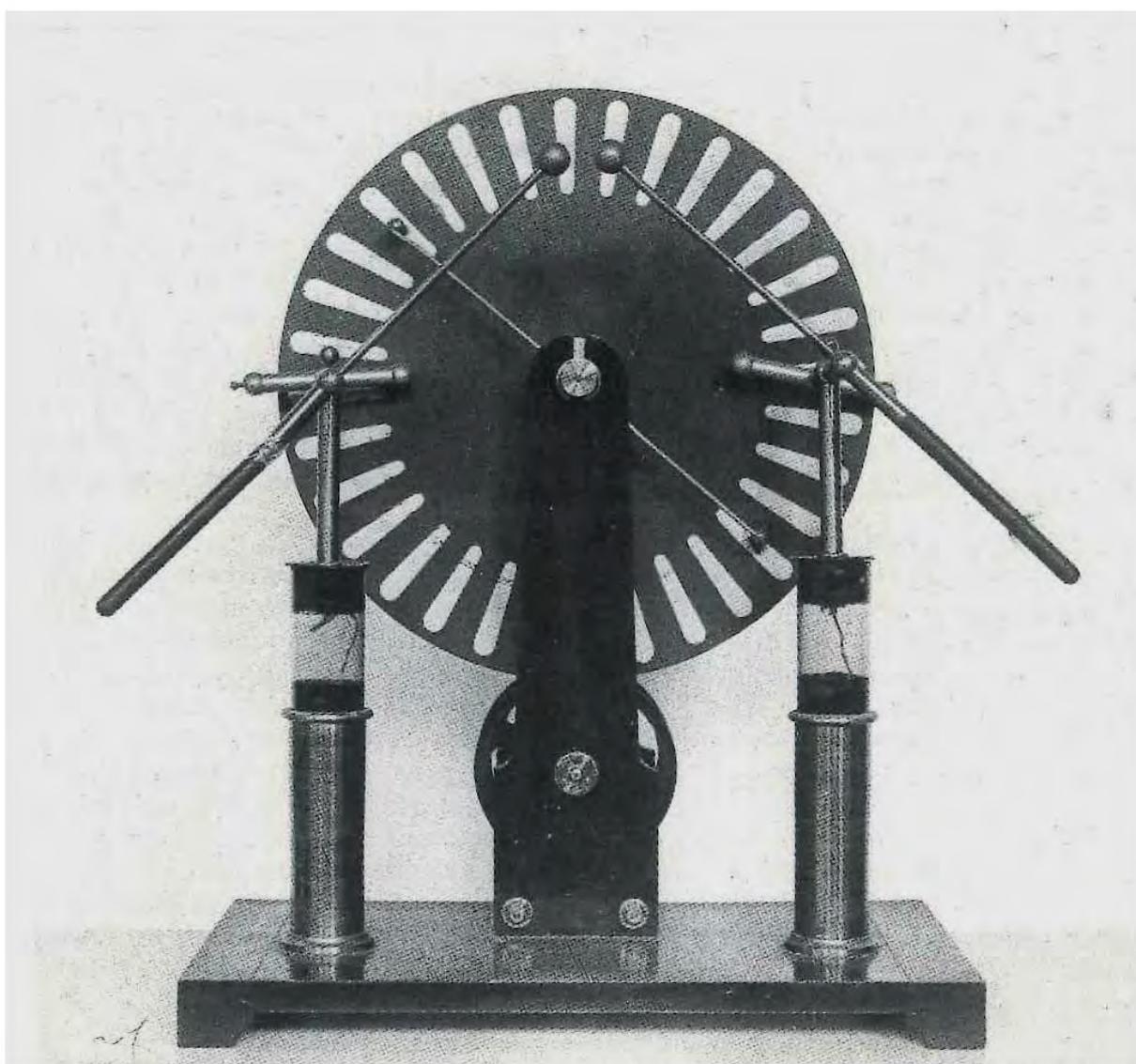


In figura è mostrato uno schema della macchina nel quale, per chiarezza, i due dischi sono rappresentati da due cerchi, A e B, di diametro diverso. P, P' sono i pettini; S, S' e V, V' le spazzole. I settori, elettricamente neutri quando i dischi sono fermi, si elettrizzano per strofinio appena inizia il movimento. Consideriamo il settore M avente una debole carica positiva iniziale: quando esso giunge di fronte al settore T, questo si carica negativamente per induzione e una carica positiva equivalente giunge, attraverso le spazzole S ed S', al settore T'. Nel frattempo il settore T, giungendo di fronte a V', lo carica positivamente per induzione mentre una carica negativa equivalente passa a V. Se si ripetono le stesse considerazioni per tutti i settori, si comprende che il processo di elettrizzazione si esalta via via. Ma durante la rotazione la metà superiore del disco anteriore e la metà superiore del disco posteriore portano rispettivamente cariche negative verso destra e cariche positive verso sinistra mentre il contrario accade per le metà inferiori; ne deriva che di fronte al pettine P giunge continuamente elettricità positiva e di fronte al pettine P' continuamente elettricità negativa. I pettini stessi si caricano per induzione e fra i due elettrodi E ed E', con essi collegati, si stabilisce una differenza di potenziale che può raggiungere il valore di alcune centinaia di migliaia di volt.

La macchina di Wimshurt ebbe in passato numerose e importanti applicazioni: fu usata, per esempio, per l'eccitazione dei tubi a raggi X.

L'esemplare che viene qui presentato è in condizioni abbastanza buone ed ha un'altezza di 85 cm circa. È custodito in una grande teca montata su quattro piedi.

8. *Macchina elettrostatica di Wimsburt.*



9. Bottiglia di Leyda.

È un condensatore costituito da un recipiente cilindrico di vetro sulle cui superfici, interna ed esterna, sono incollate due lamine metalliche che ne formano le armature.

Nella sua tradizionale struttura consta di una boccia di vetro, con collo stretto e pareti sottili, sulla cui superficie esterna è incollata una foglia di stagno che ricopre anche il fondo ma lascia scoperto il vetro ad una certa distanza dal collo. A questo si adatta un tappo di legno o di sughero, attraversato da una bacchetta di ottone o di rame che all'esterno è ricurva a guisa di uncino e termina con una sferetta. All'interno della boccia delle corte asticine di ottone si dipartono dall'estremità inferiore della bacchetta; intorno ad esse sono avvolti un gran numero di sottili nastri di rame o di ottone che riempiono la bottiglia e sono a contatto con il foglietto metallico che aderisce alla superficie interna della boccia. Tale struttura costituisce, nel suo insieme, l'armatura interna del condensatore.

Di solito l'armatura esterna veniva posta a terra mentre l'altra veniva collegata con la sorgente mediante il pomello sferico situato all'estremità dell'asta metallica.

L'esemplare che viene qui presentato, in discreto stato di conservazione, è abbastanza conforme al modello tradizionale dal quale si differenzia per il collo, piuttosto ampio, e per la vernice isolante che ricopre la superficie esterna del vetro non rivestita dalla foglia di stagno. L'altezza è di 29 cm.

La bottiglia di Leyda ha una grande importanza storica perché è il primo condensatore che sia stato costruito. La tradizione ne attribuisce la realizzazione a Pieter van Musschenbroek, fisico olandese, nato nel 1692 a Leyda ove si spense nel 1761.

Sembra che il primo esperimento sia avvenuto a Leyda nel 1746. Secondo quanto ci è stato tramandato, Musschenbroek tentò di elettrizzare l'acqua contenuta in una bottiglia di vetro chiusa da un tappo isolante attraversato da un'asta metallica e, a tal fine, collegò l'asta con una macchina elettrostatica mentre teneva in mano la bottiglia. Interrotto il collegamento, toccò, forse casualmente, l'asta metallica con l'altra mano ricevendone una scossa così forte da indurlo a dichiarare, scrivendo a Réaumur, che per nessun compenso avrebbe mai più ripetuto l'esperimento.

È certo che Musschenbroek e i numerosi studiosi che ripeterono negli anni successivi l'esperienza,⁹ modificando di volta in volta, con criteri empirici, la struttura primitiva della boccia, non si resero conto del principio fisico. Solo alla fine del secolo XVIII si capì che il principio era quello stesso del condensatore di Epino, del quadro fulminante di Franklin e di altri apparecchi simili. Nel frattempo la bottiglia di Leyda aveva assunto la struttura con la quale essa fu largamente usata nel secolo scorso.

⁹ Verosimilmente sostituendo alle mani un archetto metallico munito di manico isolante!

9. *Bottiglia di Leyda.*



10. Batteria di condensatori.

È costituita da quattro condensatori eguali, ciascuno dei quali è formato da un grosso cilindro di vetro, sulle cui superfici, interna ed esterna, sono incollate due lamine metalliche che lasciano scoperto il vetro ad una certa distanza dall'imboccatura. Per tale loro struttura i condensatori possono considerarsi come delle bottiglie di Leyda.¹⁰

Ogni cilindro è incastrato in basso in un grosso cappuccio protettivo di ottone mentre sull'imboccatura poggia una piastra circolare di ebanite attraversata da un'asta verticale di ottone che in alto termina con una sfera anch'essa di ottone. Un'altra sferetta di ottone è collegata inferiormente con il cappuccio. Dall'estremità inferiore dell'asta metallica si dipartono quattro asticine ricurve, opportunamente sagomate, che, premendo con gli estremi arrotondati sulla parete interna del cilindro, assicurano un buon contatto con l'armatura interna.

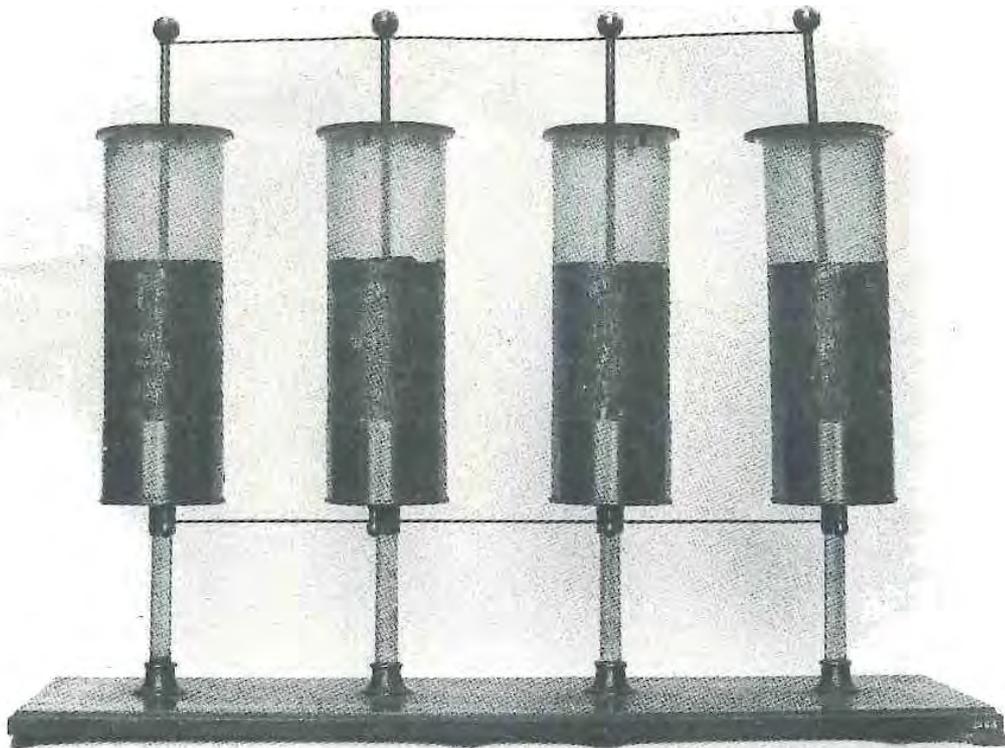
I condensatori sono sostenuti da steli di vetro incastrati in piedini di legno, a loro volta poggiati su di un'ampia base rettangolare di legno lunga 1 m e larga 30 cm circa. Delle aste di ottone, opportunamente sagomate e collegabili con i pomelli sferici, consentono di disporre i condensatori in serie o in parallelo.

La lamina di stagno che costituisce l'armatura esterna è in più punti lacerata; ciò nonostante, lo stato di conservazione dell'apparecchio può definirsi complessivamente buono.

L'apparecchio è alto 78 cm. Non si conosce il nome del costruttore.

¹⁰ Vedi scheda precedente.

10. *Batteria di condensatori.*



11. Condensatore di Epino.

L'apparecchio, ideato dal fisico tedesco Ulrich Theodor Aepinus,¹¹ nato a Rostock nel 1724 e morto a Dorpat nel 1802, può considerarsi come il primo esempio di condensatore piano. Esso è costituito da due dischi metallici affiancati, disposti verticalmente, fra i quali si può interporre una lastra di materiale isolante. La distanza fra le piastre, sorrette da colonnine isolanti, è regolabile.

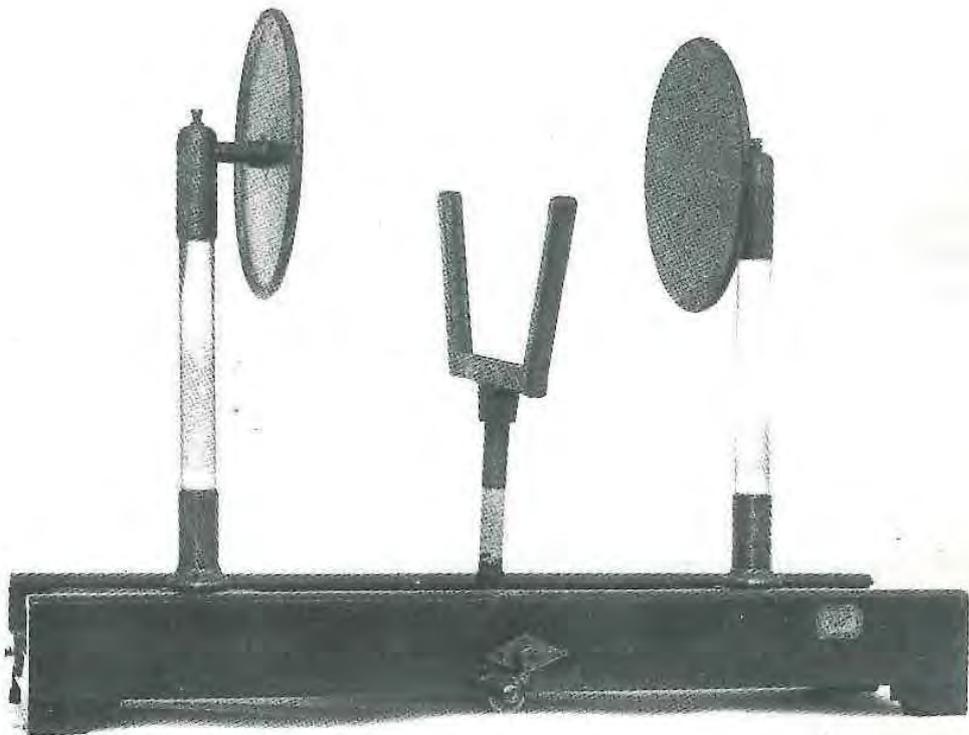
Con una tale disposizione, collegando uno dei dischi, detto "collettore", con una macchina elettrostatica in azione e ponendo l'altro a terra, si poteva studiare il processo di accumulazione delle cariche sulle due armature in dipendenza della distanza fra di esse nonché della natura e dello spessore del dielettrico interposto.

Nell'esemplare qui presentato, che è pressoché integro, i dischi sono di ottone. Un braccio, munito d'impugnatura, aziona un congegno a cremagliera che consente di modificare la distanza fra le piastre. Tra i due dischi, un'asta di legno porta in alto un telaio scanalato destinato a sorreggere una lastra di vetro o di altro materiale isolante. Tutto il sistema poggia su di una base rettangolare di legno, la cui dimensione maggiore è di 59 cm.

L'apparecchio è alto 46 cm. Mancano i dati relativi al costruttore.

¹¹ Epino è la forma italianizzata di Aepinus, a sua volta latinizzazione della traduzione greca ("aipeinòs", cioè "alto") del cognome originario Hoeck.

11. *Condensatore di Epino.*



12. Uovo elettrico di De La Rive.

L'apparecchio, ideato da Arthur-Auguste De La Rive,¹² consente di osservare le caratteristiche della scarica elettrica nel vuoto molto spinto e può considerarsi affine ai "tubi di Geissler".¹³

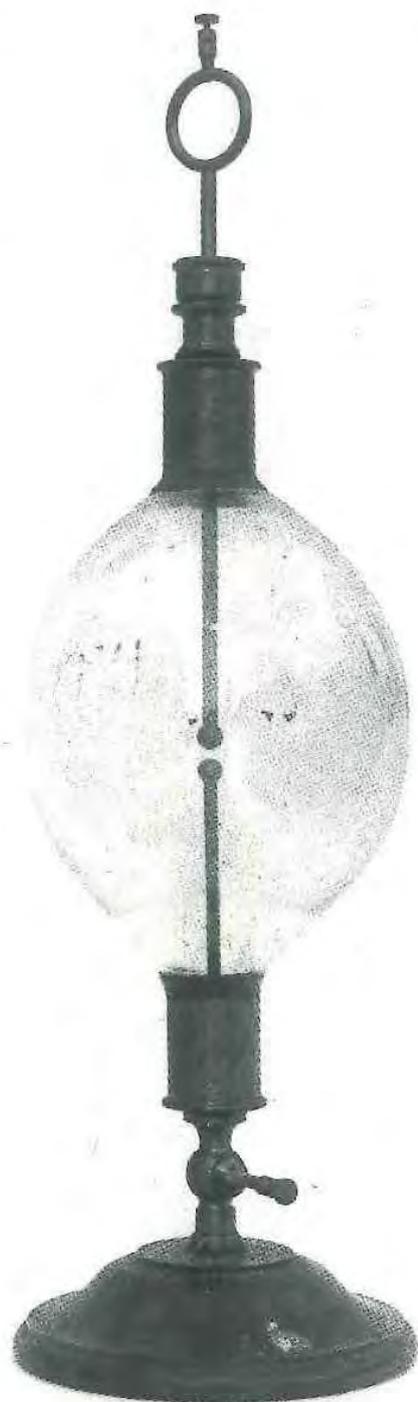
Un globo oblunco di vetro, a forma di uovo, è attraversato a tenuta, in corrispondenza delle superfici a curvatura maggiore, da due aste di ottone terminanti con elettrodi, anch'essi di ottone, di forma sferica. Applicata una tensione di valore opportuno, si produce fra gli elettrodi la scintilla; estratta l'aria, la scarica elettrica, ben visibile se si opera al buio, assume le caratteristiche di una luce rosso-violacea diffusa nel globo. Questo comunica con l'esterno attraverso un foro praticato nella base di appoggio. Per estrarre l'aria si pone l'apparecchio all'interno di una campana pneumatica collegata con una pompa per vuoto. Una manopola consente di aprire o chiudere la comunicazione con la campana e, quindi, con la pompa.

L'esemplare che qui presentiamo è pressoché integro. Nella riproduzione fotografica sono ben visibili la manopola e i morsetti di adduzione della tensione. L'ampia base di appoggio è di legno. L'apparecchio, di cui si ignora il costruttore, è alto 59 cm.

¹² Arthur-Auguste De La Rive, fisico e uomo politico, nacque a Ginevra nel 1801 e morì a Marsiglia nel 1873. Di idee conservatrici, fu rettore dell'Accademia di Ginevra fra il 1837 e il 1844, e collaboratore di Ampère. Ideò vari strumenti di fisica, realizzò la doratura galvanica e compì studi nel campo della geofisica (temperatura del suolo, aurore boreali, ecc.)

¹³ Ricordiamo che questi apparecchi, realizzati per la prima volta dal fisico tedesco Heinrich Geissler, nato a Igelshieb nel 1815 e morto a Bonn nel 1879, sono tubi muniti di due elettrodi e contenenti gas rarefatti; in essi la scarica elettrica produce un intenso bagliore di colore variabile con la natura del gas. Piegati a formare lettere o linee di un disegno, sono comunemente usati per insegne luminose pubblicitarie.

12. Uovo elettrico di De La Rive.



13. Pila Zamboni.

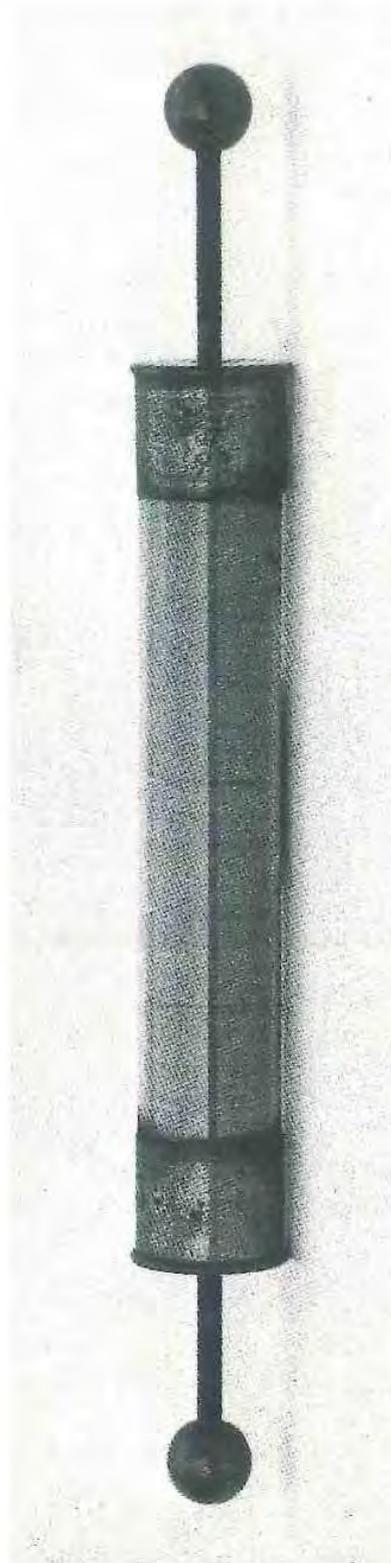
Veniva impiegata soprattutto negli elettroscopi di Bohnenberger. Realizzata da Giuseppe Zamboni ¹⁴ nel 1812, è tra i primi tipi di pila a secco a colonna. Era formata da un gran numero di dischetti di carta affiancati, stagnati da una parte e verniciati con perossido di manganese e gomma dall'altra. Con un migliaio di dischi si otteneva una forza elettromotrice di circa 500 volt; l'intensità di corrente ottenibile era però molto debole, tanto che la pila poteva essere impiegata solo in dispositivi elettrostatici.

Nell'esemplare qui presentato i dischetti sono all'interno di un involucro cilindrico di vetro. Molti ne sono andati perduti ed in quelli superstiti non rimane quasi più traccia delle sostanze di cui erano stati ricoperti. L'astuccio di vetro è chiuso agli estremi da due cappucci di ottone, terminanti con pomelli sferici.

L'oggetto ha una lunghezza di 28 cm. Un'etichetta, applicata all'involucro di vetro, reca la dicitura: "Inventario Gab^{to} di Fisica - anno 1878". Mancano i dati relativi al costruttore.

¹⁴ Giuseppe Zamboni, fisico, nacque nel 1776 a Verona ove si spense nel 1846. Professore al liceo di Verona, fu socio di varie accademie e della Società Italiana delle Scienze, detta "dei Quaranta". Si interessò soprattutto di questioni connesse con l'elettricità.

13. *Pila Zamboni*.



14. Tre pile Grenet.

L'inconveniente più grave presentato da una pila elettrolitica è, come è noto, costituito dalla polarizzazione degli elettrodi. Ad essa si può ovviare con l'uso di opportune sostanze depolarizzanti che agiscono fissando o trasformando le sostanze che causano la polarizzazione. A seconda dei casi il depolarizzante può essere una sostanza riducente (per esempio un alcole) oppure ossidante (ad esempio bicromato potassico).

La pila Grenet è una pila a depolarizzante. Un'ampolla di vetro contiene una soluzione acquosa di acido solforico al 5 per cento e di bicromato potassico di pari concentrazione. Nella soluzione sono immerse due piastre parallele di carbone di storta, che costituiscono il polo positivo, mentre da polo negativo funge una lastra di zinco disposta fra le piastre.

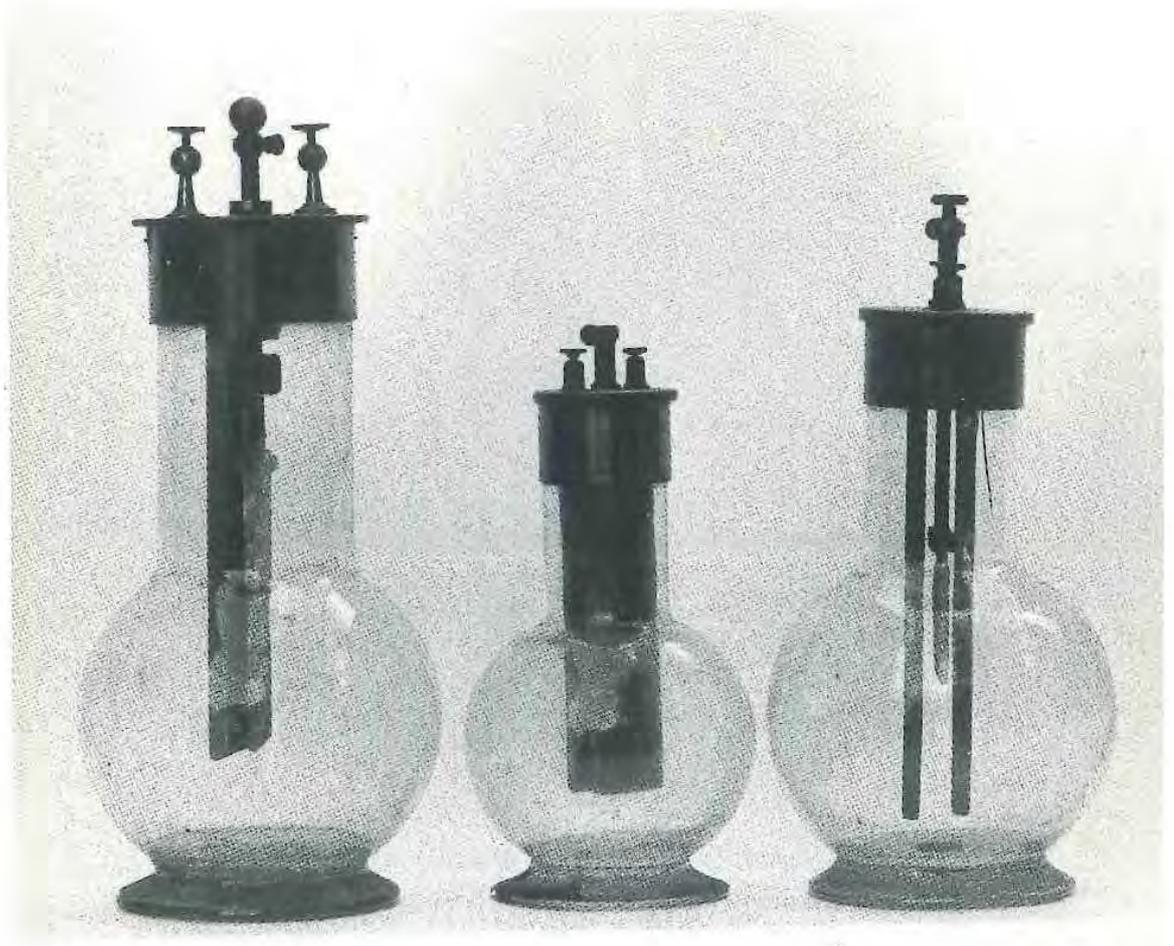
La struttura tradizionale della pila Grenet prevede un'ampolla a forma di matraccio, chiusa da un coperchio di ebanite sul quale è fissato un morsetto di ottone collegato con le due piastre. Un altro morsetto è in comunicazione metallica con un cilindretto cavo, anch'esso fissato al coperchio. Nel cilindretto può scorrere l'asta che sostiene la lastra di zinco, che è così possibile sollevare o abbassare; una vite consente di fissare l'asta nella posizione desiderata. Il collo dell'ampolla è protetto in alto da un'ampia fascia di ottone.

Questo tipo di pila, molto usato nel secolo scorso, si lasciava preferire ad altre pile perché non dava luogo a sviluppo di gas nocivi. La lastra di zinco veniva ritirata dal liquido quando la pila non doveva essere usata, e quindi fissata mediante l'apposita vite.

I tre esemplari qui presentati differiscono alquanto per forma e dimensioni. Uno di essi è privo di una delle piastre di carbone mentre in un altro manca l'elettrodo centrale. Le altezze sono: 29 cm, 26 cm e 21 cm.

Non si conosce il nome del costruttore.

14. Tre pile Grenet.



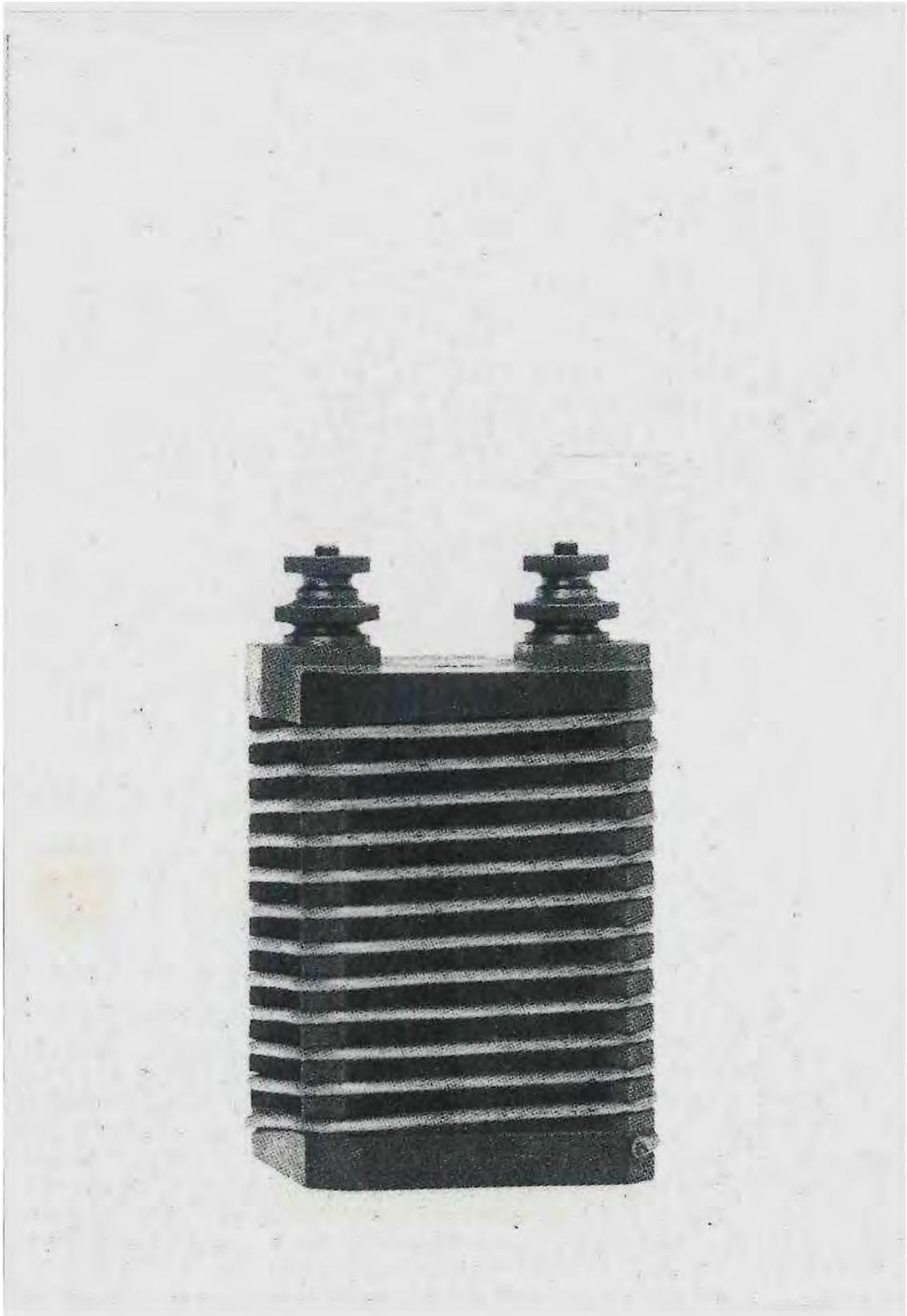
15. Resistenza campione.

Una barretta di costantana, del diametro di 3,5 mm circa, è piegata intorno a un supporto di legno la cui sezione orizzontale ha la forma di una croce a bracci eguali. Ciò consente di tenere il conduttore discosto dal legno per quasi tutta la sua lunghezza favorendo così la dispersione del calore generato per effetto Joule. Questo accorgimento, unito al fatto che la resistività della costantana ha un coefficiente termico molto piccolo, permette di disporre di una resistenza di valore pressoché invariabile.

Gli estremi del conduttore sono fissati a due grossi serrafili di ottone. Il valore della resistenza campione è di 0,1 ohm ed è segnato su di un'etichetta incollata sul supporto isolante.

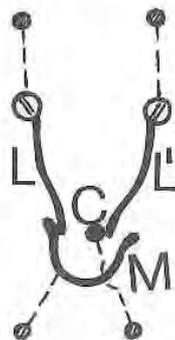
L'apparecchio, di cui non si conosce il costruttore, ha un'altezza di 18 cm.

15. *Resistenza campione.*



16. Commutatore di Bertin.

Su di un piccolo pannello circolare di legno, chiuso da un vetro protettivo, sono serrati, per mezzo di due viti, gli estremi di due lamine metalliche L ed L' (vedi figura). Queste sono collegate con due morsetti di ottone fissati al bordo esterno del pannello e ben visibili nella riproduzione fotografica. Altri due morsetti, assicurati alla parte posteriore del pannello e quindi non visibili nella riproduzione, sono collegati rispettivamente con una lamina metallica M fissa, piegata a ferro di cavallo, e con un chiodino metallico C, posto al centro della prima. Una levetta consente di spostare gli estremi liberi delle lamine L ed L' portandoli alternativamente a contatto con M e con C.



Le posizioni possibili sono tre: a) L a contatto con M ed L' con C; b) L a contatto con C ed L' con M; c) L ed L' entrambe a contatto con C. Di conseguenza, se l'apparecchio è inserito in un circuito per mezzo delle due coppie di morsetti, la corrente in uscita circola in un senso con il commutatore nella posizione a, e in senso opposto con il commutatore nella posizione b; nella posizione c non v'è corrente nel circuito.

Il pannello ha un supporto di ebanite, a sua volta poggiato su di un'ampia base circolare di legno. Sul supporto è inciso il nome del costruttore: "Elliott Bro^s, London". L'apparecchio ha un'altezza di 18 cm.

Del commutatore di Bertin esistono altre versioni. In una di quelle più frequentemente adottate due piastrine di rame, una costituita da una corta barretta, l'altra piegata intorno alla prima a ferro di cavallo, sono collocate su di un disco di legno, o di altro materiale isolante, girevole intorno a un'asse verticale. Il disco può essere fatto ruotare di un piccolo angolo, in un senso o nell'altro, grazie ad un'impugnatura ad esso collegata; in questo modo ciascuna delle due piastrine viene portata alternativamente a contatto con due conduttori fissi cui fanno capo gli estremi del circuito di uscita. Il disco e i conduttori fissi sono montati su di una tavoletta di legno.

16. *Commutatore di Bertin.*



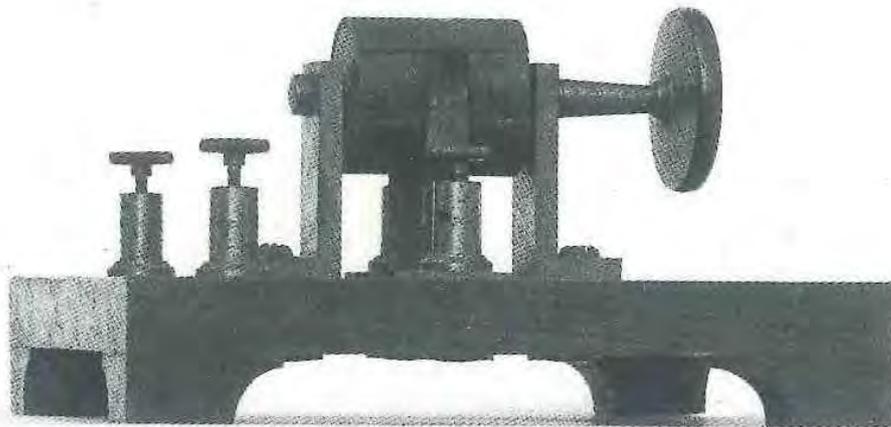
17. Commutatore di Ruhmkorff.

Un cilindretto di materiale isolante è in parte ricoperto da due placche di rame, metallicamente collegate con i due serrafili cui fanno capo gli estremi del circuito d'ingresso. Due linguette metalliche si appoggiano con forte pressione sul cilindro, in punti diametralmente opposti, e comunicano con i due morsetti da collegare con il circuito di uscita. Il cilindro può ruotare su se stesso e, a tal fine, un bottone zigrinato è collegato con il suo asse. Perché nei due circuiti circoli corrente occorre che le linguette siano a contatto con le placche di rame; con una rotazione del cilindro di 180° il senso della corrente nel circuito di uscita s'inverte. Si interrompe la corrente portando le linguette a contatto con la superficie isolante del cilindro.

L'esemplare qui presentato è integro. Le linguette sono di ottone, il cilindro è di ebanite. Il commutatore è montato su di una tavoletta quadrata di legno il cui lato misura 15 cm.

Non si conosce il nome del costruttore.

17. *Commutatore di Ruhmkorff.*



18. Spira di Ampère.

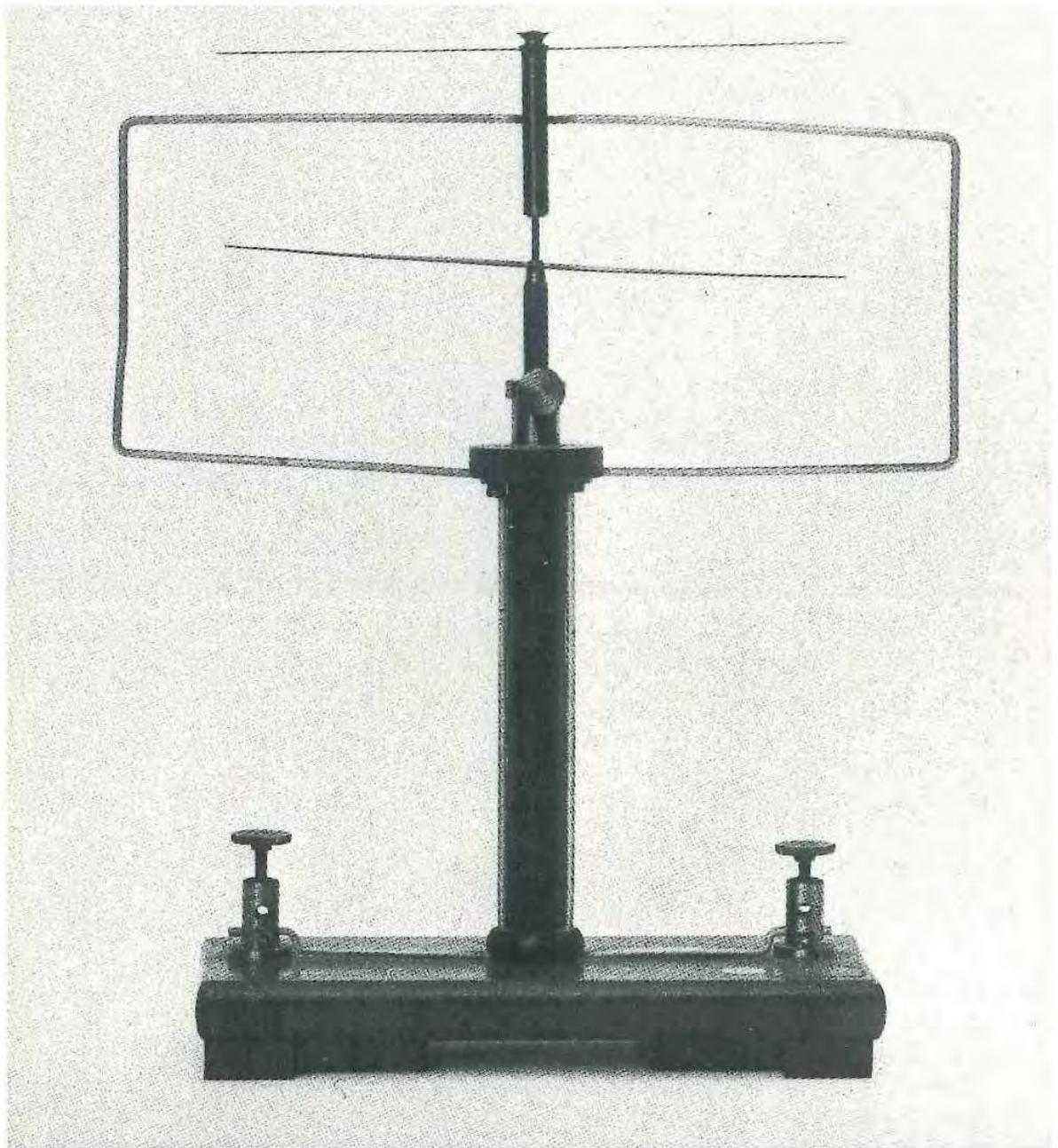
L'apparecchio, di interesse didattico, consente di effettuare una verifica delle leggi che stabiliscono la direzione e il verso del campo magnetico generato in un punto da conduttori rettilinei percorsi da corrente.

Uno stelo cilindrico di ebanite è fissato a una base rettangolare di legno zavorrata sul fondo da due piastre metalliche; esso sorregge una spira rettangolare costituita da uno spesso filo di costantana e disposta in un piano verticale. All'interno della spira il punto di mezzo di un lungo ago magnetico è imperniato in un piccolo supporto verticale innestato nello stelo. Il supporto si prolunga superiormente con un'asticina verticale in cui è inserito un cilindretto cavo che regge un secondo ago posto al di fuori della spira. Con tale struttura i due aghi possono ruotare, in un piano orizzontale, l'uno indipendentemente dall'altro.

In assenza di corrente si dispone la spira nel piano del meridiano magnetico. Quando la corrente fluisce nel conduttore, i lati della spira agiscono cooperativamente sull'ago inferiore il quale devia in un senso o nell'altro a seconda del verso della corrente. Sull'ago esterno i lati orizzontali della spira esercitano azioni antagoniste, prevalendo quella dovuta al lato superiore a causa della distanza minore. Il senso di rotazione sarà quello stesso dell'ago inferiore se inizialmente i due magneti rivolgevano dalla stessa parte i poli eteronimi, altrimenti sarà quello opposto.

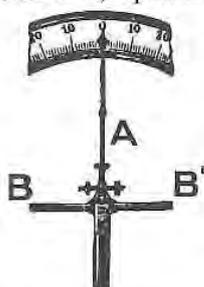
L'apparecchio, di cui non si conosce il costruttore, ha un'altezza di 30 cm.

18. *Spira di Ampère.*



19. Galvanometro di Bourbouze.

L'equipaggio mobile dello strumento richiama il giogo di una bilancia a due piattelli. Per mezzo di un coltello il centro di una barretta magnetizzata $B B'$ (vedi figura) poggia, con attrito piccolissimo, su di un sostegno verticale fisso. Alla barretta è collegato un lungo indice A la cui estremità può scorrere lungo una scala graduata, con lo zero al centro. È corretto, prima di eseguire la misurazione dell'intensità di corrente, orientare l'apparecchio in modo che la barretta sia nel piano del meridiano magnetico. Due viti di rettifica, poste ai lati della lancetta, in basso, consentono, con piccoli spostamenti in un senso o nell'altro, di rendere l'indice verticale in assenza di corrente, equilibrando l'azione della componente verticale del campo magnetico terrestre. Un nottolino può scorrere lungo la lancetta, così da modificare la posizione del centro di gravità dell'equipaggio mobile e, quindi, la sensibilità dello strumento.¹⁵



La barretta che, per quel che si è detto, può oscillare in un piano verticale, è all'interno di due avvolgimenti di filo di rame rivestito e piegato in spire orizzontali intorno ad un supporto formato da un largo anello appiattito di ebanite. Essi fanno capo a due coppie di serrafili e possono essere usati in due modi diversi.

Se la corrente percorre nello stesso senso i due avvolgimenti collegati in serie, lo strumento svolge le funzioni di un normale amperometro in corrente continua.¹⁶ Il

principio fisico su cui tale amperometro è fondato è evidente. Il campo magnetico generato dalla corrente che circola nelle spire esplica un'azione sulla barretta magnetizzata che si traduce in una coppia di forze verticali; a seconda del senso della corrente, l'equipaggio ruota in un senso o nell'altro cosicché l'indice si sposta a sinistra o a destra dello zero. L'equilibrio fra il momento della coppia e il momento meccanico determinato dal peso del giogo caratterizza la nuova posizione di riposo dell'indice.

Se invece agli avvolgimenti si adducono due correnti che li percorrano in senso opposto, l'apparecchio si comporta come uno "strumento differenziale": l'entità della deviazione misura la differenza fra le intensità delle due correnti mentre il senso della deviazione indica la corrente più intensa.

L'esemplare che viene qui presentato, piuttosto conforme al modello tradizionale, presenta una scala in metallo smaltato. Lo strumento è sorretto da un robusto stelo cavo in ottone, scorrevole in un cilindro sostenuto da quattro piedi in metallo verniciato, a viti calanti. Un anello a pressione permette di fissare lo stelo nella posizione desiderata. Il cilindro è girevole intorno al suo asse, il che consente di disporre il magnete mobile nel piano del meridiano magnetico; una vite permette di fissare il piede dello strumento quando tale condizione sia stata realizzata.

L'indice è piuttosto deformato, e le viti di rettifica sono andate perdute. Ciò non ostante, lo stato di conservazione dello strumento può essere giudicato complessivamente buono. Il magnete è in realtà costituito da quattro aghi eguali, a forma di losanga, tenuti pressati da sottili fili di cotone strettamente avvolti intorno ad essi. Il nome del costruttore, G. Bandieri,¹⁷ è inciso sul supporto di ebanite al quale sono fissati i quattro serrafili.

Con lo stelo completamente abbassato l'altezza dello strumento è di 75 cm.

Per le sue caratteristiche costruttive (robustezza, scala ed indice ben visibili anche alla distanza di molti metri) l'apparecchio di Bourbouze si presta molto bene ad essere usato in esperienze dimostrative.

¹⁵ Ricordiamo che la stessa funzione ha il nottolino che scorre lungo l'ago di una bilancia a due piattelli.

¹⁶ Nel secolo scorso si designava col nome di "galvanometro" ogni strumento misuratore di corrente. Successivamente, con il graduale progredire delle tecniche, prevalse la tendenza a indicare con tale nome gli strumenti più sensibili, cioè quelli in grado di misurare correnti di intensità inferiore a 10^{-6} A, e a riservare agli altri il nome di "microamperometro", "milliamperometro" e "amperometro", a seconda della sensibilità.

¹⁷ Di questo costruttore sappiamo solo che fu valido collaboratore di Macedonio Melloni. Per quel che riguarda i costruttori italiani in generale, si veda comunque la nota 22.

19. *Galvanometro di Bourbouze.*



20. Piccolo galvanometro di Breguet.

Fondato sullo stesso principio del galvanometro di Bourbouze, questo piccolo strumento presenta una struttura estremamente semplice.

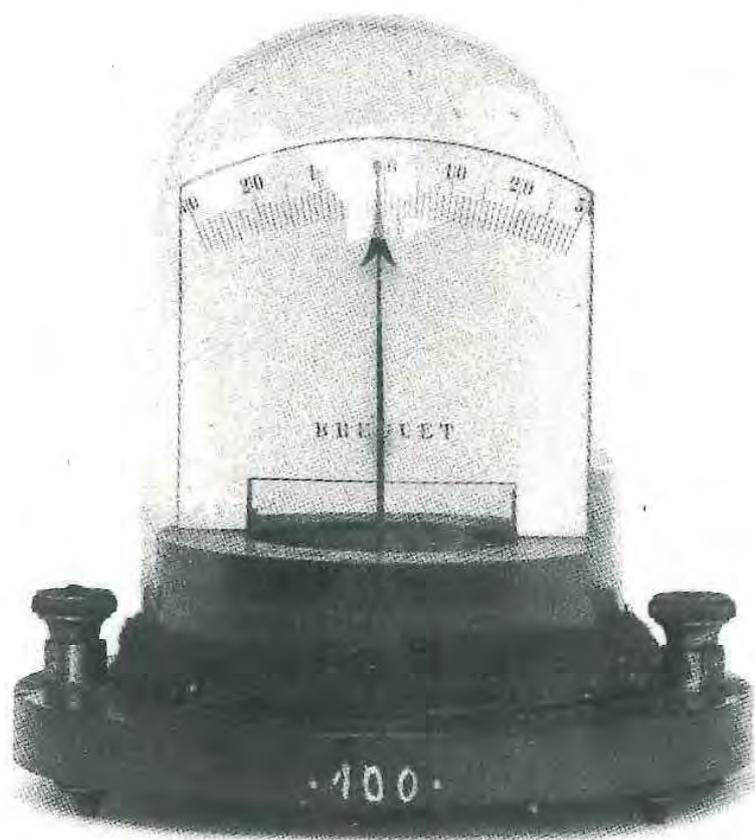
Su di una base circolare di legno, zavorrata sul fondo con una barretta di ottone e poggiante su tre piedini, è fissata una bobina, a forma di cilindro cavo, disposta con l'asse verticale. L'avvolgimento è costituito da filo di rame rivestito di seta. La parte superiore della bobina è coperta da un anello di legno sul quale è fissata, mediante due viti, un pannello verticale; una scala con lo zero al centro è riportata sul bordo superiore, sagomato ad arco di circonferenza, del pannello. Una piastrina magnetizzata, di forma approssimativamente circolare, è collocata al centro della bobina ed è imperniata in due punti diametralmente opposti in modo che possa liberamente ruotare intorno ad un asse orizzontale. Essa porta inferiormente una grossa vite, che funge da contrappeso; nel centro della piastrina, e normalmente ad essa, è fissato un indice.

In assenza di corrente la piastrina è orizzontale e l'indice sullo zero della scala. Adducendo una corrente alla bobina per mezzo di due morsetti fissati sulla base, il campo magnetico che ne consegue determina una rotazione della piastrina e quindi dell'indice; nella nuova posizione di riposo il momento legato al peso dell'equipaggio mobile fa equilibrio al momento delle forze elettromagnetiche.

Sulla base dello strumento, che è integro, può essere poggiata una piccola campana di vetro protetta lungo il bordo da un anello di feltro. Il nome della casa costruttrice, Breguet,¹⁸ è segnato sulla parte inferiore del pannello. L'altezza, misurata dalla sommità della campana, è di 13 cm.

¹⁸ Apprezzata casa costruttrice francese. Due strumenti costruiti da questa casa sono stati inseriti nel nostro precedente catalogo ("Meccanica dei fluidi e termologia", pagg. 54 - 57).

20. *Piccolo galvanometro di Breguet.*

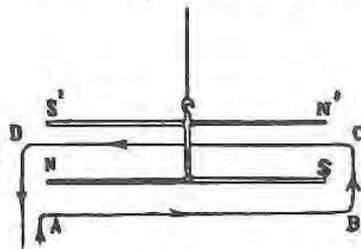


21. Galvanometro astatico di Nobili.

È, come gli strumenti precedentemente descritti, un galvanometro "a magnete mobile", essendo fondato sull'azione che un circuito fisso, percorso dalla corrente da misurare, esplica su di un magnete mobile.

Leopoldo Nobili¹⁹ presentò i primi esemplari di galvanometro astatico nel maggio del 1825 alla Società Italiana delle Scienze di Modena e nel luglio dell'anno successivo alla Società Italiana delle Scienze. Questi prototipi erano però molto diversi dagli strumenti che ci sono pervenuti.

Il "sistema astatico"²⁰ fu un ingegnoso artificio che consentì di migliorare la sensibilità degli strumenti misuratori di corrente per sovrapposizione di due effetti: azione deviatrice più intensa e indebolimento della perturbazione introdotta dal campo magnetico terrestre. Questo sistema fu adottato per primo da Nobili che si servì di due lunghi aghi magnetici eguali, fra loro rigidamente collegati in modo che risultassero paralleli in un piano verticale e rivolgersero dalla stessa parte i poli eteronimi.²¹



L'ago inferiore è all'interno di un telaio su cui è avvolto il filo percorso dalla corrente da misurare; l'ago superiore ne è invece fuori. In accordo con le regole che stabiliscono la direzione e il verso del campo magnetico generato in un punto da un tratto rettilineo di corrente, il lato CD di ciascuna spira (vedi figura) ha un'azione concorde sui due aghi, in dipendenza della quale essi tendono a ruotare, in un piano orizzontale, nel medesimo senso. Il lato AB determina invece sugli aghi un effetto antagonista; sull'ago inferiore l'azione è concorde con quella che il lato CD esplica sull'intero sistema mentre sull'ago superiore l'azione è discorde, ma alquanto più debole a causa della distanza maggiore. In definitiva, il momento che agisce sul sistema astatico è, a parità di corrente, più grande di quello che si determinerebbe con un solo ago: inoltre si riduce notevolmente l'effetto antagonista dovuto al campo magnetico terrestre. Tale effetto, che si traduce di fatto in una perdita di sensibilità, sarebbe effettivamente nullo se i due aghi fossero rigorosamente eguali, per lunghezza e intensità di magnetizzazione, e paralleli.

Il sistema astatico è sospeso a un lungo e sottile filo di seta. La corrente che circola

nell'avvolgimento causa la rotazione dell'equipaggio mobile cui si oppone il momento generato dalla torsione del filo; l'angolo di deviazione, corrispondente alle condizioni di equilibrio, dà una misura dell'intensità di corrente.

Nei modelli più perfezionati del galvanometro di Nobili la base dello strumento è costituita da una spessa piastra di ottone, sostenuta da un treppiede a viti calanti, sulla quale poggia una piattaforma girevole, anch'essa in ottone. La corrente da misurare è addotta, per mezzo di due serrafili, a un filo di rame rivestito di seta e avvolto su di un telaio fissato al piatto girevole. Al di sopra del telaio, che è protetto su tre lati da piastrine di avorio, vi è un disco di rame circondato da un anello di ottone o di rame, sul quale è riportata una scala di solito divisa in quattro parti eguali, ciascuna con graduazione da 0 a 90. Attraverso una fenditura praticata nel disco, lungo un diametro parallelo ai piani delle spire, si fa passare l'ago inferiore del sistema astatico in modo che esso possa disporsi all'interno del circuito. L'ago superiore deve invece trovarsi all'esterno, al di sopra del disco. Prima di eseguire la misurazione i due aghi devono risultare paralleli alla fenditura, in corrispondenza della quale sono segnati gli zeri della graduazione; l'ago superiore fungerà da indice. Le viti calanti su cui poggia lo strumento servono a rendere il quadrante orizzontale, il che consente all'asticina di rame che collega i due aghi di passare liberamente attraverso la fenditura e permette all'ago superiore di ruotare in un piano parallelo a quello della scala.

L'estremità superiore del filo di seta è agganciata a una barretta verticale che attraversa la sommità di una campana cilindrica di vetro protettiva ed è sostenuta da due colonnine di ottone che si elevano ai lati del quadrante. Una vite zigrinata, collegata alla barretta, consente di sollevare o abbassare il sistema astatico senza produrre alcuna torsione nel filo di sospensione. Quando lo strumento deve essere trasportato, l'ago superiore va adagiato sul quadrante ad evitare che l'equipaggio mobile venga sottoposto a pericolose sollecitazioni. Svincolando la vite dalla barretta si libera la campana che può essere così sollevata.

Un'altra vite zigrinata, collegata con un ingranaggio, comanda la rotazione della piattaforma dello strumento intorno ad un asse verticale; è così possibile realizzare la condizione per cui gli aghi siano paralleli alla fenditura e quindi ai piani delle spire. È questa un'operazione di rettifica necessaria, da eseguire prima che si proceda alla misurazione; operata la rettifica, si può fissare la piattaforma alla piastra inferiore mediante una vite a pressione.

L'esemplare che qui presentiamo è conforme al modello descritto e, a parte alcune lesioni nella campana protettiva, è integro. La sua altezza è di 26 cm. Sul bordo del quadrante sono segnati il nome del costruttore e l'anno di costruzione: "Saverio Gargiulo, Napoli, 1857".²² Sulla campana è incollata un'etichetta con la dicitura: "Inventario Gab^{to} di Fisica, 1878".

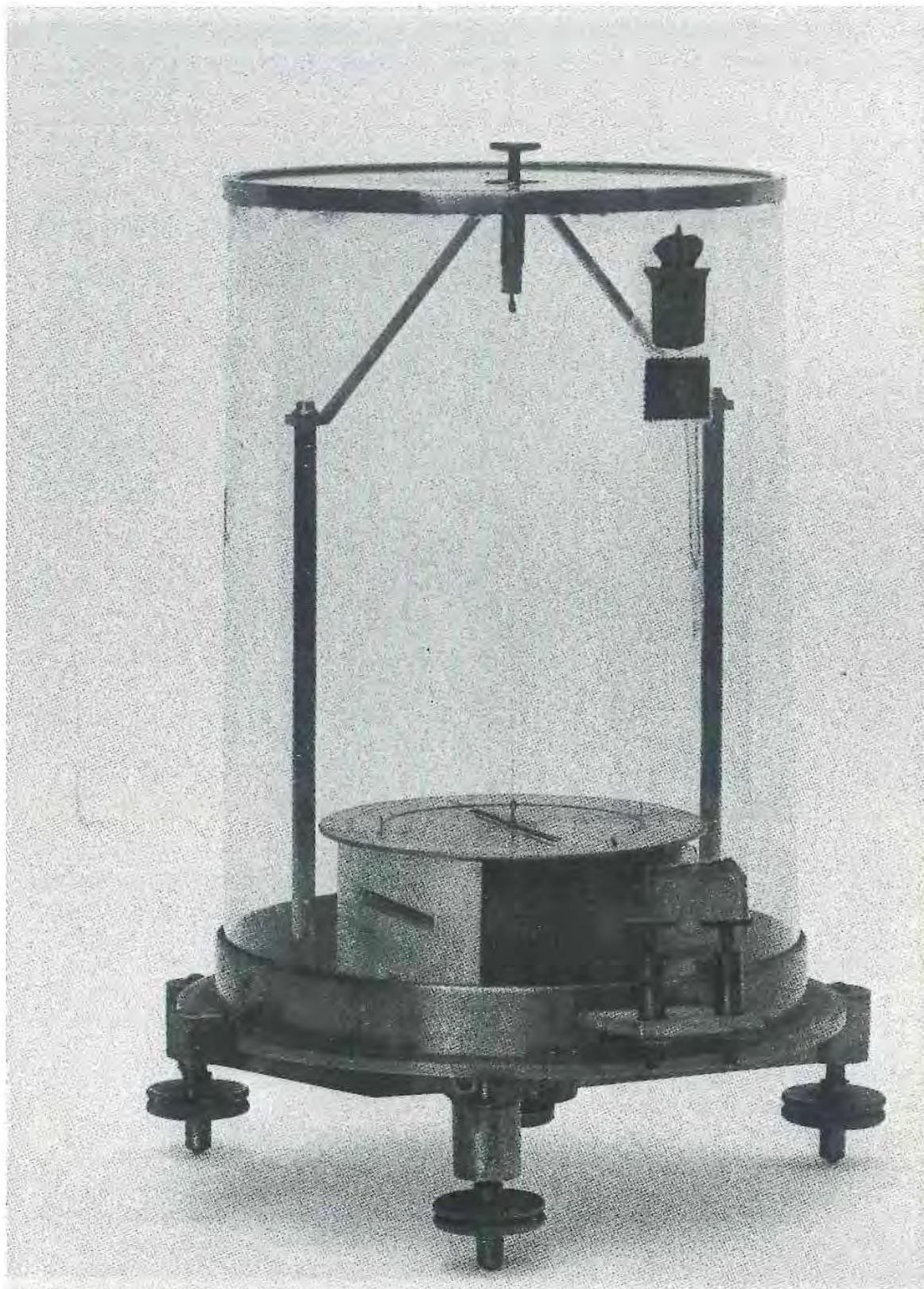
¹⁹ Leopoldo Nobili nacque in Garfagnana nel 1787 e morì a Firenze nel 1835. Fu ufficiale d'artiglieria, direttore della fabbrica d'armi di Brescia e professore di fisica a Firenze. Oltre che al galvanometro astatico il suo nome è legato alla realizzazione delle prime pile termoelettriche.

²⁰ L'aggettivo "astatico" (da "a" privativo e "statico") designa quel tipo di equilibrio di un sistema per cui ogni configurazione del sistema è configurazione di equilibrio. Per quanto riguarda i galvanometri a magnete mobile il termine si riferisce evidentemente al fatto che, in presenza del solo campo magnetico terrestre, ogni posizione del sistema sospeso è, sensibilmente, posizione di equilibrio.

²¹ L'idea l'aveva però già avuta Ampère che, per migliorare la sensibilità dei rivelatori di corrente, aveva suggerito nel 1821 il metodo che sarebbe stato poi conosciuto appunto come "sistema astatico".

²² Si è già detto (nota 8) che questo bravissimo costruttore apparteneva verosimilmente a quella schiera di costruttori italiani che si limitavano spesso a riprodurre modelli provenienti dall'estero. Qui il modello è senza dubbio rappresentato dalla versione data al galvanometro di Nobili da Ruhmkorff (vedi schede successive).

21. *Galvanometro astatico di Nobili.*



22. Galvanometro astatico di Nobili.

Differisce dall'esemplare precedentemente descritto essenzialmente per le dimensioni dell'avvolgimento, alquanto più piccole.

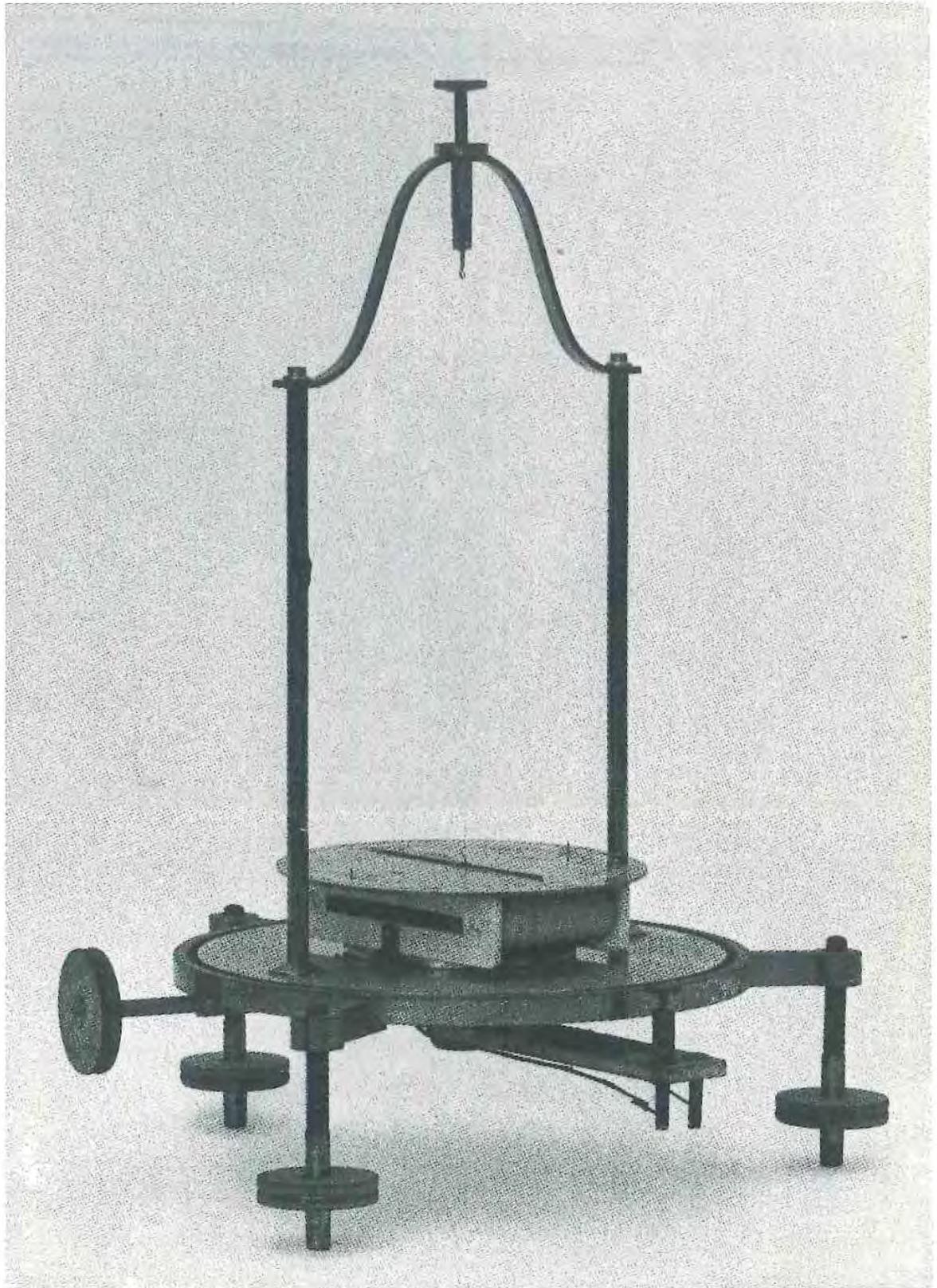
Il quadrante è costituito da un disco di ottone sul cui bordo è incisa la graduazione. Manca quindi l'anello esterno.

La campana di vetro presenta alcune lesioni, inoltre è andato perduto uno dei due spinotti serrafili. Tuttavia lo stato di conservazione è, complessivamente, discreto.

Sul quadrante sono incisi i dati relativi al costruttore: "Ruhmkorff, Rue des Orfèvres, 6, Paris".²³ L'altezza è di 28 cm.

²³ Heinrich Daniel Ruhmkorff nacque ad Hannover nel 1803 e morì a Parigi nel 1877. Trasferitosi in giovane età nella capitale francese, lavorò dapprima presso il costruttore C. Chevalier, poi operò in proprio. Le sue officine costruirono sempre apparecchi di ottima fattura, realizzando strumenti su ordinazione o perfezionando modelli già esistenti. Il galvanometro astatico di Nobili ne costituisce un ottimo esempio. Quasi tutti i testi di fisica dell'epoca, nel descrivere tale apparecchio, fanno riferimento alla struttura data ad esso da Ruhmkorff (cfr. ad esempio A. Ganot, "Trattato elementare di fisica", Milano, 1874, pag. 603). La fama di Ruhmkorff è legata soprattutto alla realizzazione (1851) del rocchetto d'induzione che porta il suo nome e per il quale ebbe premi e riconoscimenti internazionali.

22. *Galvanometro astatico di Nobili.*



23. Galvanometro astatico di Nobili.

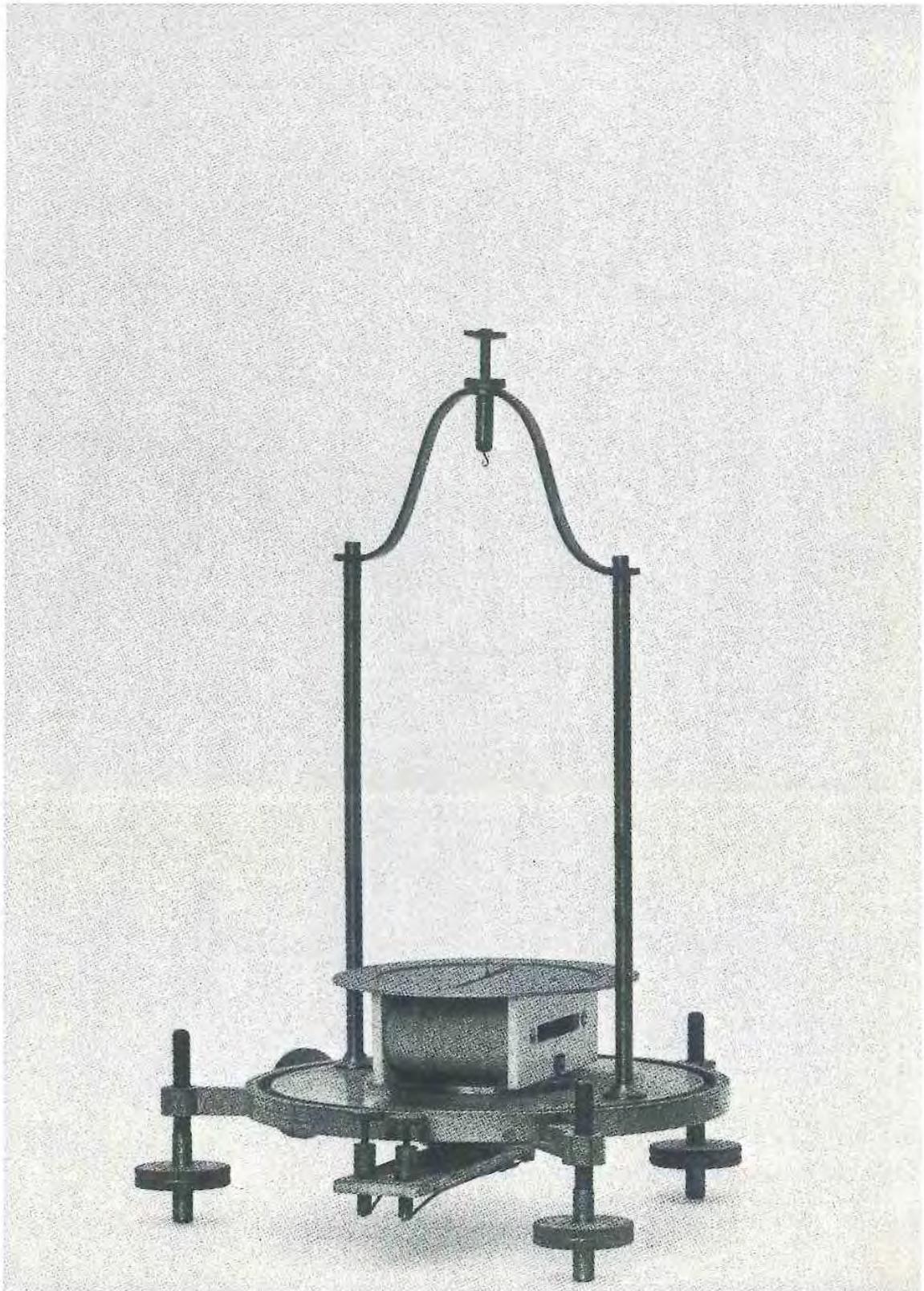
Si differenzia dallo strumento precedente per alcuni particolari costruttivi. L'avvolgimento è un po' più grande mentre il quadrante è costituito da un disco di rame circondato da un anello di ottone, sul cui bordo è incisa una scala semicircolare divisa in due parti eguali, ciascuna con graduazione da 0 a 90.

La campana di vetro è lesionata; lo stato di conservazione è complessivamente discreto.

È ancora Ruhmkorff il costruttore, come risulta dall'incisione riportata sul quadrante: "Ruhmkorff, Rue des Orfèvres, 6, Paris".²⁴ L'altezza è di 27 cm.

²⁴ Si veda la nota 23.

23. *Galvanometro astatico di Nobili.*



24. Galvanometro astatico differenziale di Nobili.

Rispetto ai due esemplari precedenti ha un avvolgimento più grande. La presenza di quattro spinotti serrafili indica che lo strumento può essere usato anche come galvanometro differenziale.²⁵ Il quadrante è formato da un disco di rame circondato da un anello di ottone, sul cui bordo è incisa una scala semicircolare divisa in due parti eguali, con graduazione da 0 a 90.

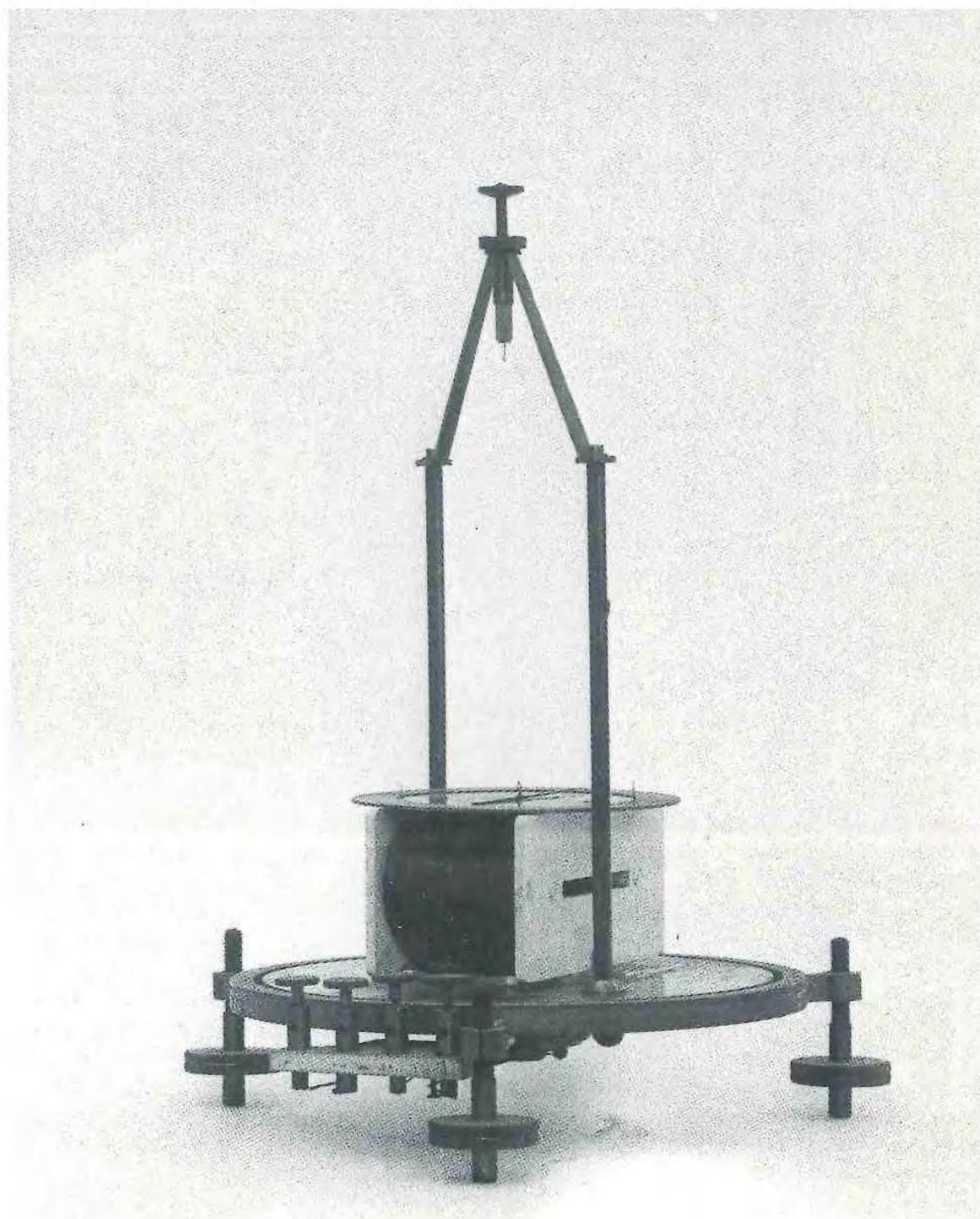
La campana di vetro è lesionata, lo stato di conservazione complessivamente discreto.

È sempre Ruhmkorff il costruttore, come risulta dalla incisione sul quadrante: "Ruhmkorff, Rue des Orfèvres, 6, Paris".²⁶ L'altezza è di 27 cm.

²⁵ Per il significato di galvanometro differenziale si veda la scheda n° 19.

²⁶ Si veda la nota 23.

24. *Galvanometro astatico differenziale di Nobili.*



25. Galvanometro astatico differenziale di Nobili.

Differisce dagli esemplari presentati in precedenza soprattutto per le dimensioni dell'avvolgimento, molto più grandi. La presenza di quattro serrafili indica che lo strumento può essere usato anche come galvanometro differenziale.²⁷ Sull'anello di ottone che circonda il disco centrale è riportata una scala semicircolare, divisa in due parti eguali, ciascuna con graduazione da 0 a 90. Come negli esemplari già descritti, una vite, collegata con un ingranaggio, consente alla piattaforma dello strumento di ruotare intorno ad un asse verticale. La presenza di uno specchietto in prossimità dell'ago superiore del sistema astatico permette la misurazione dell'angolo di deviazione anche con il metodo ottico.

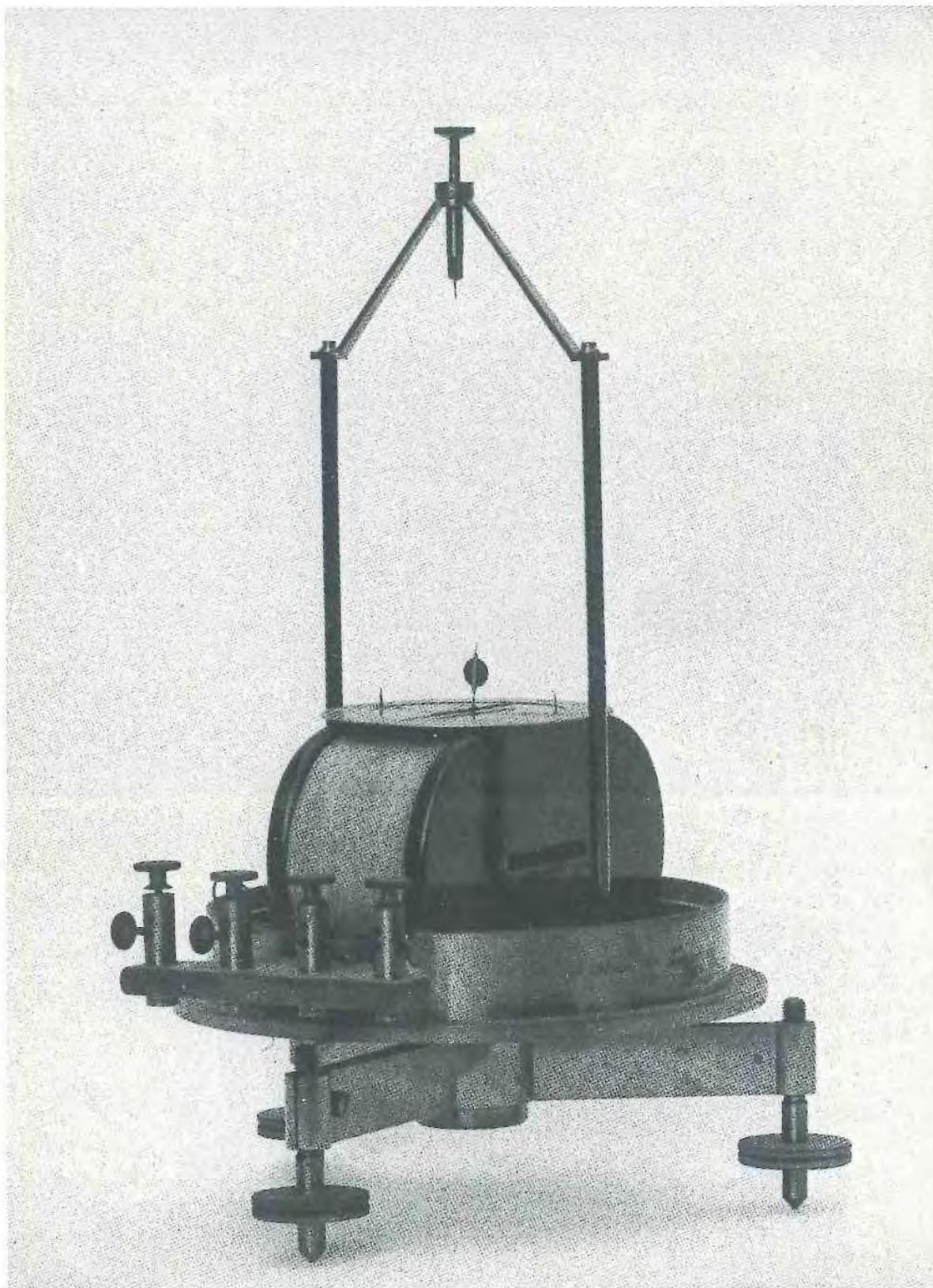
La custodia di vetro presenta alcune lesioni, tuttavia lo stato di conservazione dell'apparecchio è complessivamente buono. L'altezza dello strumento è di 37 cm.

Sul bordo del quadrante sono incisi i dati relativi al costruttore: "Ateliers Ruhmkorff, J. Carpentier, Ing. Costr. Paris, n° 1449".²⁸ C'è motivo di ritenere che l'apparecchio sia posteriore a quelli descritti in precedenza.

²⁷ Per il significato di galvanometro differenziale si veda la scheda n° 19.

²⁸ Jules Adrien Carpentier (Parigi 1851 - Joigny 1921), ingegnere francese. Potenzò le officine fondate a Parigi da Heinrich Daniel Ruhmkorff (vedi nota 23), del quale prese poi il posto dando origine agli Ateliers J. Carpentier, tuttora esistenti. Molti strumenti di misura elettrici nacquero dalla sua collaborazione con Marcel Deprez e Jacques Arsène d'Arsonval (vedi nota 37).

25. Galvanometro astatico differenziale di Nobili.



26. Galvanometro astatico portatile di Nobili.

Nobili ideò questo tipico strumento di laboratorio intorno al 1830. In esso le particolarità costruttive del galvanometro astatico sono ridotte agli elementi essenziali e la struttura è più compatta.

Nell'esemplare che viene qui presentato il telaio è in legno verniciato e reca due avvolgimenti affiancati. Al di sopra di essi è disposto il disco di ottone circondato dall'anello, anch'esso in ottone, sul cui bordo è incisa la scala graduata. Lungo un diametro parallelo al piano delle spire è praticata sul disco la fenditura che consente all'ago inferiore del sistema astatico di disporsi all'interno del circuito. La scala graduata è riportata lungo una semicirconferenza ed è divisa in due parti, ciascuna con graduazione da 0 a 90.

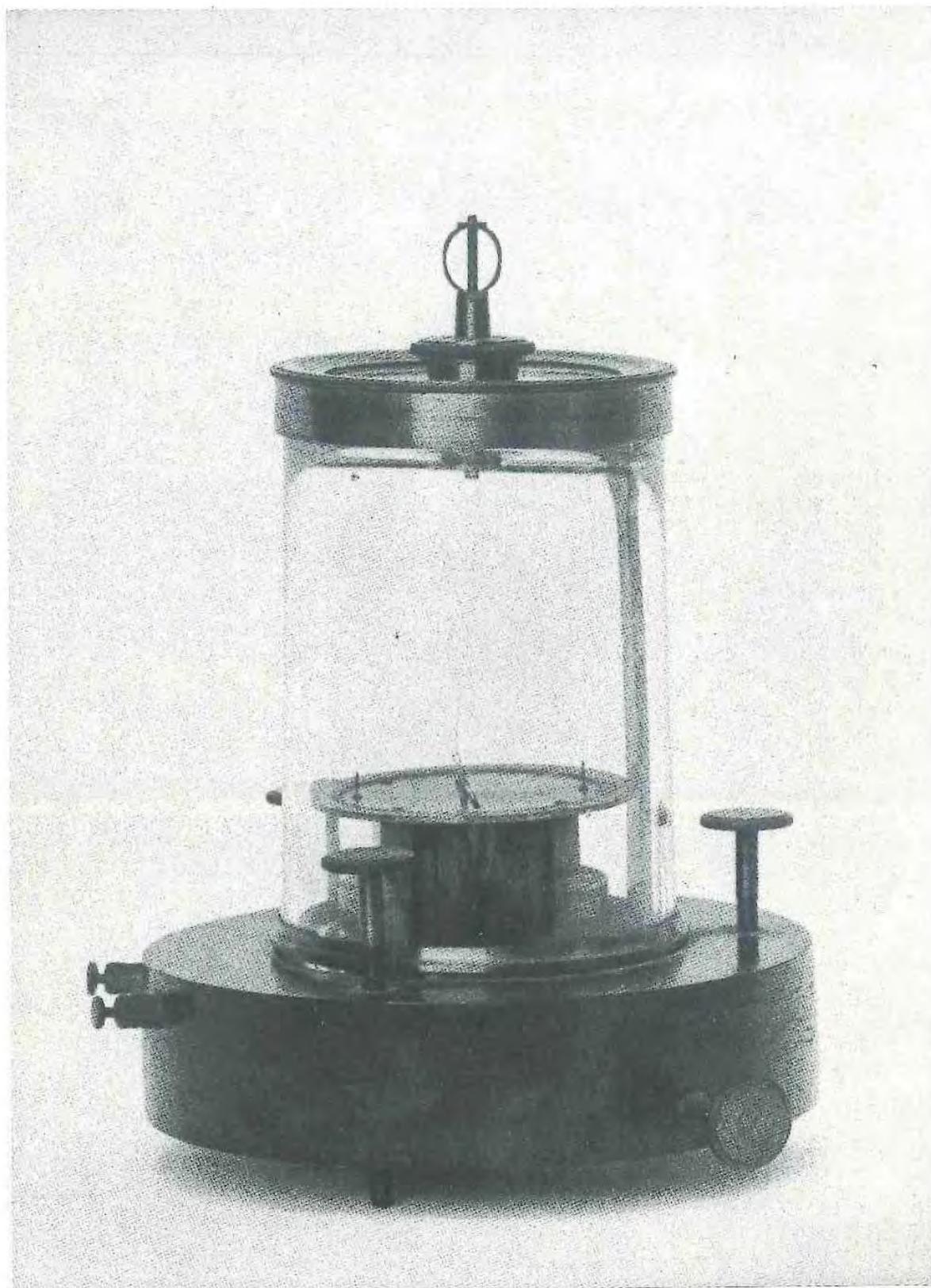
Il filo di torsione che sorregge il sistema astatico è sospeso all'estremità inferiore di una barretta di ottone che attraversa la sommità di una campana cilindrica di vetro protettiva, assai più piccola di quella in dotazione agli strumenti precedentemente descritti. Il supporto della barretta è costituito da una colonnina di ottone opportunamente sagomata. Il bordo della lastra circolare di vetro che chiude in alto la custodia è protetto da una robusta fascia di ottone.

Tutto il sistema è sostenuto da un'ampia base cilindrica di legno verniciato che poggia sulle estremità di tre lunghe viti calanti. Gli spinotti serratili sono fissati orizzontalmente alla superficie laterale della base.

Attraverso la base passa una vite collegata con un ingranaggio che consente al sistema disco-telaio di ruotare intorno ad un asse verticale. La sommità della campana può essere fissata alla barretta che sorregge il filo di sospensione mediante un anello. Togliendo l'anello, si libera la campana che può così essere sollevata.

Lo strumento, il cui stato di conservazione è buono, è alto 22 cm. È molto simile agli esemplari custoditi nel Museo di Storia della Scienza di Firenze.

26. *Galvanometro astatico portatile di Nobili.*



27. Galvanometro astatico di Duboscq.

Fondato sullo stesso principio del galvanometro di Nobili, questo piccolo strumento ha caratteristiche costruttive del tutto particolari.

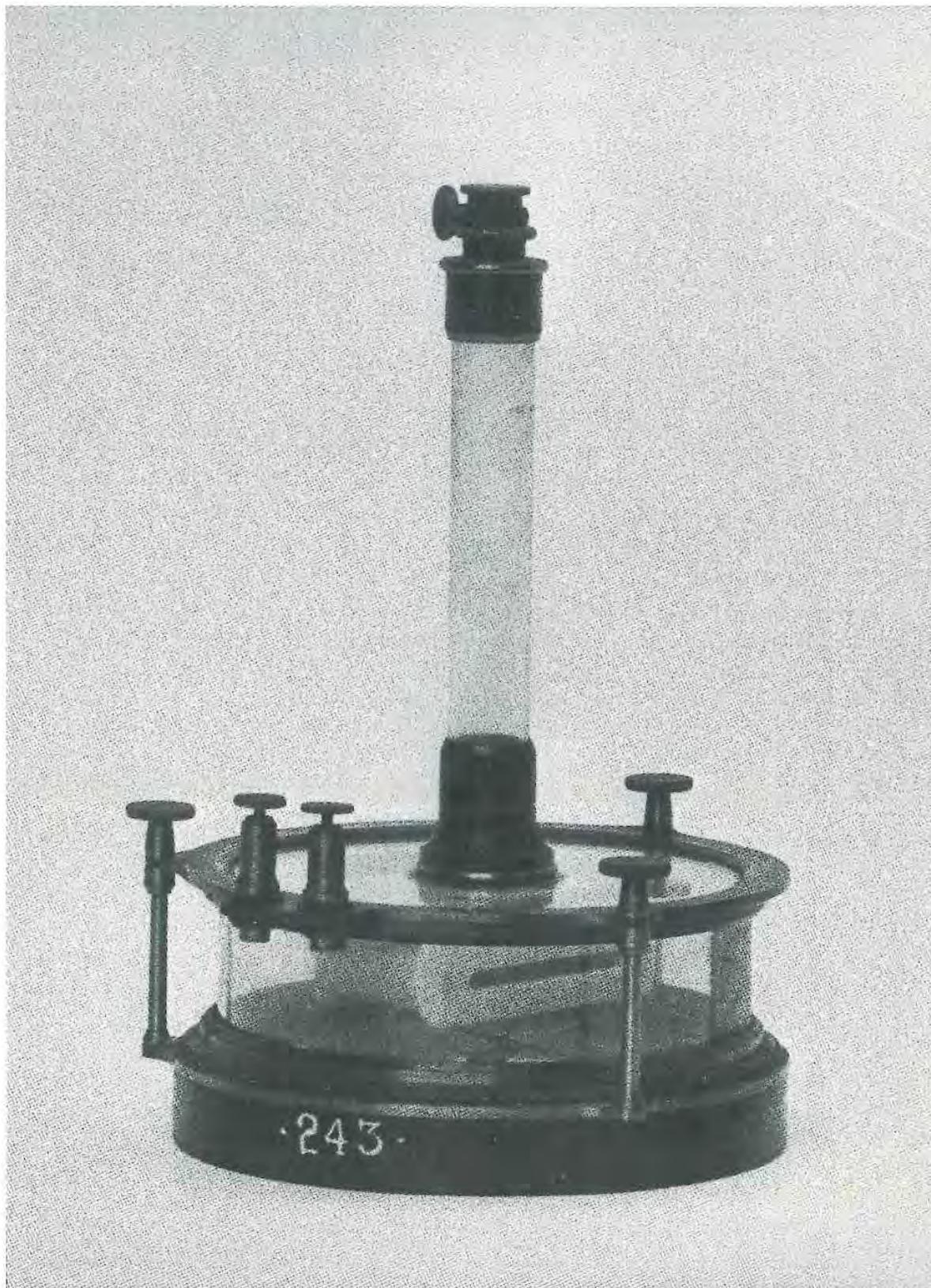
Gli elementi originali riguardano soprattutto la custodia, formata da una scatola cilindrica di vetro chiusa in alto da una lastra circolare di vetro cui fa da cornice un anello di ottone. La scatola si prolunga superiormente con un tubo di vetro chiuso in alto da un cappuccio di ottone e attraversato dal filo di torsione che sorregge il sistema astatico. Il filo è sospeso all'estremità inferiore di una barretta innestata nel cappuccio. In basso il tubo di vetro è incastrato in un manicotto di ottone che si avvita in un anello fissato al centro della lastra di vetro. Le estremità superiori di tre sottili barrette filettate, fissate inferiormente al basamento dello strumento, passano attraverso tre fori praticati nell'anello che fa da cornice alla lastra di vetro. Su di esse si avvitano tre teste zigrinate che consentono di fissare saldamente il coperchio della scatola. Tolte le viti, la lastra ed il tubo possono essere sollevati.

Un'altra particolarità è rappresentata dalla scala graduata che non è, come nel galvanometro di Nobili, riportata sul bordo di un disco di ottone posto al di sopra del telaio, ma è incisa sulla lastra di vetro che costituisce il fondo della scatola protettiva. La scala è divisa in quattro parti eguali, ciascuna con graduazione da 0 a 90. Funge da indice un'asticina collegata con l'ago inferiore del sistema astatico.

Si può dire che l'unico elemento costruttivo comune con il galvanometro di Nobili sia l'avvolgimento, costituito da filo di rame rivestito di seta e piegato intorno a un telaio rettangolare protetto su tre lati da piastrine di avorio.

Lo strumento è firmato da una famosa casa costruttrice francese; sul supporto isolante della bobina è infatti segnato: "J. & A. Duboscq, à Paris". Il galvanometro, che è databile intorno al 1860, è alto 20 cm. Il suo stato di conservazione è buono.

27. Galvanometro astatico di Duboscq.



28. Galvanometro di Magnus.

Questo strumento, proposto da Magnus,²⁹ è un galvanometro di tipo astatico che nelle soluzioni tecniche adottate fa riferimento ad esperienze ormai acquisite. L'apparecchio, le cui caratteristiche strutturali richiamano un po' quelle del galvanometro portatile di Nobili e del galvanometro di Duboscq descritti in precedenza, riunisce non poche qualità: il lungo filo di torsione garantisce una buona sensibilità, la presenza di più circuiti consente allo strumento di funzionare, con sensibilità diverse, da galvanometro differenziale mentre la struttura sufficientemente compatta fa sì che lo strumento possa essere facilmente trasportato.

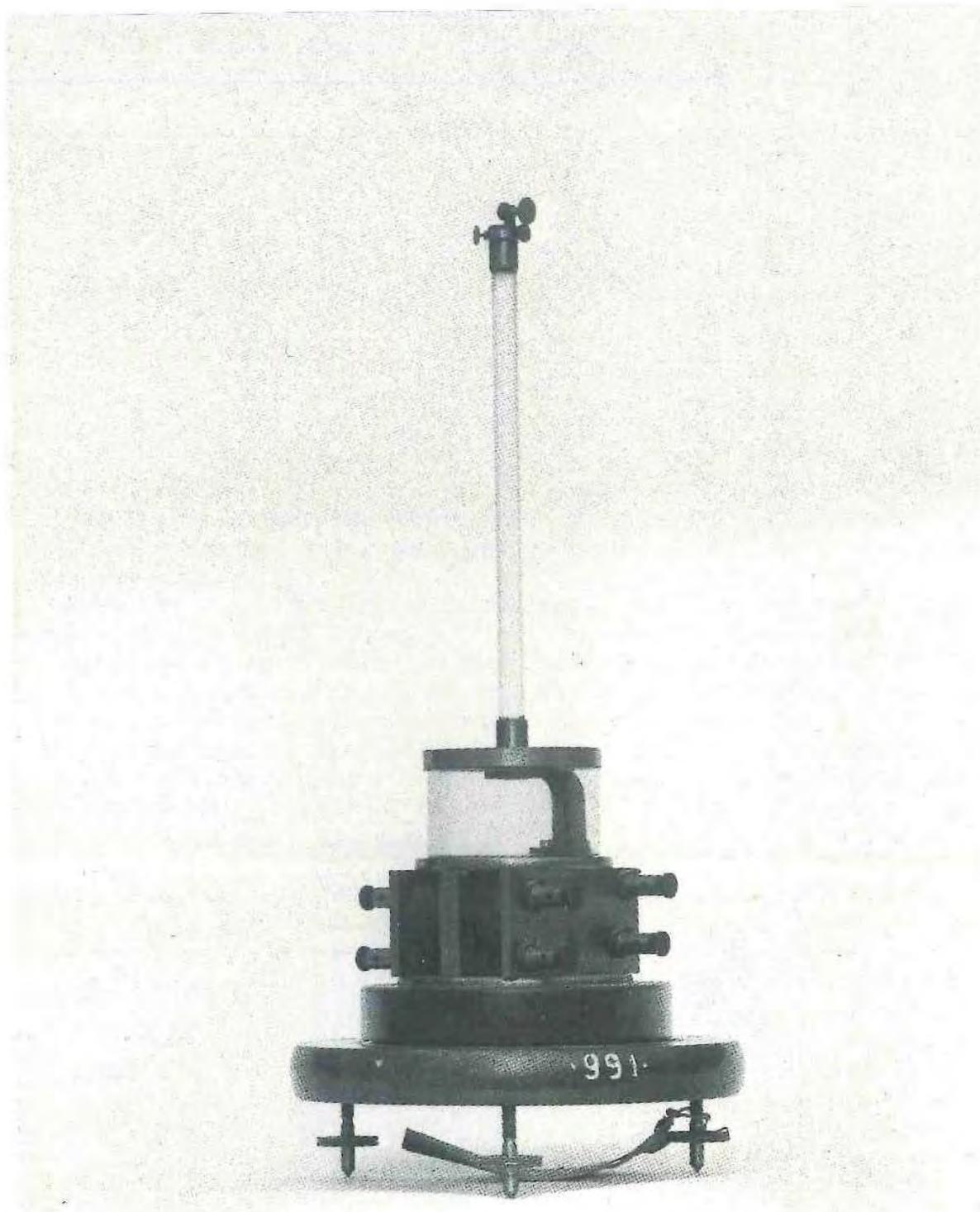
Le due coppie di circuiti, identici, sono disposte fra tre piastre verticali di rame. Il quadrante è al di sopra delle piastre ed è costituito da un disco di ottone graduato, circondato da un anello di rame; la scala è divisa in quattro parti eguali, ciascuna con graduazione da 0 a 90. Le quattro coppie di morsetti serrafili sono fissate alle piastre laterali.

Una campana cilindrica di vetro, protetta in alto da una robusta fascia di ottone, poggia sulle piastre e si prolunga superiormente con un lungo e sottile tubo di vetro. Il sistema astatico è sospeso a un filo che, attarversando il tubo, è collegato in alto con un sistema di viti micrometriche. Il tutto è sostenuto da un'ampia base di legno montata su tre viti calanti.

Lo strumento, che è in buone condizioni, è alto 41 cm. Il costruttore è O. Plath di Potsdam.

²⁹ Heinrich Gustav Magnus nacque nel 1802 a Berlino ove si spense nel 1870. Allievo di J. Berzelius, fu professore di chimica fisica a Berlino. Si occupò soprattutto di problemi di chimica organica e inorganica ma si interessò anche di fisica in generale, con particolare riferimento ai fenomeni termoelettrici ("legge di Magnus") e all'aerodinamica ("effetto Magnus").

28. *Galvanometro di Magnus.*

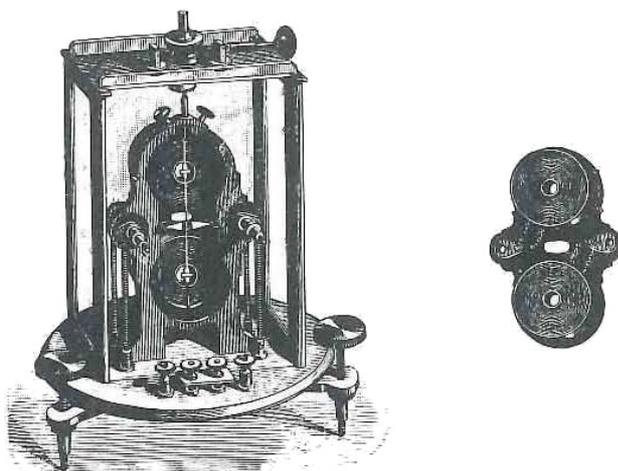


29. Galvanometro di Thomson.

Può considerarsi come una versione, notevolmente perfezionata, del galvanometro di Nobili. La sensibilità migliora mentre la struttura diviene molto più robusta e compatta.

Il sistema astatico è costituito da due gruppi di piccoli e sottilissimi magneti, disposti parallelamente in un piano verticale in modo che i magneti dei due gruppi volgano i poli eteronimi dalla stessa parte. I due gruppi di magneti sono rigidamente collegati fra loro da un'asticella che reca uno specchietto nel punto di mezzo del segmento che li unisce ed una laminetta di mica all'estremità inferiore.³⁰

L'asticella è sorretta da un filo di seta sospeso ad una vite zigrinata che consente la regolazione in altezza del sistema astatico. Lo specchietto permette di misurare gli



angoli di deviazione con il metodo ottico mentre la laminetta di mica ha la funzione di smorzare le oscillazioni. Ciascun gruppo di magneti è all'interno di una bobina formata da due parti affiancate, simmetricamente disposte rispetto a un piano verticale; le due metà sono separate da una cavità in cui si muove la calamita. Le due bobine sono

disposte l'una sull'altra, con i piani di simmetria coincidenti.³¹

La figura mostra il sistema sospeso, reso visibile dall'asportazione delle metà anteriori delle bobine, raffigurate per intero a parte. L'apparecchio prevede anche l'uso di rocchetti intercambiabili, di resistenza diversa, da utilizzare sugli stessi supporti e con il medesimo sistema astatico; ciò consente di modificare la portata e la sensibilità dello strumento.

I rocchetti possono essere collegati in modo che la corrente fluisca in essi in senso opposto; in tal caso le azioni esercitate sui due gruppi di magneti sono concordi e quindi si sommano. Se invece nelle bobine si inviano due correnti distinte che le percorrono nel medesimo senso, le azioni sono discordi e lo strumento misura la differenza fra le intensità delle due correnti: l'apparecchio funziona da galvanometro differenziale. Va da sé che il galvanometro è fornito di quattro morsetti; i collegamenti vengono effettuati in un modo o nell'altro, a seconda dell'uso che dello strumento si vuol fare.

Il sistema di bobine poggia su di una piattaforma circolare di ottone, alla quale sono fissati i quattro serrafili, ed è protetto da una custodia parallelepipedica le cui pareti verticali sono costituite da quattro lastre di vetro; le due laterali sono fisse, quella anteriore e quella posteriore possono scorrere lungo guide verticali. La piattaforma poggia su tre viti calanti; operando su di esse, si può realizzare la condizione per cui il sistema astatico è nel piano di simmetria delle bobine.

Abbiamo visto che nell'azione prodotta da un insieme di spire su di un magnete sospeso la presenza del campo magnetico terrestre si traduce di fatto in una perdita di sensibilità.³² Poiché un sistema di due magneti rigidamente collegati in un piano verticale non può essere rigorosamente astatico, per i galvanometri che utilizzano un equipaggio mobile di questo tipo viene spesso richiesto l'intervento di una "calamita compensatrice".³³

Nel galvanometro di Thomson essa è costituita da un magnete, a forma di arco di circonferenza con la concavità rivolta verso il basso, innestato in un cilindro cavo che, a sua volta, può scorrere lungo un'asta rigida verticale, montata sulla custodia. La calamita può così essere sollevata o abbassata e inoltre compiere rotazioni intorno ad un asse verticale. Se la si dispone, per altezza e orientazione, nella posizione più opportuna, essa riesce praticamente ad equilibrare l'effetto della componente orizzontale del campo magnetico terrestre; più in generale, operando sulla calamita compensatrice, si può influire sulla sensibilità, migliorandola o riducendola a seconda delle necessità. A questo proposito va detto che sul tetto della custodia una lunga vite micrometrica è collegata con un ingranaggio il quale consente all'asta verticale che sorregge il magnete compensatore di compiere piccole rotazioni su se stessa (regolazione fine).

L'esemplare qui presentato è conforme al modello descritto ed è in ottimo stato di conservazione. Sulla piattaforma sono incisi i dati relativi al costruttore: "Ateliers Ruhmkorff, J. Carpentier, Ing^r Const^r, Paris".³⁴

Con il magnete compensatore completamente abbassato lo strumento ha un'altezza di 58 cm circa.

³⁰ La massa totale dell'equipaggio mobile non è superiore a un decigrammo.

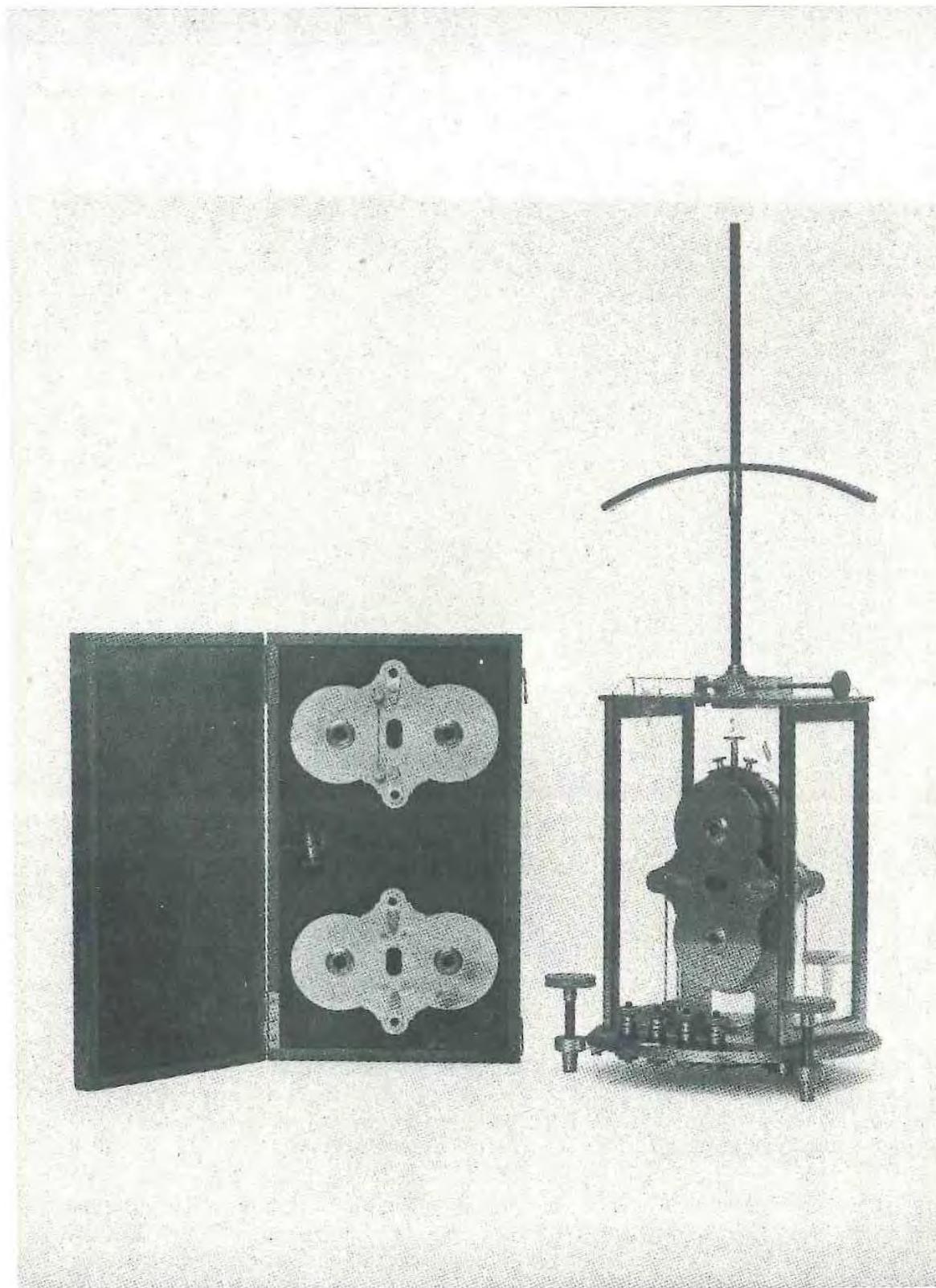
³¹ Del galvanometro di Thomson esiste anche una versione a una sola bobina.

³² Si veda la scheda n° 21.

³³ Lo stesso accorgimento è adottato in alcuni tipi di galvanometro a magnete mobile non utilizzando un sistema astatico.

³⁴ Si veda la nota 28.

29. *Galvanometro di Thomson.*



30. Galvanometro di Wiedemann a quattro bobine.

I due gruppi di magneti di un sistema astatico, del tutto simile a quello adottato nel galvanometro di Thomson, sono alloggiati in due piccole cavità, ciascuna all'interno di un cilindro di rame.³⁵ Ogni cilindro è diviso in due parti eguali collegate con due piastre verticali di rame; una piastra è fissa, l'altra può essere rimossa in modo da consentire di accedere agli aghi. Il sistema astatico è sospeso a un sottile filo di torsione che attraversa un lungo tubo di ottone ed è fissato in alto ad una vite micrometrica. Uno specchietto, per la misurazione degli angoli di deviazione con il metodo ottico, è in corrispondenza di una finestra circolare praticata in una cavità cilindrica disposta fra le piastre di rame ed il tubo di ottone. Tutto il sistema è sostenuto da due colonnine di ottone fissate ad una piastra orizzontale, anch'essa in ottone, che a sua volta poggia su di un treppiede a viti calanti.

Lungo una barra orizzontale di ottone, fissata alla piastra, possono scorrere due aste verticali su ciascuna delle quali sono montate due bobine identiche, costituite da un sottile filo di rame rivestito e avvolto su di un supporto di ebanite. Delle viti consentono di fissare le aste alle barre orizzontali nelle posizioni desiderate. I rocchetti inferiori sono sullo stesso asse, così quelli superiori; i due assi, paralleli ed orizzontali, passano per i punti in cui sono disposti i due gruppi di magneti.

L'equipaggio mobile è sensibilmente in equilibrio se i quattro rocchetti, disposti in serie, sono percorsi dalla corrente nello stesso senso; viceversa, se il collegamento in serie viene realizzato in modo che la corrente fluisca nelle bobine inferiori in senso

opposto a quello delle bobine superiori, gli effetti si sommano e il sistema sospeso devia. Modificando le posizioni delle due coppie di rocchetti, si può variare la sensibilità in un intervallo molto ampio. Lo strumento funziona da galvanometro differenziale se alle bobine inferiori e a quelle superiori si adducono due correnti distinte che le percorrano nello stesso senso.

Del galvanometro di Wiedemann ³⁶ esistono numerose versioni, a due, a quattro e a otto bobine. Con apparecchi di questo tipo si possono realizzare sensibilità più elevate di quelle ottenibili con altri galvanometri a magnete mobile.

Lo stato di conservazione dello strumento descritto è complessivamente buono. L'altezza è di 62 cm. Non si conosce il nome del costruttore.

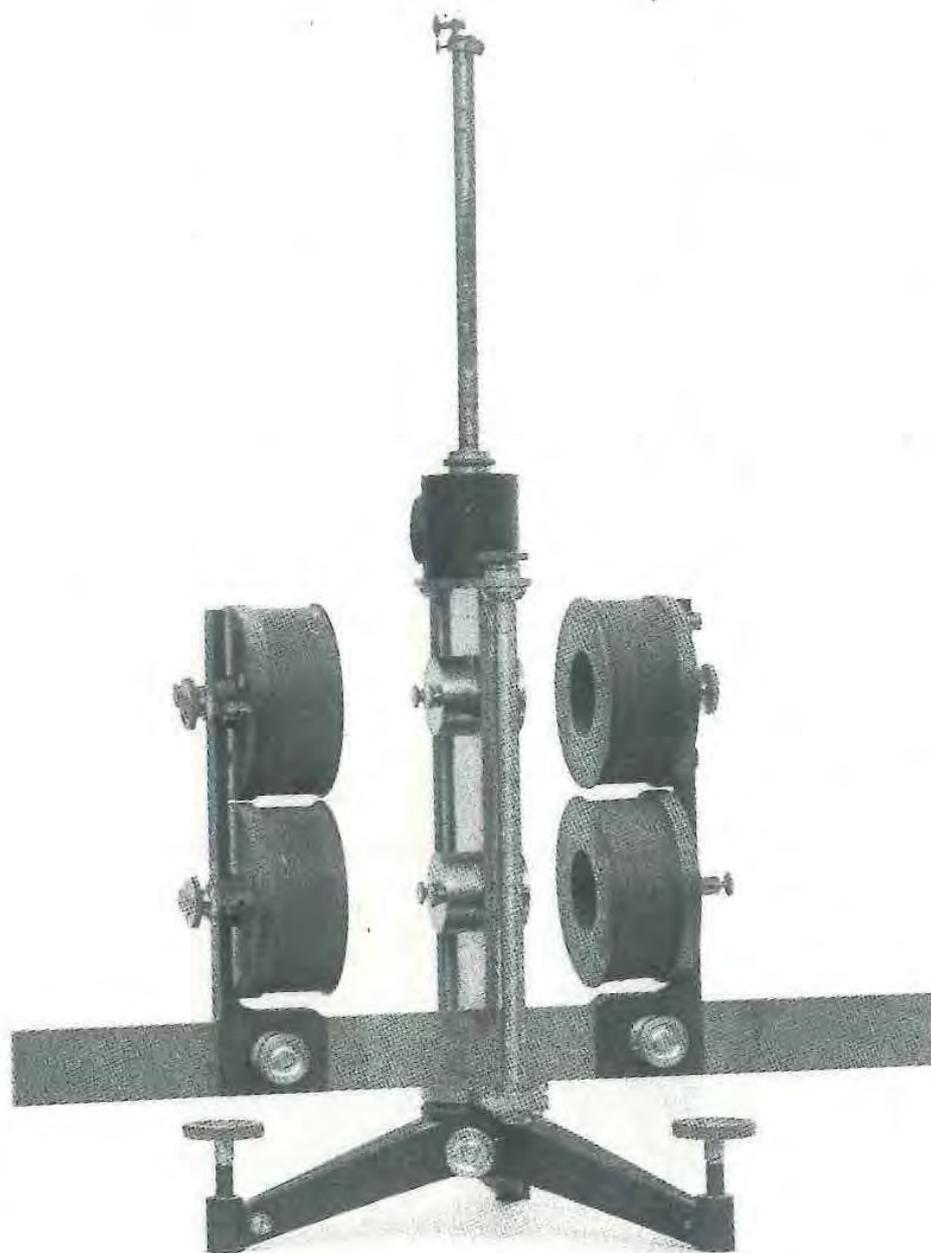
³⁵ Ci sembra giunto il momento di esaminare, sia pure brevemente, i meccanismi che nei galvanometri antichi determinavano lo smorzamento delle oscillazioni dell'equipaggio mobile. Prima dell'avvento del galvanometro a bobina mobile (vedi scheda successiva) il problema legato allo smorzamento era molto sentito perché non appariva di facile soluzione.

Mentre nel galvanometro di Bourbouze la resistenza dell'aria e l'attrito fra il coltello e il supporto fanno sì che l'ampiezza delle oscillazioni diminuisca piuttosto rapidamente, più serio appare il problema per i galvanometri astatici per i quali non si realizza, in genere, uno smorzamento altrettanto efficace. Eppure qui alla forza resistente esplicita dall'aria sull'equipaggio mobile (soprattutto sull'ago inferiore che oscilla in una cavità all'interno dell'avvolgimento) si aggiunge lo smorzamento legato alle correnti indotte che si destano in virtù del fatto che l'ago superiore si muove in prossimità di una piastra di rame o di ottone. Già nei primi strumenti da lui realizzati, fra il 1825 e il 1830, Nobili adottò un quadrante di ottone ma, nello scegliere questo materiale, egli non poteva certo pensare al fenomeno d'induzione elettromagnetica che non era ancora conosciuto (la scoperta delle correnti indotte da parte di Faraday è del 1831). In seguito, una volta che il fenomeno fu ben chiaro, la scelta dei quadranti di ottone o di rame fu fatta a ragion veduta.

Nel galvanometro di Thomson da smorzatore funge principalmente la laminetta di mica posta all'estremità inferiore del sistema sospeso ma contribuiscono efficacemente allo smorzamento anche lo specchietto e i due gruppi di magneti alloggiati all'interno di due piccole cavità. Nel galvanometro di Wiedemann, infine, l'artificio consiste nel fare in modo che l'ago si muova in una cavità, all'interno di un cilindro di rame, di dimensioni appena sufficienti da consentire al magnete di oscillare. In tali condizioni lo smorzamento è determinato sia dalle correnti indotte sia dalla resistenza offerta dall'aria al movimento dell'ago nel piccolo vano a disposizione.

³⁶Gustav Heinrich Wiedemann nacque a Berlino nel 1826 e morì a Lipsia nel 1899. Professore di fisica sperimentale nelle Università di Basilea, Brunswick e Lipsia, nel 1877 succedette a Poggendorff nella direzione degli "Annalen der Physik und Chemie". Il suo vasto trattato sull'elettricità, "Lehre von der Elektrizität" (1882 - 85), è la prima esposizione sistematica di questa parte della fisica. Il suo nome è anche legato alla legge che esprime, per i metalli puri, la proporzionalità fra la conducibilità elettrica e quella termica misurate alla medesima temperatura (legge di Wiedemann e Franz).

30. Galvanometro di Wiedemann a quattro bobine.



31. Galvanometro di Deprez-d'Arsonval.

Il galvanometro proposto da Deprez e d'Arsonval differisce nettamente da quelli finora descritti perché, al contrario di questi, è fondato sull'azione che un magnete fisso esplica su di un circuito mobile percorso dalla corrente da misurare. Per tale motivo esso viene anche designato con il nome di galvanometro "a bobina mobile". Rispetto agli apparecchi "a magnete mobile" il principio costruttivo è totalmente rovesciato.

Fra i poli di un magnete permanente a ferro di cavallo è sospesa una bobina rettangolare tra due fili metallici tesi verticalmente e collegati con i due estremi del circuito. Questi fili hanno la duplice funzione di addurre alla bobina la corrente da misurare e di dar luogo, con la rotazione dell'equipaggio mobile, ad un momento antagonista. Il telaio su cui sono avvolte le spire circonda un cilindro di ferro dolce tenuto fermo da un corto braccio collegato con la colonnina di ottone che sorregge il filo di sospensione superiore. La presenza del nucleo cilindrico fa sì che nell'intraferro si abbia un campo magnetico molto intenso e sensibilmente uniforme in tutto il volume occupato dalle spire. Inoltre, e questo è il vantaggio maggiore che il galvanometro a bobina mobile presenta rispetto a quelli a magnete mobile, l'elevata intensità del campo magnetico fa sì che la bobina non risenta, in pratica, delle fluttuazioni dei campi magnetici esterni.

La corrente che circola nella bobina causa una rotazione del telaio alla quale si oppone il momento generato dalla torsione dei fili di sospensione; l'angolo di deviazio-

ne che caratterizza la nuova posizione di equilibrio assunta dal telaio è, secondo una costante dipendente dallo strumento, sensibilmente proporzionale all'intensità di corrente, ed è misurabile con il metodo ottico.

Un altro vantaggio offerto dal galvanometro a bobina mobile è costituito dal fatto che, a causa delle correnti indotte nella bobina dal movimento del telaio, le oscillazioni dell'equipaggio mobile risultano essere notevolmente smorzate.

L'intero sistema è poggiato su di un'ampia piattaforma circolare di legno, scanalata e munita di un piede fisso e due viti calanti. La scanalatura è destinata ad accogliere il bordo di una campana di vetro protettiva.

Lo stato di conservazione dell'esemplare qui presentato è buono. Alla piattaforma sono applicate due targhette di ottone. Su di una si legge: "Galvanomètre Deprez-d'Arsonval", l'altra reca il nome del costruttore: "J. Carpentier, Paris".³⁷ L'altezza, misurata dalla sommità della campana di vetro, è di 31 cm.

Continui perfezionamenti apportati al primitivo galvanometro di Deprez-d'Arsonval hanno condotto alla realizzazione di strumenti molto compatti, di sensibilità elevatissima (sino a 10^{-10} ampère). Sullo stesso telaio mobile sono stati spesso predisposti due distinti avvolgimenti, di resistenza diversa, che hanno consentito di disporre di due diverse sensibilità; inoltre, utilizzando, per la misurazione dell'intensità di corrente, uno dei due circuiti, e chiudendo l'altro su di una resistenza di valore opportuno, si son potute ottenere convenienti condizioni di smorzamento (moto periodico smorzato, moto aperiodico, smorzamento critico).

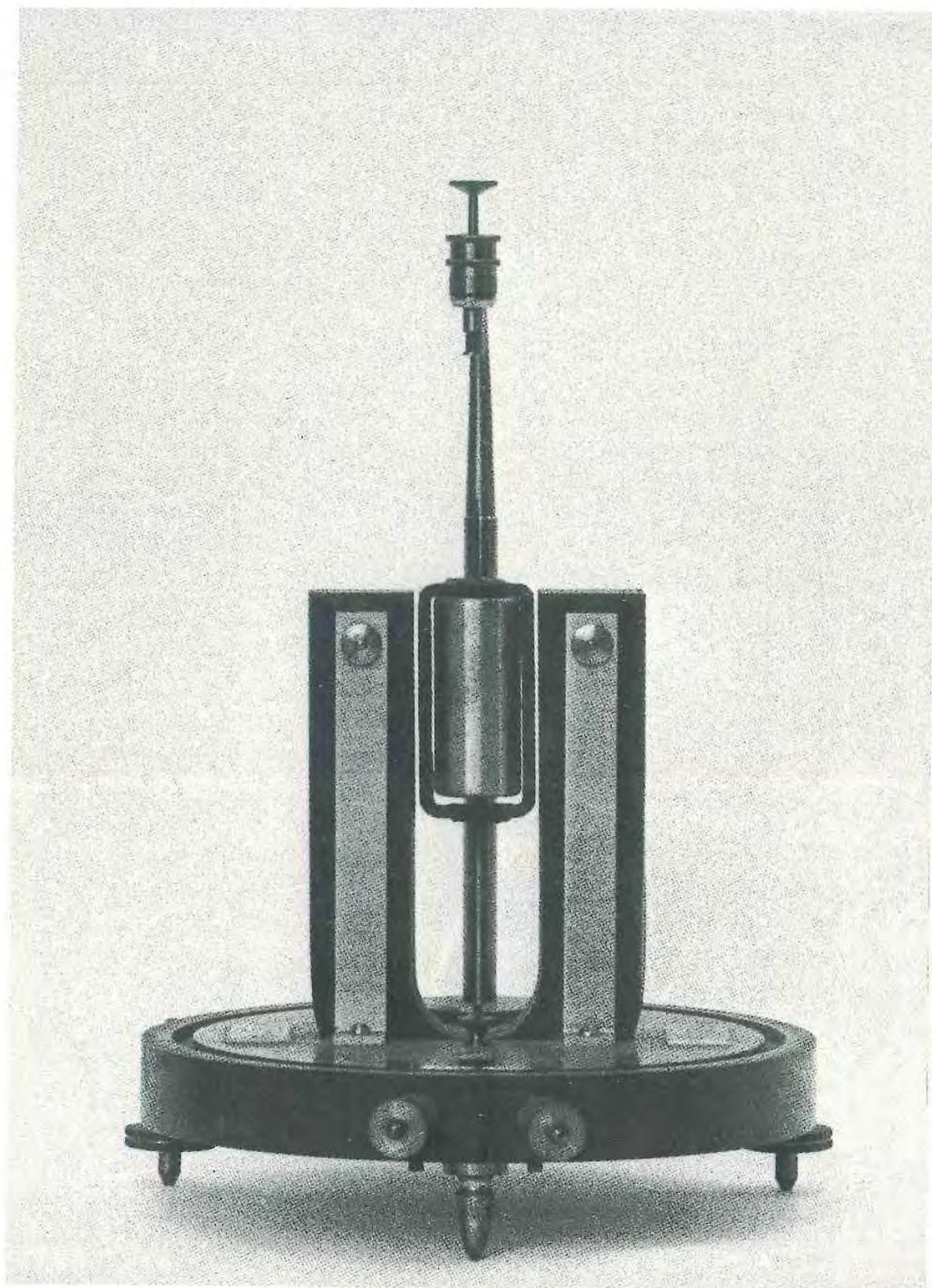
Dal galvanometro di Deprez-d'Arsonval sono derivati tutti gli strumenti a bobina mobile portatili e da pannello.

³⁷ Marcel Deprez, ingegnere francese, nato ad Aillant-sur-Milleron nel 1843 e morto a Vincennes nel 1918. Realizzò alcune tra le prime trasmissioni di energia a distanza e diede notevoli contributi in altri campi della meccanica e dell'elettrotecnica.

Jacques Arsène d'Arsonval, biofisico francese, nato a La Porcherie nel 1851 e spentosi a Limoges nel 1940. Direttore del Laboratorio di fisica biologica e professore di medicina sperimentale al Collège de France. Compì numerose ricerche sugli effetti fisiologici delle correnti elettriche ed altri studi nel campo della fisica pura.

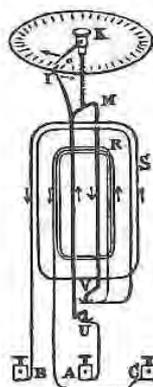
Molti strumenti di misura elettrici nacquero dalla collaborazione di Deprez con d'Arsonval e con l'ingegnere Jules Adrien Carpentier (vedi nota 28).

31. *Galvanometro di Deprez-d'Arsonval.*



32. Elettrodinamometro a torsione.

Destinato anch'esso alla misurazione di intensità di corrente, è fondato sull'interazione elettrodinamica fra due circuiti percorsi dalla corrente da misurare. Nella figura viene mostrato lo schema dei circuiti.



Una bobina fissa S, le cui spire sono disposte in un piano verticale, fa capo al serrafili B e al pozzetto di mercurio V. Gli estremi di una grossa spira rettangolare M, costituita da uno spesso filo di rame, pescano nei pozzetti V ed U. La spira è sospesa al bottone K per mezzo di un filo di seta privo di torsione ed è, in assenza di corrente, tenuta in un piano perpendicolare ad S da una molla elicoidale di bronzo che circonda

il filo di seta; in tali condizioni l'indice I è sullo zero di una graduazione riportata sul bordo di un disco.

La corrente da misurare, addotta ai due morsetti A e B, percorre il rocchetto fisso e la spira mobile disposti in serie; di conseguenza la spira ruota di un angolo tale che il momento legato all'azione elettrodinamica venga equilibrato dal momento generato dalla torsione della molla. Il bottone K, cui è fissato un estremo della molla, è solidale con un secondo indice; una volta raggiunta la nuova posizione di equilibrio, si può, operando su di esso, portare i due indici in coincidenza e prender nota dell'angolo di torsione anche quando lo strumento non sia più inserito.

Un secondo rocchetto R, costituito da un numero maggiore di spire, fa capo al pozzetto V ed al serrafili C, e viene utilizzato per correnti più deboli.

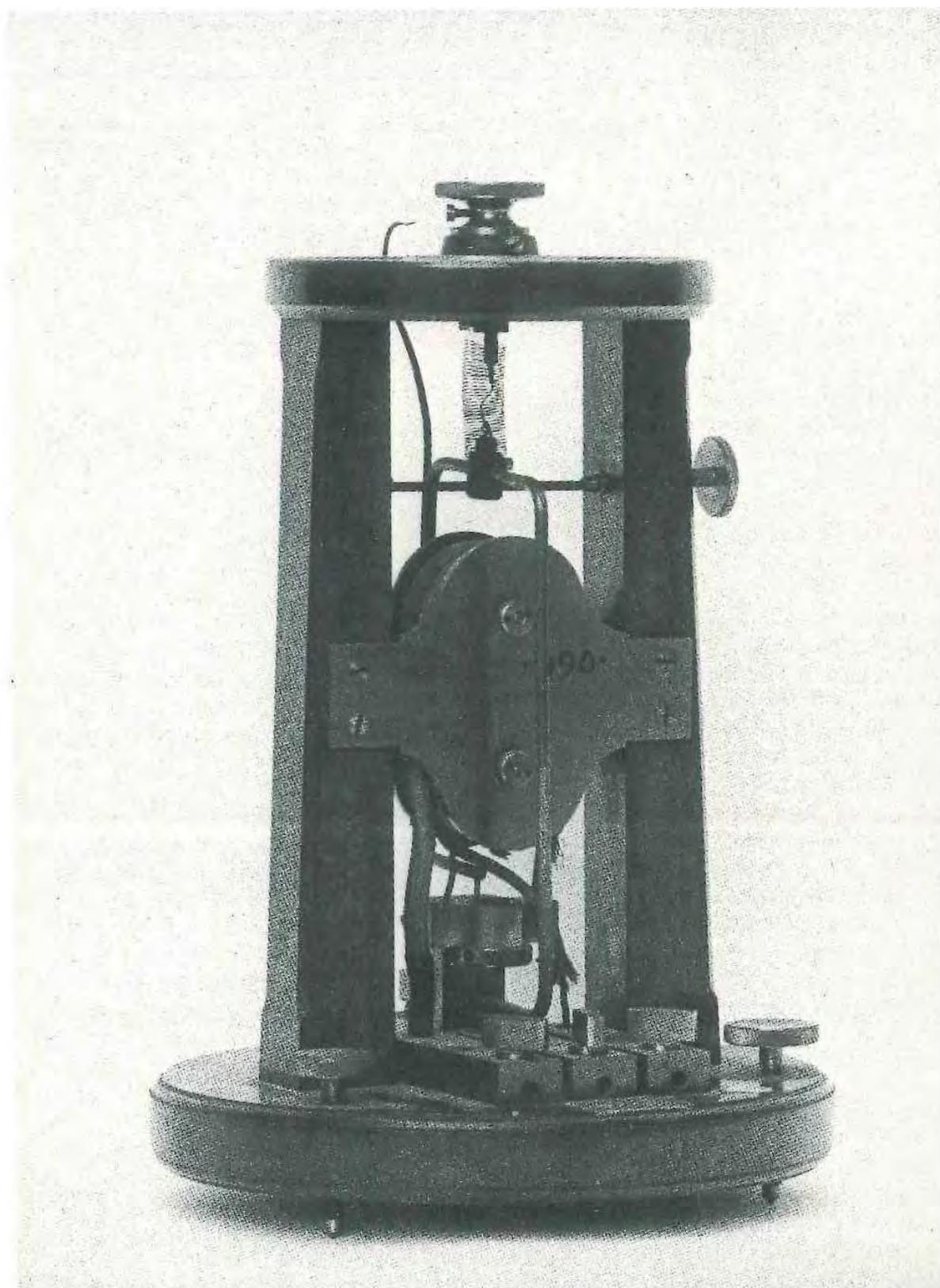
L'angolo di torsione risulta essere proporzionale, secondo un coefficiente il cui valore è determinato dalle caratteristiche dei circuiti interagenti, al quadrato dell'intensità di corrente, e quindi indipendente dal senso della corrente. Pertanto l'elettrodinamometro, a differenza dei galvanometri a magnete mobile o a telaio mobile, consente misurazioni sia in corrente continua sia in corrente alternata. Dall'elettrodinamometro a torsione sono derivati tutti gli strumenti elettrodinamici (amperometri, voltmetri, wattmetri) utilizzati per misurazioni in corrente alternata.

L'esemplare qui presentato è in ottimo stato di conservazione. I due rocchetti sono disposti fra due piastre di ottone protettive, fissate a due robuste colonnine di legno; queste sorreggono il quadrante e sono a loro volta sostenute da un'ampia base di legno munita di un piede fisso e due viti calanti. Il quadrante è costituito da una scala, con graduazione da 0 a 360, riportata su di un cartoncino incollato a un pannello circolare di legno.

Un'asticella, perpendicolare al piano della spira mobile e con essa rigidamente collegata, può essere bloccata tra le due colonnine mediante un'apposita vite. Questa operazione va effettuata ogni volta che lo strumento debba essere trasportato. Ruotando la vite nell'altro senso, si sblocca l'asticella e, con essa, si libera la spira.

Sul quadrante sono segnati i dati relativi al costruttore: "E. Hartmann & C°, Würzburg". L'altezza dello strumento è di 30 cm.

32. *Elettrodinamometro a torsione.*



33. Bussola delle tangenti.

La bussola delle tangenti, ideata da Pouillet ³⁸ nel 1837, è il primo strumento che abbia consentito la misurazione assoluta dell'intensità di corrente.

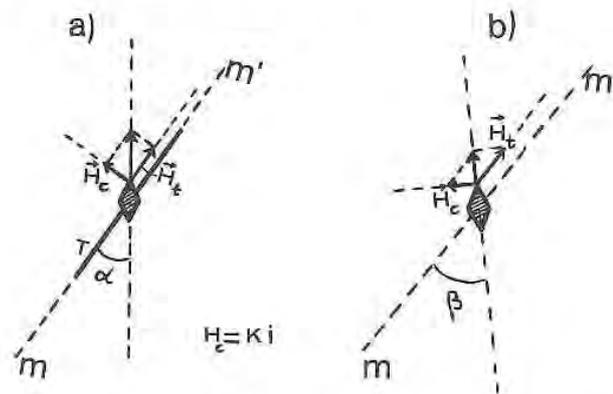
Su di un telaio circolare scanalato, disposto in un piano verticale, sono avvolte un certo numero di spire, praticamente complanari, di filo di rame isolato; esse possono costituire un circuito unico o più circuiti distinti.

Le serie di spire fanno capo a morsetti serratili solidali con il treppiede che sostiene il telaio. Questo è girevole intorno al suo asse diametrale verticale e può essere fissato in una posizione qualsiasi mediante una vite a pressione. Nel piano diametrale orizzontale del telaio un corto aghetto magnetizzato, a forma di losanga, è appoggiato nel suo punto di mezzo su di un perno fissato sul fondo di una bassa scatola cilindrica, chiusa in alto da una robusta lastra di vetro; l'ago può così liberamente ruotare in un piano orizzontale. Il punto di mezzo del magnete coincide con il centro del telaio circolare. La lunghezza dell'ago è generalmente di 2 - 3 cm, il diametro del telaio di 25 - 30 cm.

Un lungo e leggero indice doppio è fissato al magnete in direzione perpendicolare alla sua lunghezza e, al ruotare dell'ago, si muove lungo una scala circolare graduata, riportata sul bordo inferiore della scatola cilindrica. La scala è in effetti divisa in quattro parti eguali, ciascuna con graduazione da 0 a 90. Il sistema costituito dal telaio e della scatola è sostenuto da un robusto stelo, a sua volta sorretto da un treppiede a viti calanti.

In assenza di corrente, l'aghetto risente del solo campo magnetico terrestre \overline{H}_T . Prima di procedere alla misurazione occorre ruotare il telaio e disporlo in modo che esso sia contenuto nel piano del meridiano magnetico. Se si chiude il circuito, l'ago è immerso anche nel campo \overline{H}_C generato dalla corrente, il quale è perpendicolare al primo e sensibilmente uniforme su tutta la lunghezza dell'ago. Per l'azione simultanea

dei due campi l'ago devia e si riporta in equilibrio orientandosi lungo la direzione del campo risultante.



In figura a) $m m'$ indica il piano del meridiano magnetico, T è il telaio ed α l'angolo di deviazione, alla cui tangente l'intensità di corrente è proporzionale. La misurazione assoluta dell'intensità di corrente è possibile una volta che siano noti il numero di spire, il raggio di ciascuna di esse e il valore della componente orizzontale del campo magnetico terrestre.

Lo strumento che viene qui presentato può funzionare anche da "bussola dei seni". Il telaio circolare, ruotando, trascina con sé un'alidada scorrevole su di un cerchio graduato orizzontale. In assenza di corrente l'ago e il telaio sono nel piano del meridiano magnetico; una volta che, per il passaggio della corrente, l'ago abbia deviato, l'uso dell'apparecchio come bussola dei seni richiede che si ruoti il telaio sino a riportarlo nel piano verticale che contiene l'ago. L'angolo β di cui si deve ruotare il telaio per realizzare questa condizione si legge sul cerchio graduato; come mostra la figura b), l'intensità di corrente è direttamente proporzionale al seno di tale angolo.

L'apparecchio è corredato di una livella a bolla d'aria; se, operando sulle viti calanti, si centra la bolla, si rende orizzontale la scatola cilindrica consentendo così all'ago e all'indice di muoversi correttamente in un piano parallelo a quello della scala. La presenza di quattro morsetti serratili indica che sul telaio sono avvolti due circuiti; si possono realizzare due diverse sensibilità e si può altresì adoperare la bussola come strumento differenziale.

Agendo su di una vite posta al di sotto della scatola, si solleva una piastra che blocca l'ago e l'indice; l'operazione va effettuata quando lo strumento debba essere trasportato.

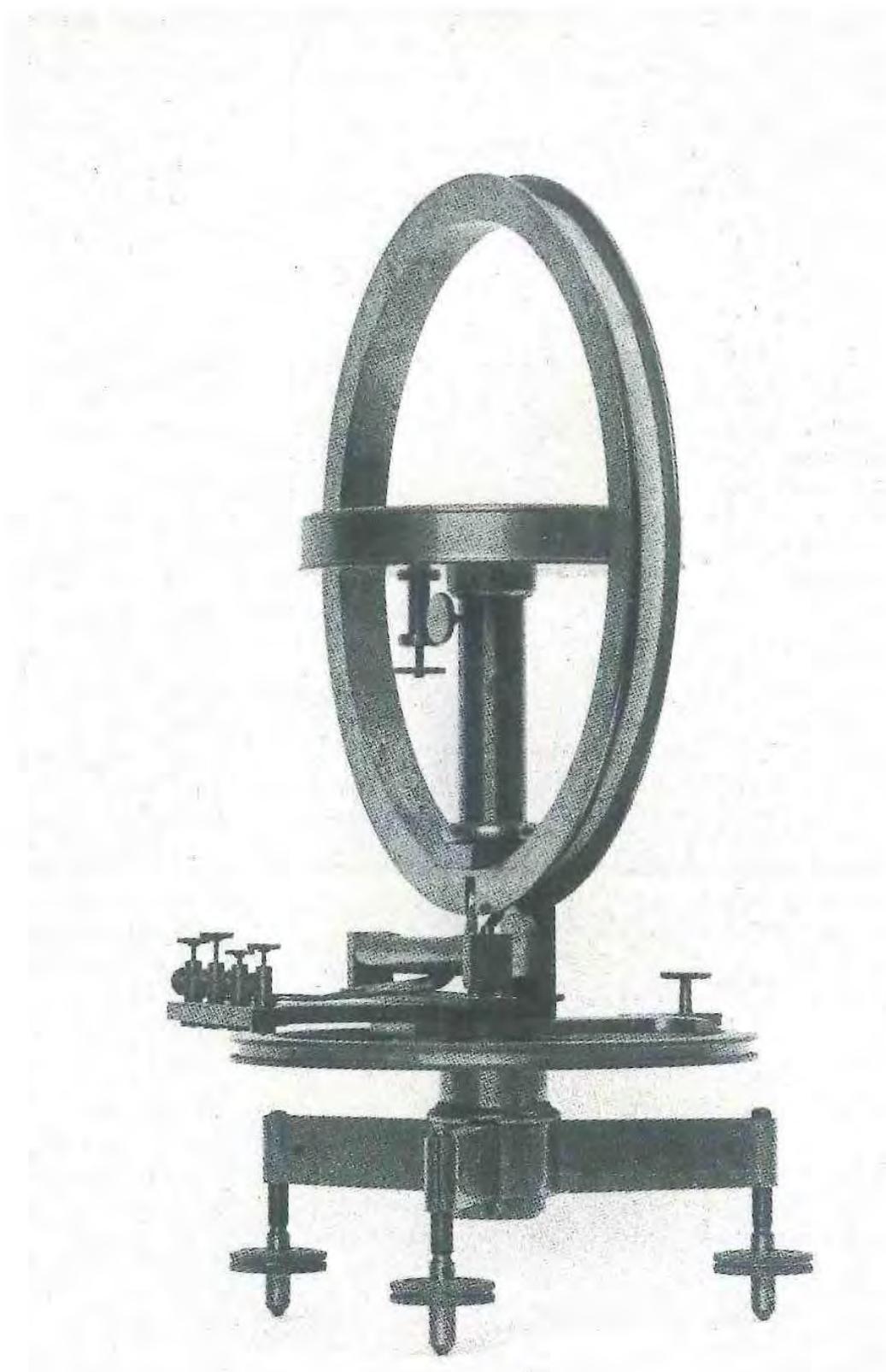
Se si fa astrazione dall'ago, dall'indice e dal filo conduttore, l'apparecchio è interamente in ottone. Lo stato di conservazione è molto buono. L'altezza è di 50 cm.

Non si conosce il nome del costruttore.

³⁸ Claude-Servais-Mathias Pouillet, fisico francese (Cuzance, 1791 - Parigi, 1868), fu professore alla École Polytechnique e membro dell'Accademia delle Scienze. Oltre che alla bussola delle tangenti, il suo nome è legato alla realizzazione di un pirometro termoelettrico e di un pireliometro.

Un esemplare del pireliometro di Pouillet figura nel nostro precedente catalogo ("Meccanica dei fluidi e terminologia", pagg. 76-77).

33. *Bussola delle tangenti.*



34. Motorino elettrico a corrente continua.

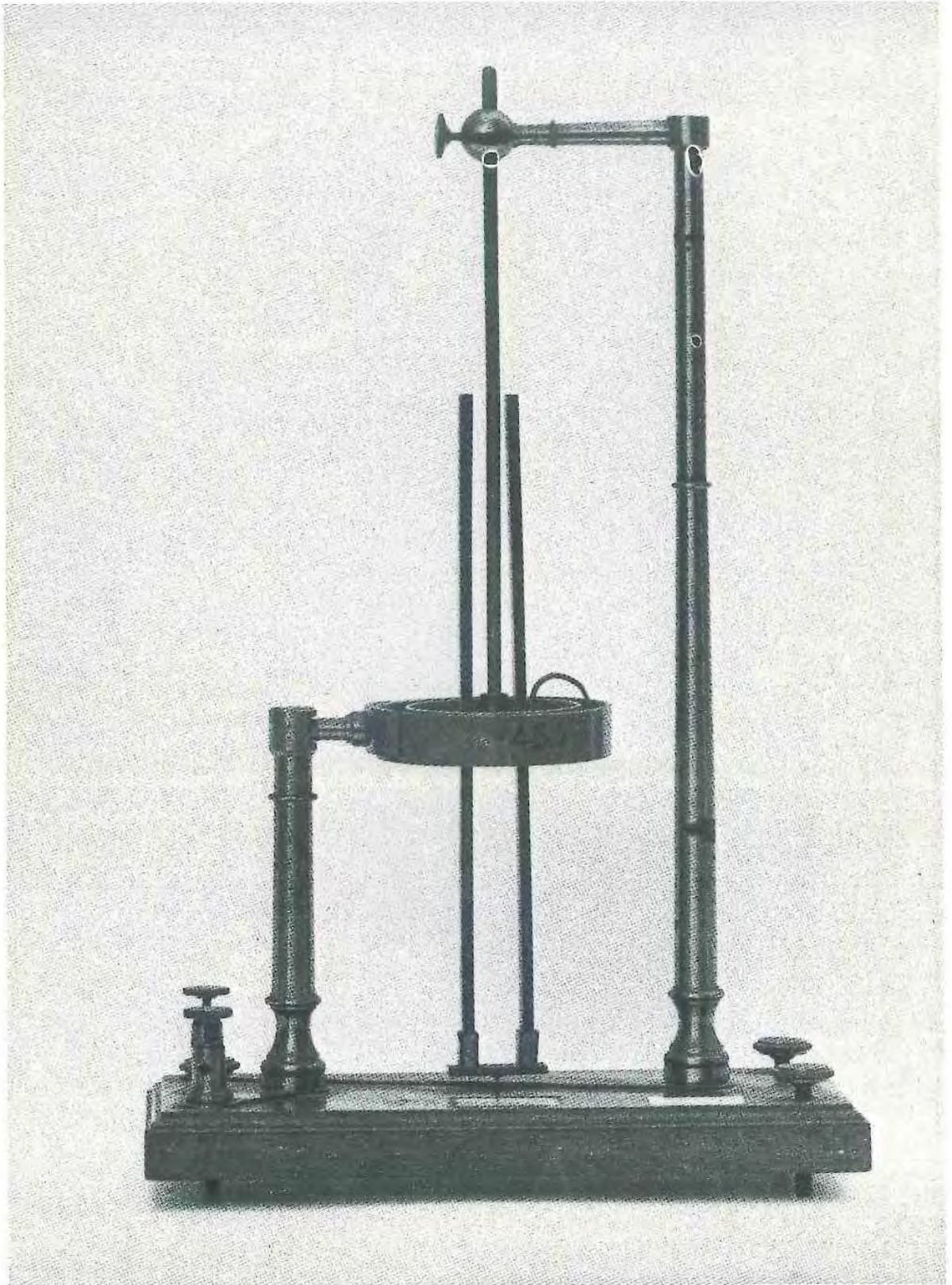
Ad una base rettangolare di legno, munita di tre viti calanti, sono fissate due colonnine di ottone, di lunghezza notevolmente diversa. All'estremità superiore di quella più lunga è collegata, mediante un braccio orizzontale, una lunga barretta verticale di rame. L'estremità inferiore della barretta è circondata da una conchetta anulare di legno contenente mercurio; la vaschetta è sostenuta dalla colonnina più corta che, attraverso un foro praticato nella conchetta, è a contatto con il liquido. Due morsetti serratili, fissati alla base, sono metallicamente collegati con le due colonnine.

Due magneti permanenti rettilinei, disposti verticalmente e simmetricamente rispetto alla barretta di rame, volgono dalla stessa parte i poli omonimi; essi sono montati su di una piastrina girevole che consente loro di ruotare, con piccolo attrito, intorno all'asse di simmetria del sistema. L'estremità inferiore del conduttore verticale è in comunicazione metallica con una punta di rame fissata ad una delle due calamite; la punta, pescando nel liquido della conchetta, chiude il circuito costituito dal mercurio, dalla barretta di rame e dalle due colonnine di ottone.

Se si collegano i due morsetti con una batteria di pile o di accumulatori, le due calamite si trovano immerse nel campo magnetico generato dalla corrente che fluisce nel conduttore rettilineo fra di esse interposto; l'azione sui due magneti è concorde cosicché il sistema si pone in rotazione trascinando con sé il contatto strisciante e assumendo in breve una velocità di regime che si può eventualmente modificare facendo variare l'intensità di corrente. Il senso della rotazione s'inverte se s'inverte il senso della corrente mediante un commutatore inserito nel circuito.

L'apparecchio, che ha solo una funzione didattica, è integro ed ha un'altezza di 36 cm. Una targhetta, fissata alla base, reca i dati relativi al costruttore: "I. Newmann, 122 Regent Street, London".

34. *Motorino elettrico a corrente continua.*



35. Motorino elettrico di Breton a corrente continua.

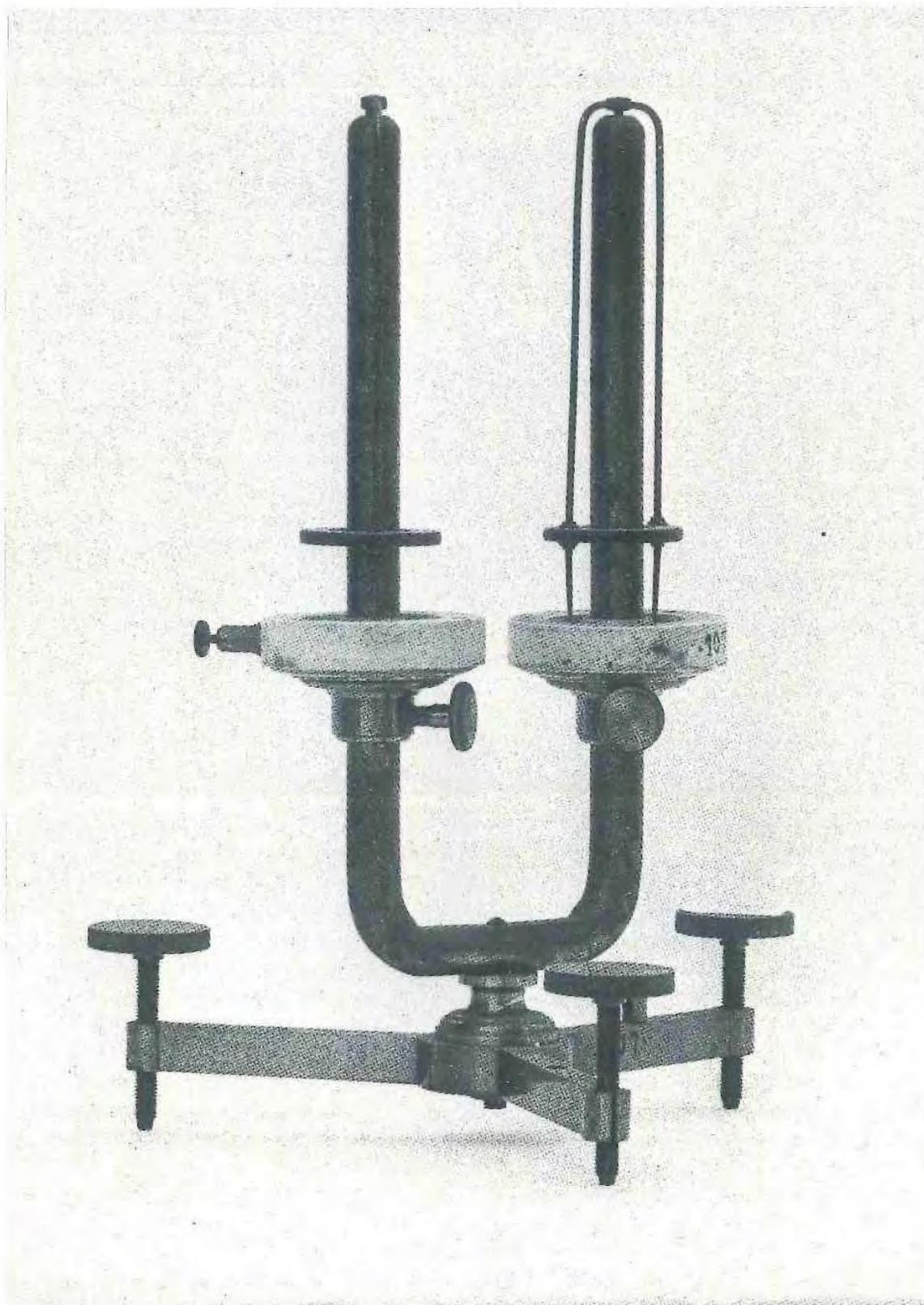
Un magnete permanente piegato ad U è montato su di un treppiede a viti calanti in modo che i suoi rami siano verticali e i poli rivolti verso l'alto. Intorno a ciascun ramo è fissata, mediante una vite, una conchetta anulare di porcellana, contenente mercurio. Un filo di rame è piegato intorno a ognuno dei bracci ed è vincolato nel suo punto di mezzo mediante una punta che poggia in un piccolo incavo esistente alla sommità del braccio; in tal modo il conduttore può ruotare, con piccolo attrito, intorno all'asse verticale passante per il punto di appoggio.

Gli estremi di ognuno dei conduttori pescano nel mercurio contenuto nella vaschetta corrispondente mentre un anello isolante tiene il conduttore discosto dal magnete. Si realizza così un circuito costituito dal mercurio delle conchette, dai due fili di rame e dal magnete stesso; gli estremi di questo circuito fanno capo a due spinotti serrafili fissati alle vaschette. Con un magnete fisso e due conduttori mobili la situazione è del tutto rovesciata rispetto a quella descritta nella scheda precedente.

Se si adduce corrente al circuito per mezzo dei due serrafili, si vedono i due conduttori ruotare nel medesimo senso poiché, se è vero che la corrente circola in essi in senso opposto, i poli della calamita sono d'altra parte eteronimi.

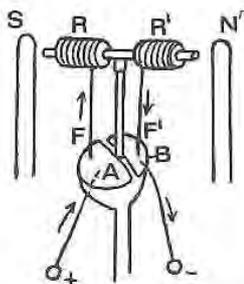
L'apparecchio, che ha solo una funzione dimostrativa, è integro ed è alto 30 cm. Non se ne conosce il costruttore.

35. *Motorino elettrico di Breton a corrente continua.*



36. Arganello di Clarke.

Questo piccolo apparecchio, dovuto al fisico inglese Edward Montague Clarke (1804 - 1846),³⁹ è un altro esempio di motore elettrico a corrente continua e, come i due apparecchi precedentemente descritti, ha solo funzione dimostrativa. Il principio fisico è diverso, essendo fondato sull'inversione che in un elettromagnete si determina nel senso della magnetizzazione quando s'inverte il senso della corrente.



Fra i due rami di un magnete permanente piegato ad U vi è un pozzetto circolare, di legno o di ebanite, diviso in due parti, A e B, da un piccolo tramezzo isolante (vedi figura). Sulla parete divisoria si eleva una colonnina di ottone su cui è imperniato il centro di una piccola elettrocalamita orizzontale, costituita da una barretta di ferro dolce circondata da due bobine, R ed R', disposte in serie. Gli estremi dell'avvolgimento sono saldati a due fili verticali di rame, F ed F', le cui estremità inferiori sfiorano la superficie del mercurio contenuto nei due scomparti. A causa dell'elevata tensione superficiale del mercurio i due menischi sono fortemente convessi e i loro apici sono ben al di sopra della parete divisoria. Di conseguenza, durante la rotazione dell'elettrocalamita intorno all'asse verticale le estremità inferiori di F e di F' scavalcano la parete senza che ciò impedisca loro di venire alternativamente a contatto con il mercurio dei due scomparti; l'elevata contrattilità superficiale, d'altra parte, fa sì che le due masse di liquido si tengano separate. Due spinotti serratili, fissati alla vaschetta, comunicano l'uno con il mercurio in A, l'altro con il liquido in B.

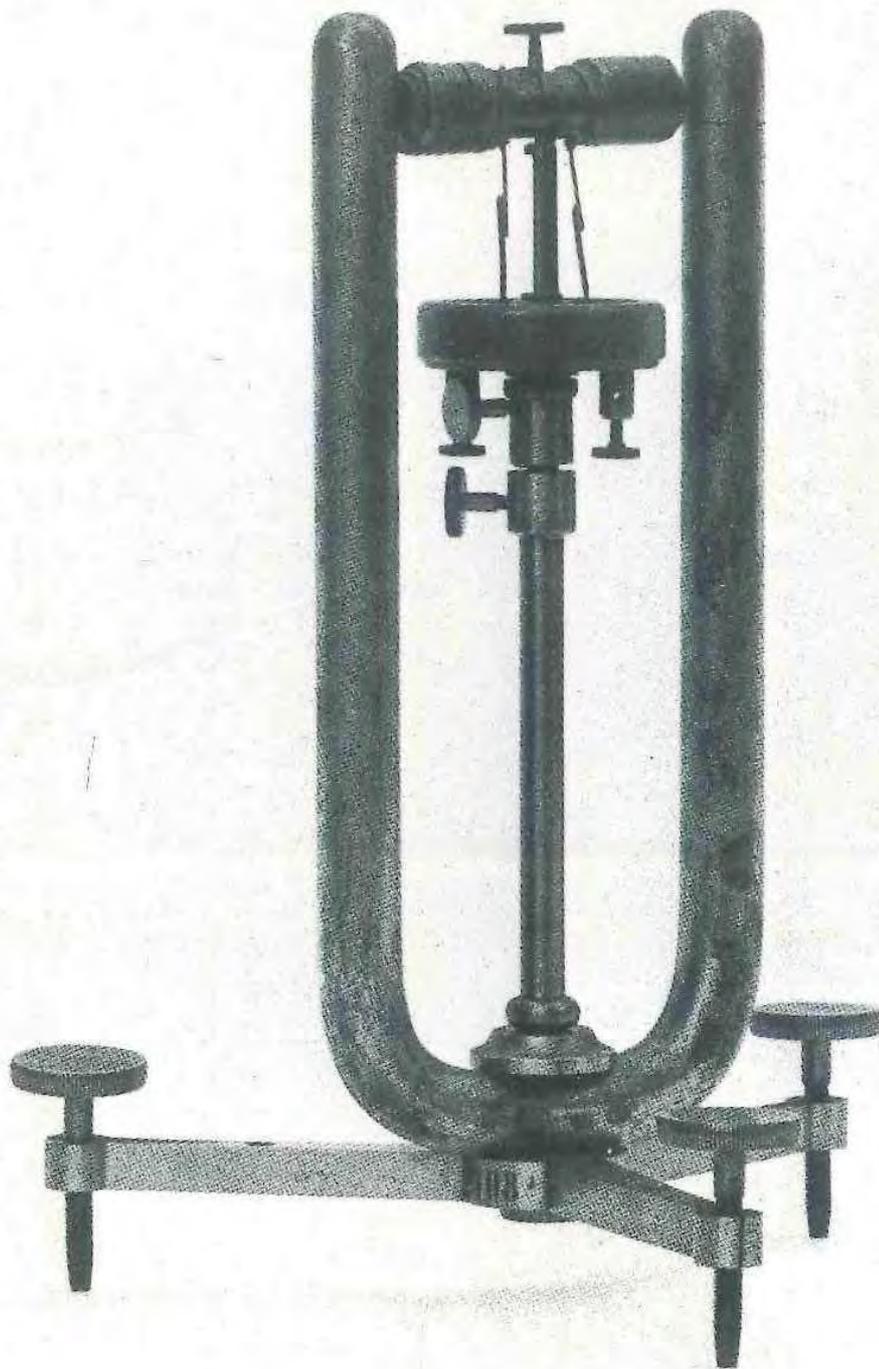
Se i due spinotti vengono collegati con una batteria di pile o di accumulatori, la corrente, entrando per esempio in A, percorre il filo F e quindi i due rocchetti R e R' per poi confluire in B attraverso F'. Il nucleo di ferro dolce si magnetizza e, nella disposizione indicata in figura, il senso della magnetizzazione è tale che i due magneti abbiano i poli omonimi affacciati. L'azione repulsiva che ne deriva fa ruotare l'elettrocalamita e, dopo un quarto di giro, la rotazione prosegue perché vi è azione attrattiva da parte dei poli più vicini del magnete permanente. Dopo mezzo giro si riproduce la situazione iniziale poiché F ora pesca in B ed F' in A; ciò determina l'inversione del senso della corrente e, quindi, della magnetizzazione. La rotazione va così avanti finché i serratili sono collegati con la sorgente.

L'esemplare qui presentato è integro ed ha un'altezza di 25 cm. La vaschetta, di ebanite, è sorretta da una colonnina di ottone solidale con il magnete permanente. Una vite consente di fissare la conchetta all'altezza più opportuna. Tutto il sistema poggia su di un treppiede di ottone a viti calanti.

Mancano i dati relativi al costruttore.

³⁹ Clarke fu anche un apprezzato costruttore di strumenti meccanici, ottici ed elettromagnetici. Un apparecchio da lui firmato figura nel nostro precedente catalogo ("Meccanica dei fluidi e termologia", pagg. 18-19).

36. *Arganello di Clarke.*



37. Bussola marina.

Una scatola cilindrica di ottone è sostenuta da una sospensione cardanica⁴⁰ che consente alla scatola, zavorrata sul fondo con una massa di piombo, di mantenere costantemente verticale il suo asse malgrado le oscillazioni della nave intorno all'asse longitudinale (rollio) e intorno ad un asse trasversale (beccheggio). Al fondo della scatola è fissato un perno sulla cui punta, con attrito piccolissimo, è poggiato l'ago magnetico; un leggerissimo disco, di diametro appena più piccolo di quello della scatola, è incollato alla superficie superiore dell'ago in modo che il centro del disco coincida con la punta del perno. Sul disco è riportata una stella a numerose punte, con l'indicazione dei punti cardinali e delle orientazioni intermedie.

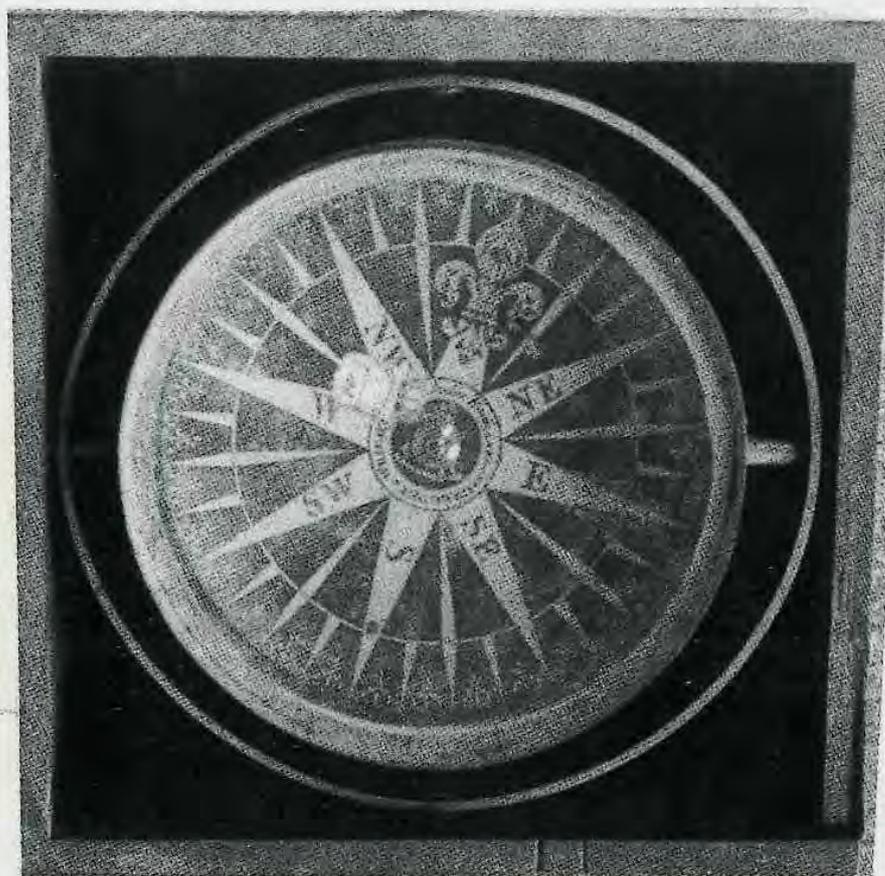
L'esemplare qui presentato è integro ed è custodito in una scatola parallelepipedica di legno dalla quale la bussola non è estraibile perché l'anello esterno della sospensione è fissato alle pareti interne della custodia. Funge da anello interno la parete cilindrica della scatola metallica.

Sul disco sono impressi i dati relativi al costruttore: "Gregory & Wright, near India House, London". Sul coperchio della custodia è incollata un'etichetta con la dicitura: "Inventario Gab^{to} di Fisica - anno 1874".

La custodia ha un'altezza di 17 cm.

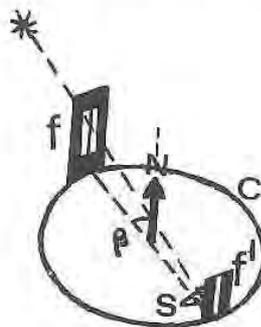
⁴⁰ Questo tipo di sospensione, detta "cardanica" dal nome del suo ideatore, il medico e matematico italiano Gerolamo Cardano (1501 - 1576), consta di un anello metallico circolare imperniato in due punti diametralmente opposti in un secondo anello leggermente più grande; questo, a sua volta, è imperniato in due punti diametralmente opposti in un supporto fisso, in modo che l'asse che congiunge i punti stessi sia perpendicolare all'asse passante per l'altra coppia di punti. Nelle bussole marine i due assi sono orizzontali mentre nei dispositivi giroscopici un asse è orizzontale e l'altro verticale.

37. *Bussola marina.*



38. Bussola marina di declinazione.

La bussola precedentemente descritta serve solo a determinare l'angolo che l'asse longitudinale della nave forma con il piano del meridiano magnetico del luogo, cioè con il piano verticale contenente la direzione del campo magnetico terrestre indicata dall'ago. Si risale all'effettivo angolo di rotta, ossia all'angolo che la direzione di moto del natante forma con il meridiano geografico, se per altra via si determina l'angolo di declinazione magnetica, cioè l'angolo che, nel punto considerato, i due meridiani formano fra loro.



La bussola di declinazione consente, con alcuni semplici accorgimenti, di risalire più agevolmente all'angolo di rotta. Il bordo del disco circolare fissato all'ago magnetico è suddiviso in quattro parti eguali, con graduazioni da 0° a 90° e con gli zeri in corrispondenza delle estremità dell'ago. In due punti diametralmente opposti della scatola cilindrica C contenente la bussola (vedi figura) sono innalzati due piccoli tralci f ed f'. Il primo è costituito da un filo verticale teso lungo una stretta

finestra mentre l'altro è formato da una placchetta tagliata verticalmente, dietro alla quale è montato un piccolo specchio S inclinato a 45° rispetto alla placchetta. Se si addossa l'occhio ad f' , si può leggere, per riflessione sullo specchio, il valore dell'angolo corrispondente alla posizione della fenditura.

Guardando attraverso f' si ruota la scatola C finché si possa collimare, allineando la fenditura con il filo f , un astro conosciuto che si elevi sull'orizzonte di $15 - 20$ gradi e del quale sia noto l'azimut, cioè l'angolo α che con il piano del meridiano geografico forma il piano contenente l'astro e la verticale nel punto di osservazione (piano azimutale).

Grazie allo specchio S la collimazione dell'astro consente di conoscere l'angolo β che il piano azimutale forma con il piano del meridiano magnetico. L'angolo di declinazione magnetica sarà allora $(\alpha + \beta)$ o $(\alpha - \beta)$, a seconda che lo zero della graduazione sia da una parte o dall'altra della linea di fede, e l'effettivo angolo di rotta potrà essere così determinato.

L'esemplare qui presentato è attualmente inefficiente; il disco è infatti bloccato, probabilmente perché deformato. L'oggetto è ad ogni modo molto bello. La scatola e l'anello esterno, in ottone, sono in ottimo stato, e in condizioni molto buone sono anche il vetro che chiude la scatola, i due traguardi e lo specchietto inclinato a 45° . Dietro la placchetta tagliata verticalmente sono montati due filtri molto assorbenti, da utilizzare quando l'astro da collimare sia il sole. La rotazione della scatola che contiene la bussola si realizza facendo ruotare la parte superiore della custodia di legno rispetto alla base che invece è fissa.

La custodia, elegantemente sagomata, può essere chiusa da un coperchio. All'interno di essa sono segnati i dati relativi al costruttore: "Troughton & Simms, Opticians and Mathematical Instruments Makers, to the Honourable Board of Ordinance, London".

38. *Bussola marina di declinazione.*



INDICE

INTRODUZIONE

pag. 5

SCHEDE E RIPRODUZIONI

1. Bilancia di torsione di Coulomb.	8
2. Elettroforo di Volta.	10
3. Gabbia di Faraday.	12
4. Elettroscopio condensatore.	14
5. Elettroscopio di Bohnenberger.	16
6. Elettroscopio di Bohnenberger.	18
7. Elettroscopio di Melloni.	21
8. Macchina elettrostatica di Wimshurt.	25
9. Bottiglia di Leyda.	28
10. Batteria di condensatori.	30
11. Condensatore di Epino.	32
12. Uovo elettrico di De La Rive.	34
13. Pila Zamboni.	36
14. Tre pile Grenet.	38
15. Resistenza campione.	40
16. Commutatore di Bertin.	42
17. Commutatore di Ruhmkorff.	44
18. Spira di Ampère.	46
19. Galvanometro di Bourbouze.	49
20. Piccolo galvanometro di Breguet.	52
21. Galvanometro astatico di Nobili.	55
22. Galvanometro astatico di Nobili.	58
23. Galvanometro astatico di Nobili.	60
24. Galvanometro astatico differenziale di Nobili.	62
25. Galvanometro astatico differenziale di Nobili.	64
26. Galvanometro astatico portatile di Nobili.	66
27. Galvanometro astatico di Duboscq.	68
28. Galvanometro di Magnus.	70
29. Galvanometro di Thomson.	73
30. Galvanometro di Wiedemann a quattro bobine.	77

31. Galvanometro di Deprez-d'Arsonval.	81
32. Elettrodinamometro a torsione.	85
33. Bussola delle tangenti.	89
34. Motorino elettrico a corrente continua.	92
35. Motorino elettrico di Breton a corrente continua.	94
36. Arganello di Clarke.	96
37. Bussola marina.	98
38. Bussola marina di declinazione.	101

ERRATA-CORRIGE
SECONDO VOLUME ("Meccanica dei fluidi e Termologia")
pag. 76, rigo 6° dal basso

In luogo di
"Ruhmkorff, rue des Carpentiers 6, Paris"
si legga
"Ruhmkorff, rue des Orfèvres 6, Paris"

*Finito di stampare
nel mese di dicembre
millenovecentottantacinque
presso la L.A.N. s.r.l.
Napoli*



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
FACOLTA' DI SCIENZE M. F. N.

EZIO RAGOZZINO EDVIGE SCETTINO

LA COLLEZIONE DEGLI ANTICHI APPARECCHI DELL'ISTITUTO DI FISICA
MECCANICA DEI FLUIDI E TERMOLOGIA
(1840 - 1900)



Foto di C. ACCETTA - F. DONATO

In copertina: *Pireliometro di Pouillet*

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
FACOLTA' DI SCIENZE M.F.N.

EZIO RAGOZZINO

EDVIGE SCETTINO

LA COLLEZIONE DEGLI ANTICHI APPARECCHI DELL'ISTITUTO DI FISICA
MECCANICA DEI FLUIDI E TERMOLOGIA
(1840 - 1900)



NAPOLI 1985

La realizzazione di questa pubblicazione è stata possibile grazie ad un finanziamento finalizzato dall'Università degli Studi di Napoli voluto dal Rettore e dal Consiglio di Amministrazione.

INTRODUZIONE

Proseguendo nel nostro lavoro di catalogazione dell'antica strumentazione dell'Istituto di Fisica dell'Università di Napoli, diamo alle stampe il secondo volume, dedicato alla meccanica dei fluidi e alla termologia.

Tutti gli apparecchi inseriti in questo catalogo possono ragionevolmente attribuirsi al periodo che va dal 1840 al 1900. Per gran parte di essi una precisa datazione non è possibile perché, come per gli strumenti ottici presentati nel primo volume, non si hanno notizie sull'anno di costruzione. Di numerosi apparecchi si ignora anche il costruttore. Nessuno degli strumenti, inoltre, aveva una precedente catalogazione né è stato possibile servirsi di preesistenti schede illustrative.

Fra gli strumenti qui presentati si segnalano per il loro interesse storico il termometro metallico di Breguet, il pirometro a dilatazione, l'igrometro di de Saussure ed il pireliometro di Pouillet.

Nel termometro di Breguet, la cui realizzazione risale all'inizio del secolo scorso, si utilizza per la prima volta come elemento sensibile un'elica ottenuta saldando fra loro tre sottilissimi nastri di metalli aventi un diverso coefficiente di dilatazione termica; un aumento o una diminuzione della temperatura produce, rispettivamente, un parziale svolgimento o riavvolgimento dell'elica che, a sua volta, determina lo spostamento di un indice su di una scala. Ne risulta uno strumento dotato al tempo stesso di notevole sensibilità e di grande prontezza. Il principio fisico viene tuttora utilizzato nei termometri bimetallici, impiegati soprattutto nella registrazione continua della temperatura (termografi).

Il pirometro a dilatazione è, fra gli strumenti inseriti nel presente catalogo, certamente uno dei più antichi. Infatti, sulla base di notizie desunte dal più antico inventario dell'Istituto di Fisica, è possibile assegnare l'apparecchio al gruppo di

strumenti già appartenuti ai Reali Borbonici e successivamente acquisiti dal Gabinetto di Fisica dell'Università.

Per quel che riguarda l'igrometro di de Saussure, lo strumento, ideato e realizzato alla fine del secolo XVIII, può considerarsi come il prototipo degli igrometri a capello tuttora largamente usati.

Il pireliometro di Pouillet, infine, può essere ritenuto il primo strumento in grado di misurare con buona precisione l'intensità della radiazione solare. La sua prima realizzazione risale circa alla metà del secolo scorso. Con questo apparecchio il Pouillet eseguì misure sistematiche che lo portarono, fra l'altro, a determinare per la costante solare, cioè per l'intensità che la radiazione solare avrebbe in assenza di atmosfera, il valore di $1,76 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$, non molto diverso dal valore di $1,94 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$, ottenuto più recentemente come media di molte determinazioni.

Anche di questa seconda raccolta fanno parte strumenti di misura ed apparecchi di interesse didattico. Nel presentare gli uni e gli altri abbiamo seguito gli stessi criteri adottati per gli strumenti ottici, inseriti nel primo catalogo, sicché ogni apparecchio è corredato di una scheda illustrativa e di una riproduzione fotografica. Accanto a notizie sul costruttore, quando questi sia noto, e sull'ideatore dell'apparecchio, la scheda contiene una dettagliata descrizione dello strumento e istruzioni sul modo di condurre l'esperienza o di realizzare la misurazione. Per i criteri seguiti al fine di giungere ad una sia pur approssimativa datazione degli strumenti e per le notizie storiche sul patrimonio scientifico dell'Istituto di Fisica, rimandiamo a quanto fu scritto nell'introduzione al primo volume ("La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica - Gli strumenti ottici - 1840 - 1890").

Sentiamo il dovere di ringraziare il professore Raffaele Rinzivillo, per l'aiuto ed i preziosi consigli fornitici, e tutti coloro che hanno manifestato interesse per l'operazione che abbiamo intrapreso.

SCHEDE E RIPRODUZIONI

PARTE PRIMA: MECCANICA DEI FLUIDI

1. Otto areometri Baumé.

I densimetri, strumenti atti ad eseguire una misurazione rapida della densità dei liquidi, sono corpi cavi di vetro, di forma allungata, zavorrati in modo da galleggiare verticalmente in liquidi aventi valori della densità compresi entro un certo intervallo. Essi hanno generalmente la forma indicata in figura. Il bulbo superiore è più grande ed è vuoto mentre l'altro contiene mercurio o pallini di piombo; i bulbi sono saldati ad una lunga asta sottile e graduata.



Se il densimetro galleggia in un liquido, il peso del fluido spostato è eguale al peso dell'apparecchio, che è costante, sicché l'estremità superiore dell'asta graduata emerge di un tratto tanto più lungo quanto più denso è il liquido. Lo strumento può essere così tarato e, di conseguenza, sulla scala inserita all'interno dello stelo si può, in corrispondenza del punto di affioramento, leggere direttamente il valore della densità.

Gli areometri Baumé¹, un tempo molto usati, erano particolari densimetri destinati non alla misurazione diretta della densità ma a stabilire la concentrazione di soluzioni acquose di sali, di acidi, di alcoli, di zuccheri, ecc., o a determinare le proporzioni con cui certe sostanze sono mescolate all'acqua. La scala veniva preparata empiricamente e costruita con criterio diverso a seconda che l'areometro era destinato a liquidi più densi o meno densi dell'acqua. Nel primo caso, lo zero era all'estremità superiore dello stelo e corrispondeva al punto di affioramento in acqua distillata; si segnava 15 in corrispondenza del punto di affioramento in una soluzione al 15% in peso di cloruro di sodio e si divideva l'intervallo in quindici parti eguali (gradi Baumé) estendendo la graduazione fino all'estremità inferiore dello stelo. Nel secondo caso lo zero era in basso e corrispondeva al punto di affioramento in una soluzione acquosa al 10% in peso di cloruro di sodio; la scala veniva costruita dopo di aver segnato 10 in corrispondenza del punto di affioramento in acqua distillata.

Sulla scala di molti areometri non era segnato effettivamente lo zero perché tarati su intervalli più ristretti.

Il gruppo di areometri qui presentati è di fabbricazione francese² ed è costituito come segue.

1. Un areometro per soluzioni di solfato di rame, con graduazione da 0 (in alto) a 25; è zavorrato con pallini di piombo ed è custodito in un astuccio metallico.
2. Un pesa-etero con graduazione da 20 (in basso) a 65³; è zavorrato con mercurio e custodito in un astuccio di cartone.
3. Un saccarimetro con graduazione da 0 (in alto) a 20; è zavorrato con mercurio e custodito in un astuccio di cartone; sul retro della scala è scritto: "Saccharomètre de Balling pour les bières Temp 0 - 14 ° Rr".
4. Un areometro, tarato a 15 °C, con graduazione da 10 (in basso) a 70; è zavorrato con pallini di piombo e custodito in un astuccio di cartone; sul retro della scala è segnato: "Aréomètre de Baumé a 15 °C".
5. Un areometro per olio d'oliva, tarato a 15 °C, con graduazione da 22 (in basso) a 52; è zavorrato con pallini di piombo e custodito in un astuccio di cartone; sul retro della scala è scritto: "Aräometer für Oliven Oel Tp 15 °C".
6. Un areometro per soluzioni di salnitro, con graduazione da 0 (in alto) a 80; è zavorrato con pallini di piombo e custodito in un astuccio di cartone; sul retro della scala è scritto: "Pèse-Salpêtre"⁴.
7. Un areometro per sciroppi, con graduazione da 0 (in alto) a 50; è zavorrato con pallini di piombo e custodito in un astuccio di cartone; sul retro della scala è scritto: "Pèse - sirops".
8. Un areometro per soluzioni di acidi, tarato a 15 °C, con graduazione da 0 (in alto) a 70; è zavorrato con pallini di piombo e custodito in un astuccio di cartone.

¹ Questi apparecchi presero il nome dal loro ideatore, il chimico francese Antoine Baumé, morto a Parigi nel 1804.

² Ad eccezione dell'areometro n° 5.

³ Il tratto 65 corrisponde al punto di affioramento in etere rettificato.

⁴ "Salpêtre" in francese significa "salnitro".

1. Otto areometri Baumé.





2. Due areometri Baumé in unica custodia.

Questi areometri, di fabbricazione tedesca, sono zavorrati con mercurio e custoditi in una cassetta rivestita all'interno di velluto. Essa accoglieva in origine un cilindro di vetro destinato a contenere i liquidi da esaminare ed un terzo areometro, andati purtroppo perduti.

Dei due apparecchi uno è graduato da 25 (in alto) a 50, l'altro ha una graduazione da 50 (in alto) a 70. Essi erano quindi destinati a liquidi più densi dell'acqua. Su entrambi è segnato: "Aräometer n Baumé Temp 15 °C".

2. *Due areometri Baumé in unica custodia.*



3. Apparecchio per la verifica della legge di Stevino.

L'apparecchio è costituito da un tubo graduato di vetro che può essere inferiormente chiuso a tenuta da una piastra circolare di ottone collegata ad una leva orizzontale, anch'essa in ottone, a bracci diseguali. Il braccio più corto è dalla parte della piastra; un peso può scorrere sul braccio più lungo, che è graduato. Tutto il sistema è sorretto da uno stabile e pesante treppiede in metallo verniciato.

Il momento di una forza perpendicolare alla superficie della piastra può essere equilibrato dal momento del peso mobile disposto in posizione opportuna. Pertanto, se il cilindro di vetro viene riempito ad altezze diverse con lo stesso liquido, e poi con liquidi differenti, si può provare che, per un medesimo liquido, la forza agente sulla piastra, e quindi la pressione sul fondo, è direttamente proporzionale all'altezza da esso raggiunta nel cilindro e che, a parità di altezza, la pressione è direttamente proporzionale alla densità del liquido usato.

L'esperienza sarebbe certamente più istruttiva se vi fosse la possibilità di operare con recipienti di egual sezione di base ma di forma diversa; si potrebbe così provare che, a parità di densità e di altezza, la pressione sul fondo non dipende dalla forma della colonna liquida.

L'apparecchio, che è integro, è alto 58 cm. Mancano i dati relativi al costruttore.

3. *Apparecchio per la verifica della legge di Stevino.*

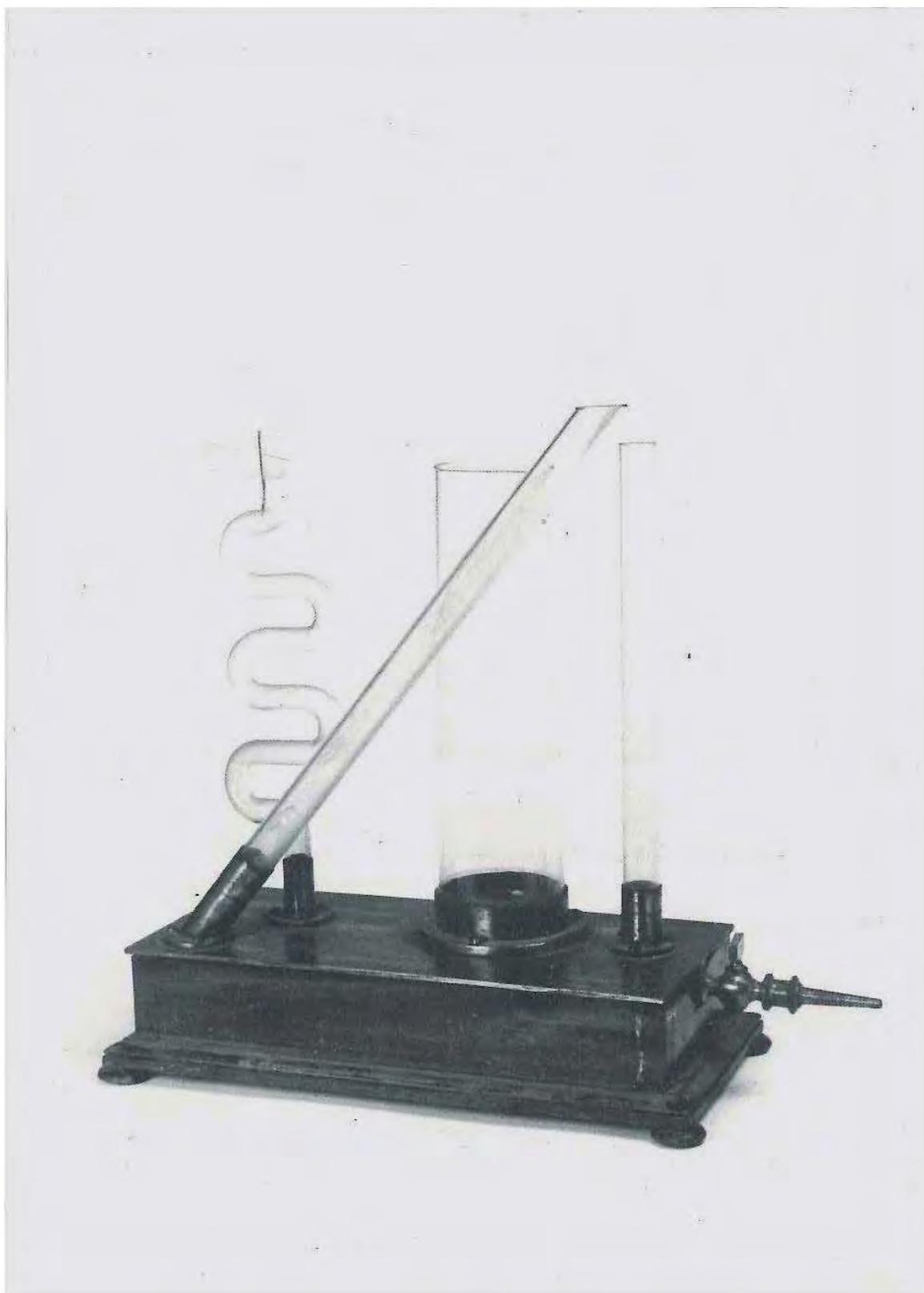


4. Vasi comunicanti.

L'apparecchio utilizza 4 vasi (uno a forma di serpentino, due di cilindro retto ed uno di cilindro obliquo) comunicanti attraverso una vaschetta chiusa da una piastra di ottone. Un rubinetto consente di vuotare la vaschetta dall'acqua usata per l'esperienza. Il sistema è fissato ad una base di legno.

L'apparecchio, che è integro, è alto 40 cm. Il costruttore è E.M. Clarke, come risulta dalla seguente iscrizione incisa sulla piastra di ottone: "E.M. Clarke, Optician, N° 428 Strand, London".

4. *Vasi comunicanti.*



5. Apparecchio per la verifica della legge di Pascal.

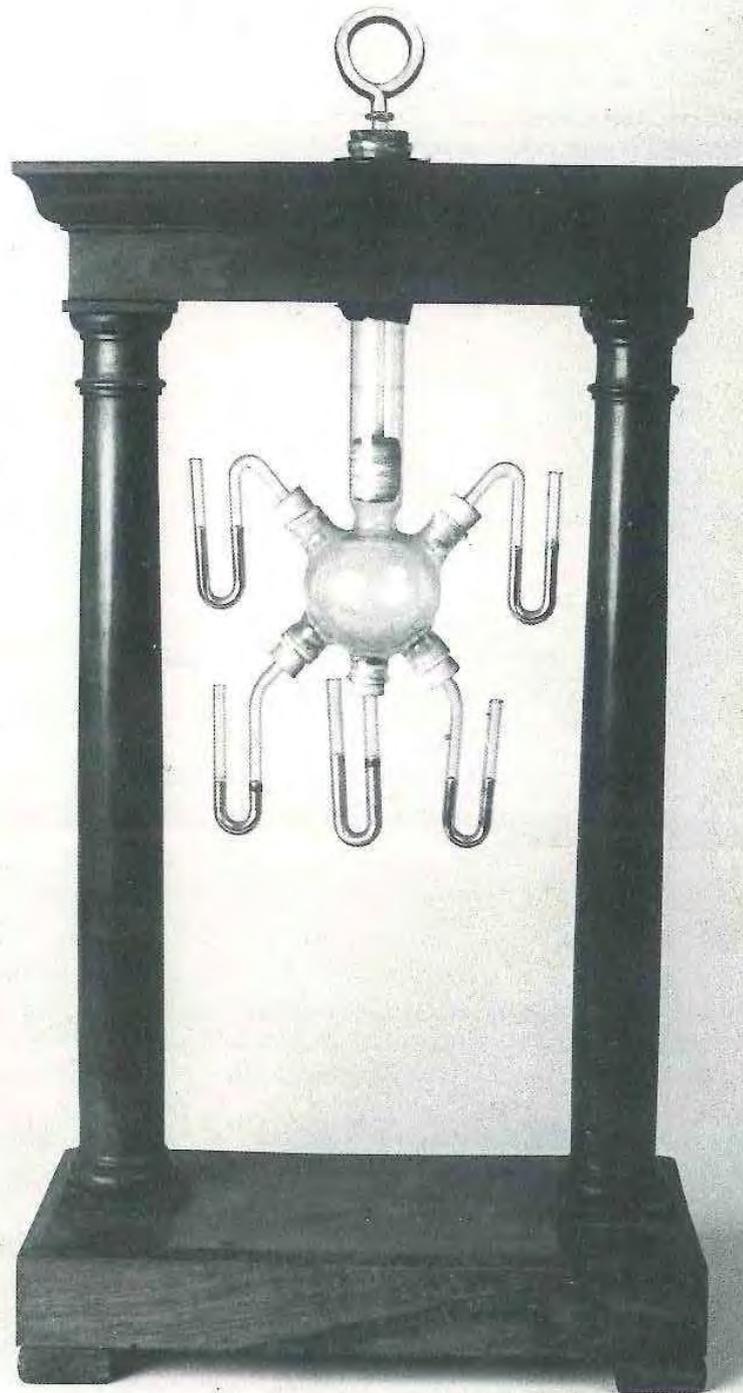
In un blocco orizzontale di legno, sorretto da due colonnine, anch'esse di legno, è incastrato un cilindro di vetro disposto verticalmente e terminante inferiormente con un grosso bulbo sferoidale munito di cinque fori ben distribuiti sulla sua superficie. I fori sono chiusi da tappi di gomma forati attraverso i quali passano, a tenuta, le estremità di altrettanti piccoli manometri ad aria libera per i quali si utilizza il mercurio come liquido manometrico.

Il cilindro di vetro può essere chiuso superiormente da un tappo forato, attraversato, a tenuta, da un'asta terminante in basso con un pistone di sezione eguale a quella del cilindro. Una volta riempito il bulbo di acqua, si introduce nel tubo l'asta con lo stantuffo e ci si assicura che il tappo sia ben fissato; spingendo quindi delicatamente l'asta verso il basso, si porta il pistone a sfiorare la superficie dell'acqua. In tali condizioni, se si è operato correttamente, il livello del mercurio nei due rami di ciascun manometro è lo stesso; in realtà, poiché i fori sono ad altezze diverse, vi è, tra quelli più in alto e quelli più in basso, una lieve differenza di pressione che però, essendo il liquido manometrico costituito da mercurio, è del tutto inapprezzabile. A questo punto, spingendo ulteriormente, e cautamente, il pistone verso il basso, si determina una variazione nella pressione esterna agente sulla superficie del liquido, che si traduce in un'eguale variazione di pressione in ogni punto del fluido. Si osserva infatti che in tutti i manometri si stabilisce un dislivello che appare essere sensibilmente lo stesso.

Le due colonnine di legno sono fissate ad un'ampia base parallelepipedica, anch'essa di legno. L'apparecchio, che è pressoché integro, ha un'altezza di 62 cm.

Non si conosce il nome del costruttore.

5. *Apparecchio per la verifica della legge di Pascal.*



7. Fontana intermittente.

Un grosso bulbo di vetro, ben chiuso da un tappo smerigliato, è inferiormente innestato in un manicotto di ottone dal quale si dipartono tre tubicini arcuati verso il basso. Nella parte inferiore del manicotto è inserito un tubo verticale di vetro, aperto agli estremi; esso si prolunga in alto attraversando il bulbo fin quasi alla sua imboccatura superiore ed, in basso, fin quasi a toccare un foro praticato sul fondo di un'ampia bacinella di ottone. Il sistema costituito dal bulbo, dal manicotto e dal tubo è sostenuto da un treppiede di ottone poggiante sul fondo della vaschetta che, a sua volta, è sorretta da tre piccoli piedi, anch'essi in ottone.

Una volta riempito di acqua il bulbo, per due terzi circa del suo volume, il liquido fluisce dai tubicini poiché, essendovi comunicazione con l'esterno attraverso il lungo tubo di vetro, la pressione al di sopra della superficie libera del liquido nel serbatoio è costantemente quella atmosferica. Queste condizioni sussistono finché l'estremità inferiore del tubo è al di sopra dell'acqua che si va raccogliendo nella vaschetta fuoriuscendo dai tubicini. Poiché il foro sul fondo della bacinella è molto piccolo, la quantità di acqua che defluisce nell'unità di tempo è inferiore a quella che si raccoglie nello stesso intervallo di tempo; di conseguenza l'acqua nella vaschetta finisce col sommergere l'estremità inferiore del tubo di vetro. A questo punto un'ulteriore fuoriuscita di acqua dai tubicini determina un progressivo abbassamento della pressione dell'aria nel serbatoio, e quando questa, sommata alla pressione idrostatica della colonna d'acqua interposta, eguaglia la pressione atmosferica, l'efflusso cessa. Di conseguenza il livello nella vaschetta va gradualmente diminuendo e, appena l'estremità inferiore del tubo verticale viene a trovarsi fuori dell'acqua, l'efflusso riprende. Il processo va così avanti finché resta acqua nel serbatoio.

L'apparecchio, che è pressoché integro, è alto 60 cm. Mancano i dati relativi al costruttore.

7. *Fontana intermittente.*



8. Arganello idraulico.

Un grosso bulbo di vetro comunica, attraverso un rubinetto, con un lungo tubo verticale di vetro al quale sono inferiormente collegati quattro tubicini a gomito disposti in un piano orizzontale, a formare una croce uncinata, e terminanti con un orifizio. Il tubo è chiuso in basso e termina con una punta che poggia su di un piccolo incavo esistente sulla base superiore di un cilindretto di ottone; ciò consente al tubo, che è girevole intorno al suo asse, di tenersi verticale durante la rotazione. Tutto il sistema è retto da un sostegno molto simile a quello, già descritto, dell'apparecchio usato per la verifica della legge di Pascal. Al di sotto dei quattro tubicini a gomito è disposta un'ampia vasca di raccolta poggiate su di una base di legno.

Se, dopo di aver riempito di acqua il bulbo di vetro, si apre il rubinetto, l'acqua discende lungo il tubo verticale e quindi fuoriesce dagli orifizi. Poiché ciascun getto fluido determina sul tubicino una spinta nella stessa direzione del getto ed in senso opposto, le due coppie di forze così generate pongono in rotazione il sistema⁵.

L'apparecchio, che è pressoché integro, è alto 110 cm circa. Su di esso non è segnato il nome del costruttore.

⁵ La reazione dei getti fluidi fu molto usata un tempo per scopi meccanici, ad esempio per azionare mulini. Del principio si trae oggi profitto negli apparecchi usati per annaffiare prati e giardini.

8. *Arganello idraulico.*



9. Eolipila di Erone.

Una sfera cava è collegata con due tubicini ricurvi che si dipartono da due punti della sfera situati sullo stesso asse diametrale. I tubicini presentano alle estremità esterne due brevi tratti rettilinei paralleli fra loro ma situati, rispetto all'asse diametrale, da parte opposta. Uno dei tubicini è direttamente saldato alla sfera mentre l'altro ha all'estremità interna una filettatura che consente di svitarlo e quindi di riempire di acqua la sfera; entrambi terminano con un orifizio.

Lungo un altro asse diametrale, sono saldate alla sfera due asticine orizzontali con le estremità esterne alloggiare in adatti supporti che permettono alla sfera di ruotare, con piccolo attrito, intorno all'asse; i supporti sono sostenuti da due colonnine poggianti su di una pesante base di marmo.

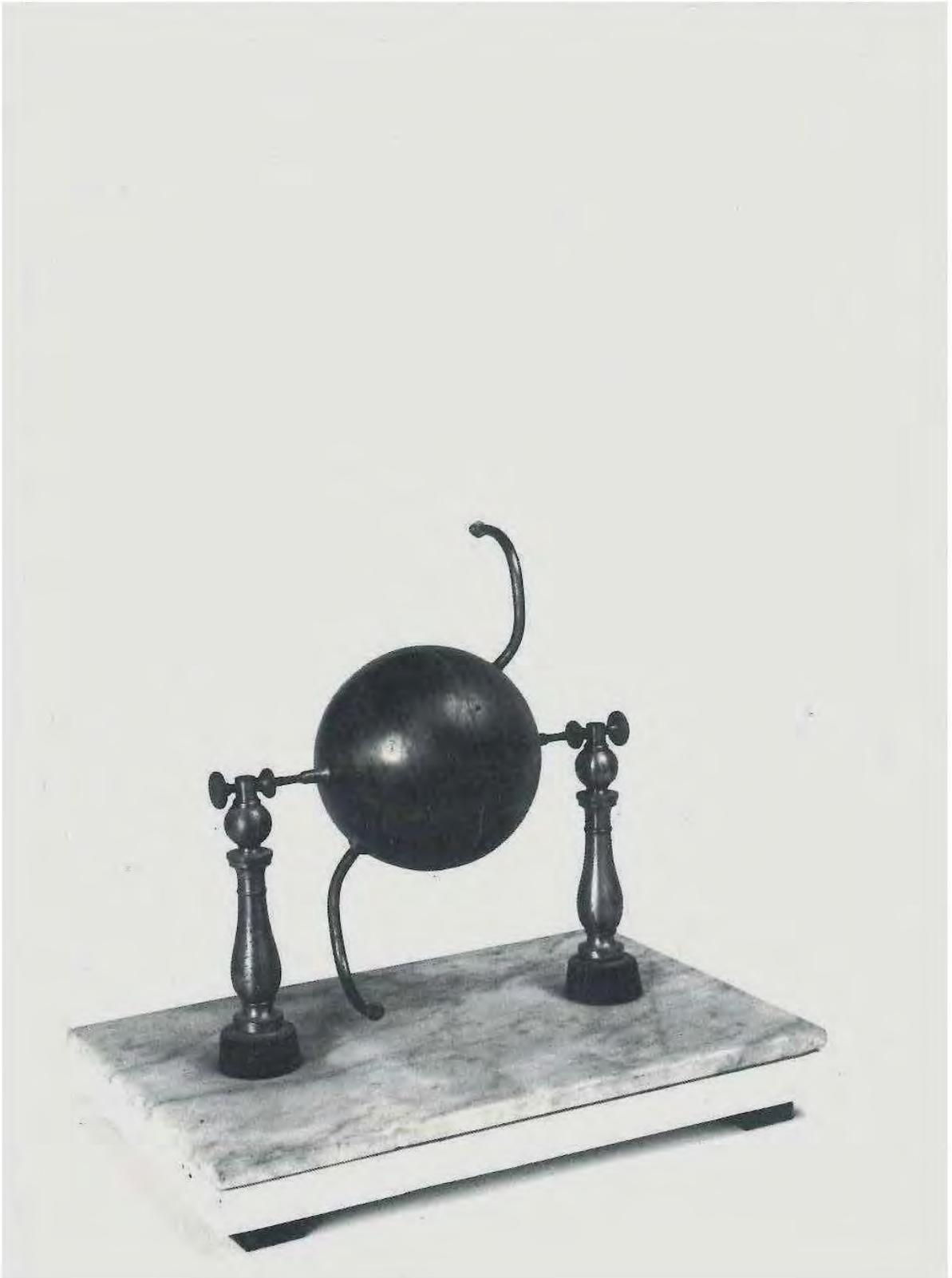
Riempita di acqua la sfera, la si riscalda con la fiamma di un cannello Bunsen. Appena il liquido raggiunge una temperatura sufficientemente elevata, i getti di vapore uscenti dagli orifizi pongono in rotazione la sfera intorno all'asse diametrale orizzontale; il verso della rotazione è naturalmente opposto a quello dei getti.

Se si fa astrazione dalla base di marmo, l'apparecchio è interamente in ottone. La sua altezza è di 25 cm. Lo stato di conservazione è molto buono.

Non si conosce il nome del costruttore.

La eolipila fu ideata dal greco Erone di Alessandria, vissuto quasi certamente nel terzo secolo d.C. Erone, oltre che alla risoluzione di problemi di ingegneria, matematica e geometria, volse il suo ingegno alla realizzazione di giochi meccanici e giochi d'acqua destinati a suscitare meraviglia. Ideò anche la fontana che porta il suo nome, la diottra e l'odometro; quest'ultimo può considerarsi come l'antenato degli attuali contachilometri.

9. *Eolipila di Erone.*



10. Campana pneumatica.

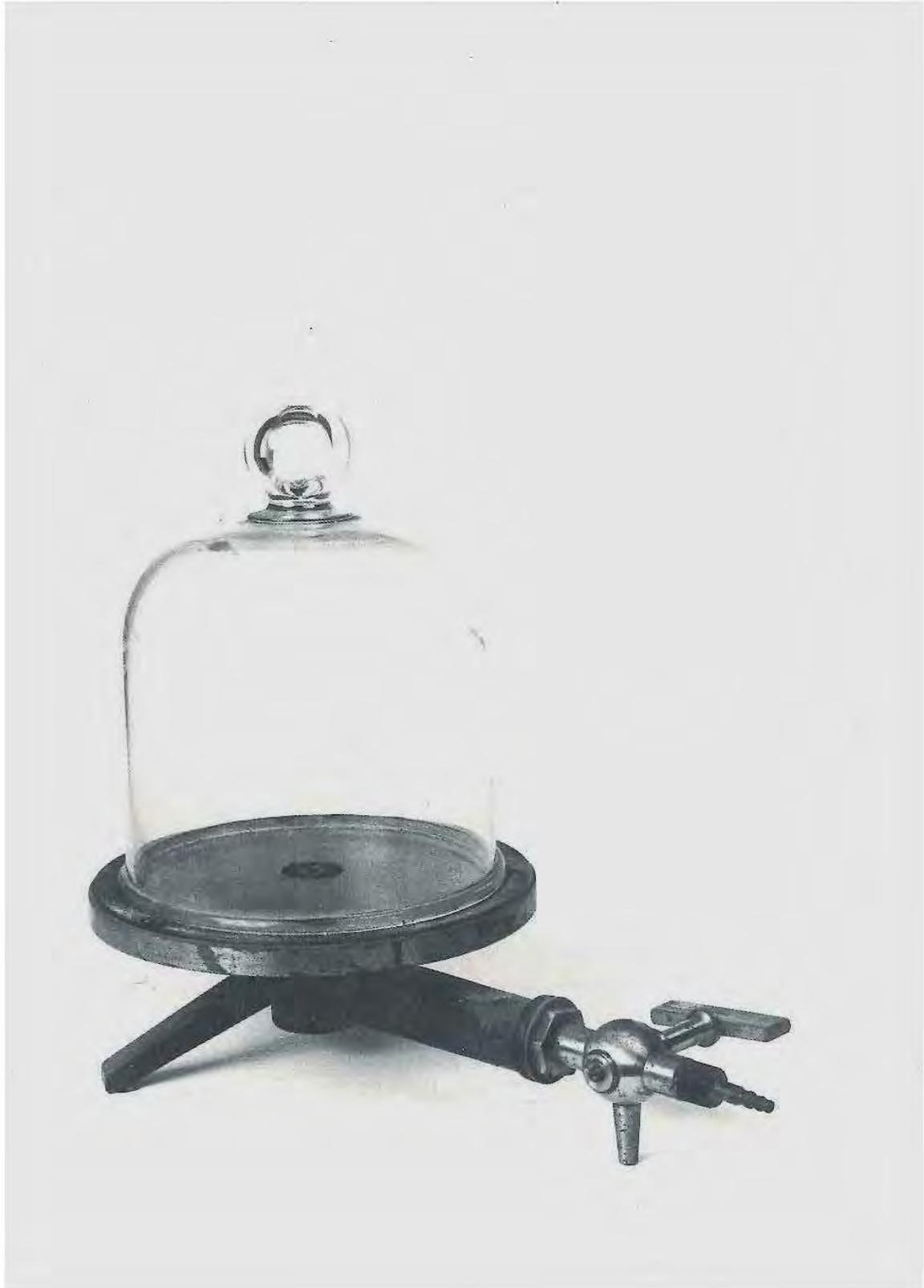
E' costituita da una piastra di vetro smerigliato sulla quale si adagia a tenuta una spessa campana di vetro. Un foro al centro della piastra comunica con un condotto munito di rubinetto e collegabile con una macchina pneumatica⁶, che consente di ottenere un vuoto più o meno spinto all'interno della campana. Il sistema è sostenuto da un robusto treppiede.

Il dispositivo costituito dalla campana collegata con una macchina pneumatica permette la realizzazione di numerose ed istruttive esperienze fra le quali citiamo le seguenti. (a) L'aria è necessaria alla combustione: una piccola fiamma posta al di sotto della campana si va gradualmente indebolendo, fino a spegnersi, a mano a mano che l'aria viene estratta. (b) Per l'aria, come per gli altri gas, hanno significato le grandezze massa, peso e densità. Esempio: un globo di vetro, sospeso ad una delle estremità del giogo di una piccola bilancia, equilibra in aria un contrappeso posto all'altro estremo mentre nel vuoto l'equilibrio non sussiste (baroscopio). (c) Le onde acustiche non si propagano nel vuoto. Esempio: il suono di un diapason vibrante, posto al di sotto della campana, si va via via affievolendo a mano a mano che si estrae l'aria.

L'apparecchio, che è integro, è alto 38 cm. Non si conosce il nome del costruttore.

⁶ Le macchine pneumatiche usate nel secolo scorso erano a stantuffo. Esse derivavano dal prototipo realizzato nel 1650 dal fisico Otto von Guericke (1602-1686), che fu anche borgomastro di Magdeburgo. A lui si devono pure la costruzione della prima macchina elettrostatica a strofinio, costituita essenzialmente da una sfera di zolfo rotante, e la realizzazione della celebre esperienza degli "emisferi di Magdeburgo" (vedi scheda successiva)

10. *Campana pneumatica.*



11. Emisferi di Magdeburgo.

Furono ideati dal fisico Otto von Guericke, nato nel 1602 a Magdeburgo e morto ad Amburgo nel 1686. Egli riuscì con essi a mettere in evidenza, in maniera straordinariamente efficace, gli effetti che la pressione atmosferica può determinare. L'esperienza fu anche eseguita, con grande successo, davanti alla Dieta Imperiale a Ratisbona, nel 1654.

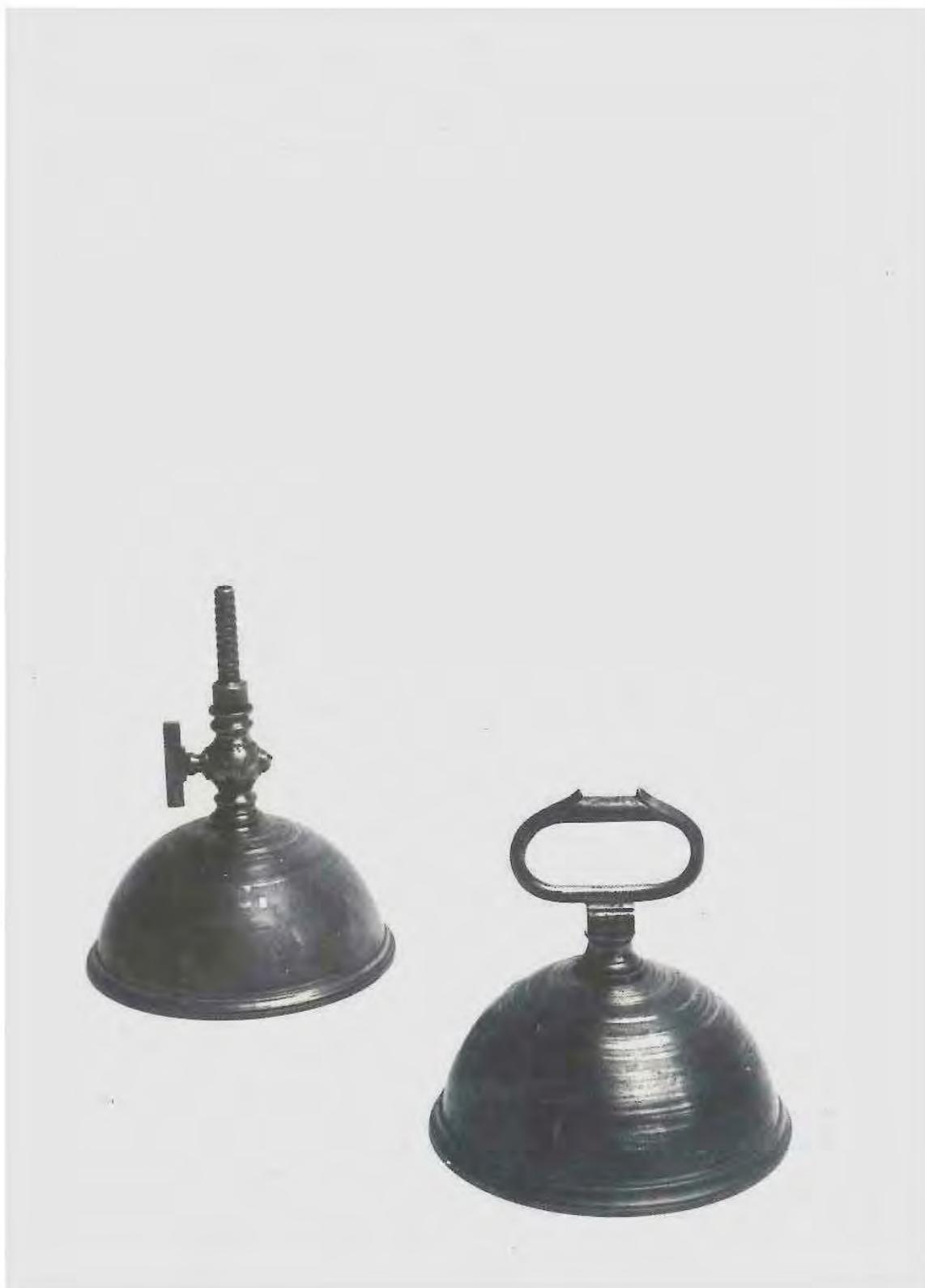
L'apparecchio è costituito da due emisferi cavi di ottone, di egual diametro, che, grazie all'impiego di una guarnizione spalmata di grasso, possono combaciare a tenuta. Uno di essi reca un anello che consente di esercitare sulle semisfere unite una forza di trazione, l'altro è collegabile con una macchina pneumatica. Se all'interno della sfera cava si produce un vuoto molto spinto, la forza di trazione necessaria per separare gli emisferi è assai considerevole e tanto maggiore quanto più grandi sono le loro dimensioni⁷.

Nell'esemplare qui presentato gli emisferi hanno un diametro esterno di 13,7 cm. Lo stato di conservazione è buono.

Non si conosce il nome del costruttore.

⁷ Gli emisferi usati per esperienze didattiche hanno ordinariamente un diametro compreso fra 10 e 20 cm. Quelli usati nella celebre esperienza di Ratisbona erano molto più grandi e, per separarli, fu necessario ricorrere alla forza di trazione esercitata da alcuni cavalli.

11. *Emisferi di Magdeburgo.*



12. Barometro di Fortin.

Il barometro realizzato dal francese Jean Fortin (1750-1831) può considerarsi come la versione tecnicamente perfezionata del primitivo barometro a mercurio ideato da Torricelli.

Le innovazioni introdotte riguardarono soprattutto il serbatoio per il mercurio, costituito da un morbido sacchetto di pelle racchiuso in una scatola cilindrica che in alto è di vetro e in basso di ottone. Il vetro consente di osservare all'interno sia la superficie libera del mercurio sia una puntina di avorio disposta verticalmente e fissata alla parete superiore della scatola. L'estremità inferiore della puntina costituisce lo zero della scala incisa sul tubo di ottone che racchiude la canna barometrica.

Una fenditura nella parte alta del tubo permette di osservare il menisco formato dal mercurio e di realizzare la condizione per cui il piano orizzontale passante per il bordo inferiore di un cursore mobile lungo la scala sia tangente al menisco. Operando su di una vite (che generalmente attraversa la parete inferiore della scatola cilindrica) si può sollevare o abbassare il fondo del sacchetto in modo da portare la superficie del mercurio a sfiorare l'estremità inferiore della puntina di avorio. La lettura dell'altezza barometrica va effettuata solo dopo di aver realizzato questa condizione.

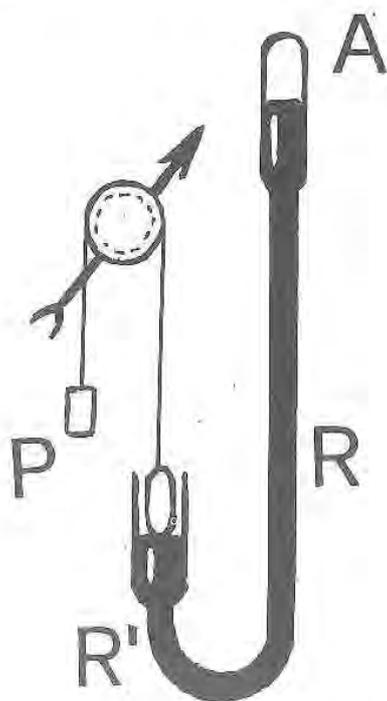
Qui presentiamo un bell'esemplare di barometro da parete. Su di una targhetta applicata al pannello verticale cui è fissato il barometro sono incisi i dati relativi al costruttore: "I. Newman, 122 Regent St., London".

12. *Barometro di Fortin.*



13. Barometro a quadrante di Hooke.

In questo tipo di barometro, ormai disusato, l'indicazione del valore della pressione atmosferica è fornita da un indice mobile su di un quadrante, così come avviene nei più recenti barometri metallici. In questi, come è noto, la rotazione dell'indice, in un senso o nell'altro, è determinata dalla deformazione, più o meno sensibile, di una sottile scatola metallica in cui è stato fatto un vuoto molto spinto (barometri olosterici) o di un sottile tubo di ottone a sezione ellittica, anch'esso vuoto e piegato a formare una circonferenza quasi completa (barometri aneroidi).



Nel barometro di Hooke⁶ il movimento dell'indice è dovuto ad un meccanismo diverso. Nella parte posteriore del pannello di legno in cui è incastrato il quadrante si apre un vano nel quale è alloggiato (vedi figura) un tubo di vetro ad U costituito da un ramo chiuso R, molto lungo, e da un ramo aperto R', molto corto. Il tubo è riempito con mercurio il quale, dal momento che nell'ambiente A vi è un vuoto molto spinto, è dalla pressione atmosferica spinto a riempire quasi del tutto il ramo più lungo.

All'asse dell'indice è fissata una piccola carrucola su cui si avvolge un filo che porta ad una delle estremità un contrappeso P ed all'altro estremo un galleggiante, un po' più pesante di P; il galleggiante, all'interno del ramo più corto, è sostenuto dal mercurio che vi si trova. Se la pressione atmosferica aumenta, il livello si abbassa nel ramo più corto e il galleggiante, discendendo, fa ruotare la carrucola e, di conseguenza,

l'ago; la rotazione avviene nel senso orario per chi osserva il quadrante. Il contrario accade quando la pressione diminuisce.

Con il barometro di Hooke la taratura riusciva piuttosto difficile sicché le indicazioni che esso forniva non erano, generalmente, molto precise.

L'esemplare che qui presentiamo è ben conservato. Al pannello di legno è fissato anche un termometro che consente di leggere il valore della temperatura ambiente nelle scale Réaumur e Fahrenheit. Il quadrante del barometro reca l'iscrizione: "Leitner & Heineman - Str^a Toledo n° 213 - Napoli".

⁶ Robert Hooke, fisico, matematico e naturalista inglese (1635-1703). Ideò e perfezionò un gran numero di strumenti e dispositivi vari. È noto soprattutto per la legge di proporzionalità fra causa deformante e deformazione elastica.

13. Barometro a quadrante di Hooke.



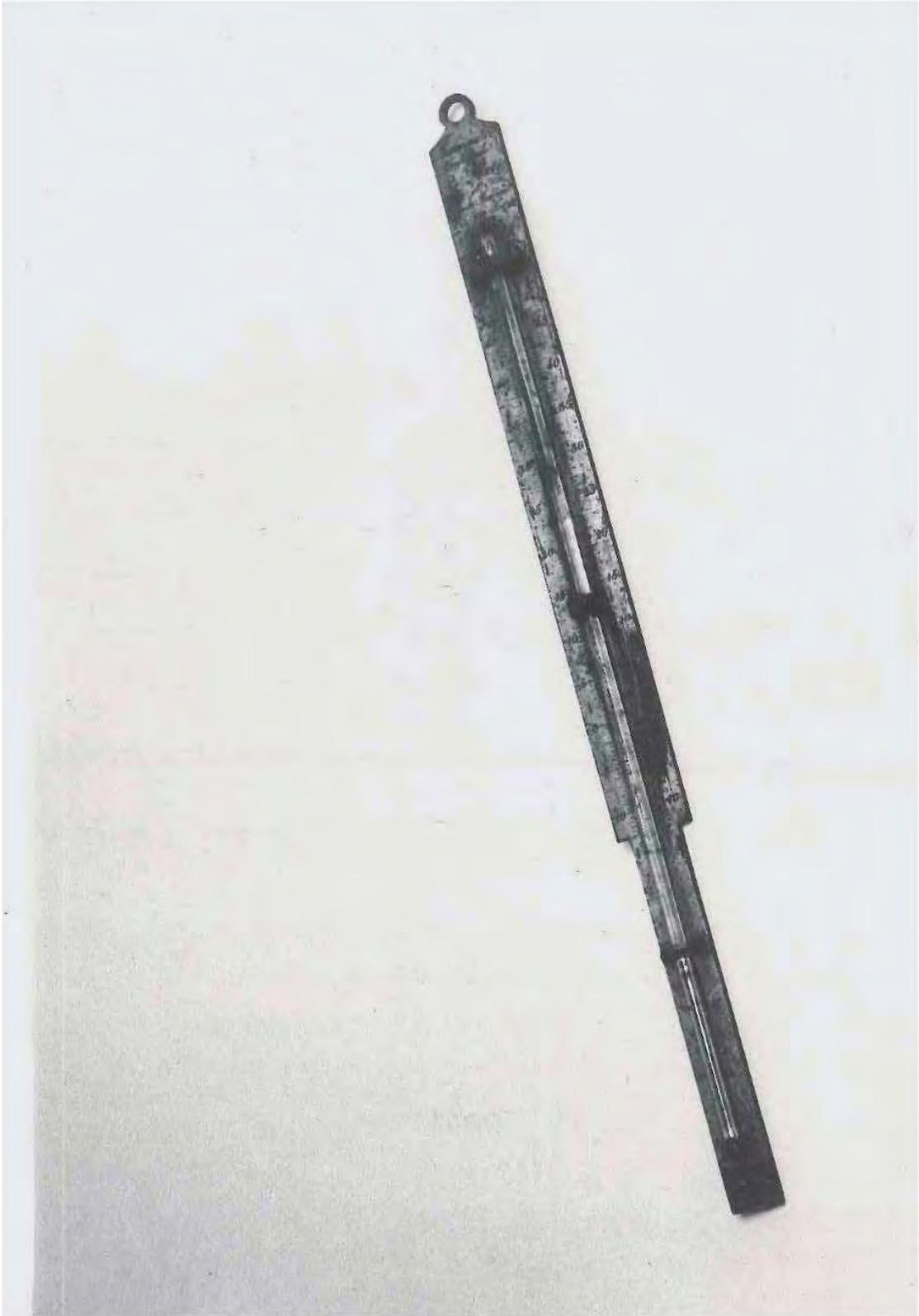
PARTE SECONDA: TERMOLOGIA

1. Termometro su tavoletta di ottone.

E' un termometro a mercurio munito di un lungo bulbo e fissato ad una piastrina di ottone su cui è incisa una scala da -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$. La sensibilità di lettura è di $0,5^{\circ}\text{C}$. Sulla piastrina sono incisi i dati relativi al costruttore: "Thermomètre Centigrade par Pixii, Père et Fils, Rue de Pavidinet 2/a à Paris".

⁹ Questa casa costruttrice fu fondata da Antoine Hippolyte Pixii (1808-1835).

1. Termometro su tavoletta di ottone.



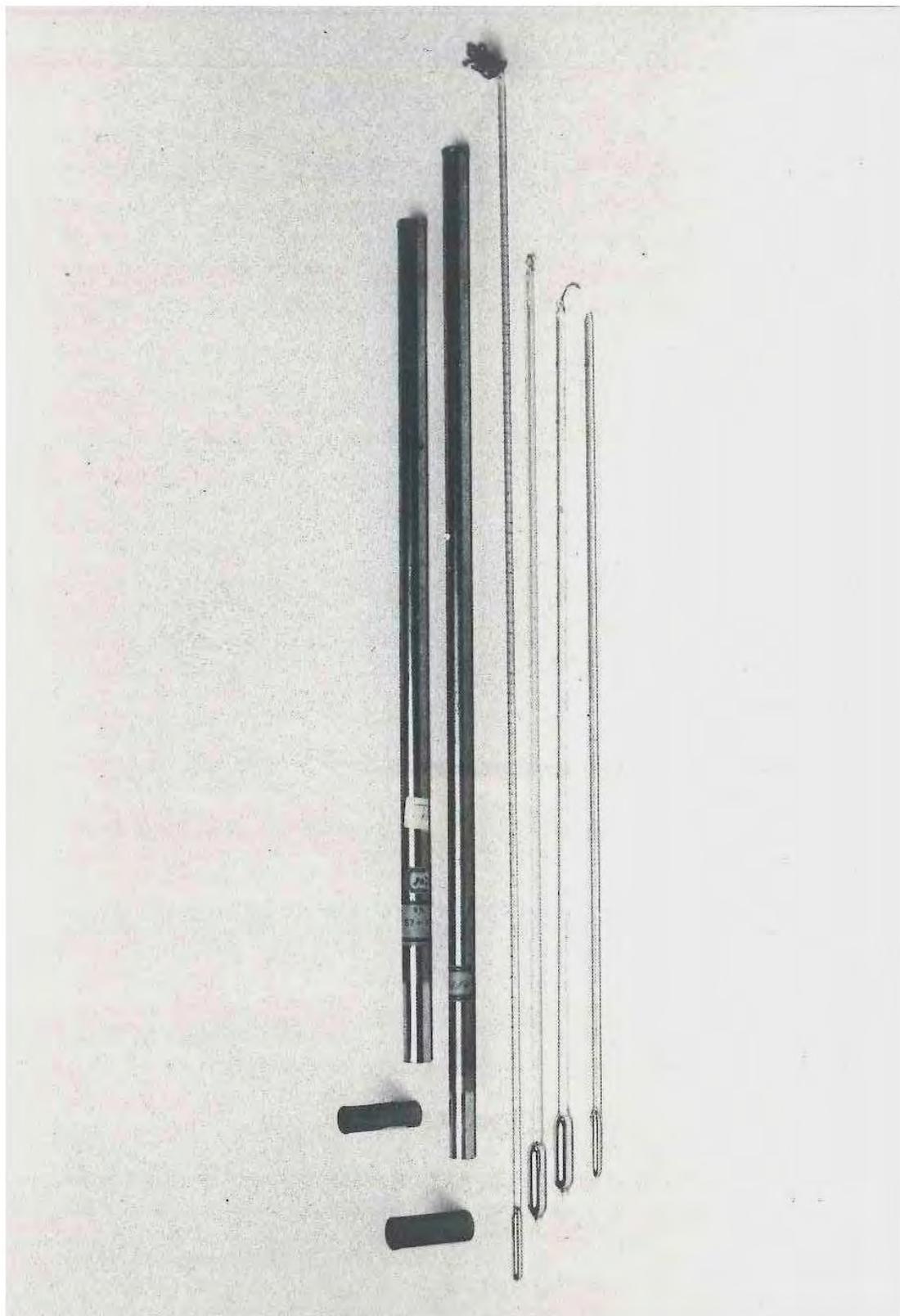
2. Gruppo di sei termometri a scala incisa.

Sono termometri a mercurio, di fabbricazione francese, caratterizzati da una elevata sensibilità e da uno stelo cilindrico molto lungo e sottile (diametro da 4 a 5 mm circa) sul quale è incisa la scala. Ogni termometro è custodito in un astuccio metallico.

Il gruppo è costituito come segue:

1. Un termometro con scala da 0 °C a + 5,8 °C, sensibilità di lettura 0,01 °C, lunghezza dello stelo 64 cm. Il nome del costruttore, Baudin, è inciso sullo stelo.
2. Un termometro con scala da - 5 °C a + 104 °C, sensibilità di lettura 0,1 °C, lunghezza dello stelo 69 cm. Sullo stelo sono incisi i dati relativi al costruttore: "Baudin à Paris".
3. Un termometro con scala da 0 °C a + 100 °C, sensibilità di lettura 0,1 °C, lunghezza dello stelo 59 cm. Il nome del costruttore, Baudin, è inciso sullo stelo.
4. Un termometro con scala da + 17,8 °C a + 29,6 °C, sensibilità di lettura 0,02 °C, lunghezza dello stelo 50 cm. Sullo stelo è incisa la seguente iscrizione: "Baudin - Poids de la cuvette 1 gr 82 de la tige 25 gr 81 du mercure 32 gr 95 total 60 gr 58".
5. Un termometro con scala da 0 °C a + 6,3 °C, sensibilità di lettura 0,01 °C, lunghezza dello stelo 47 cm. Sullo stelo sono incisi i dati relativi al costruttore e l'anno di costruzione: "Fastré Paris 1860".
6. Un termometro con scala da - 5 °C a + 8 °C, sensibilità di lettura 0,02 °C, lunghezza dello stelo 53 cm. Il nome del costruttore, Baudin, è inciso sullo stelo.

2. Gruppo di sei termometri a scala incisa.

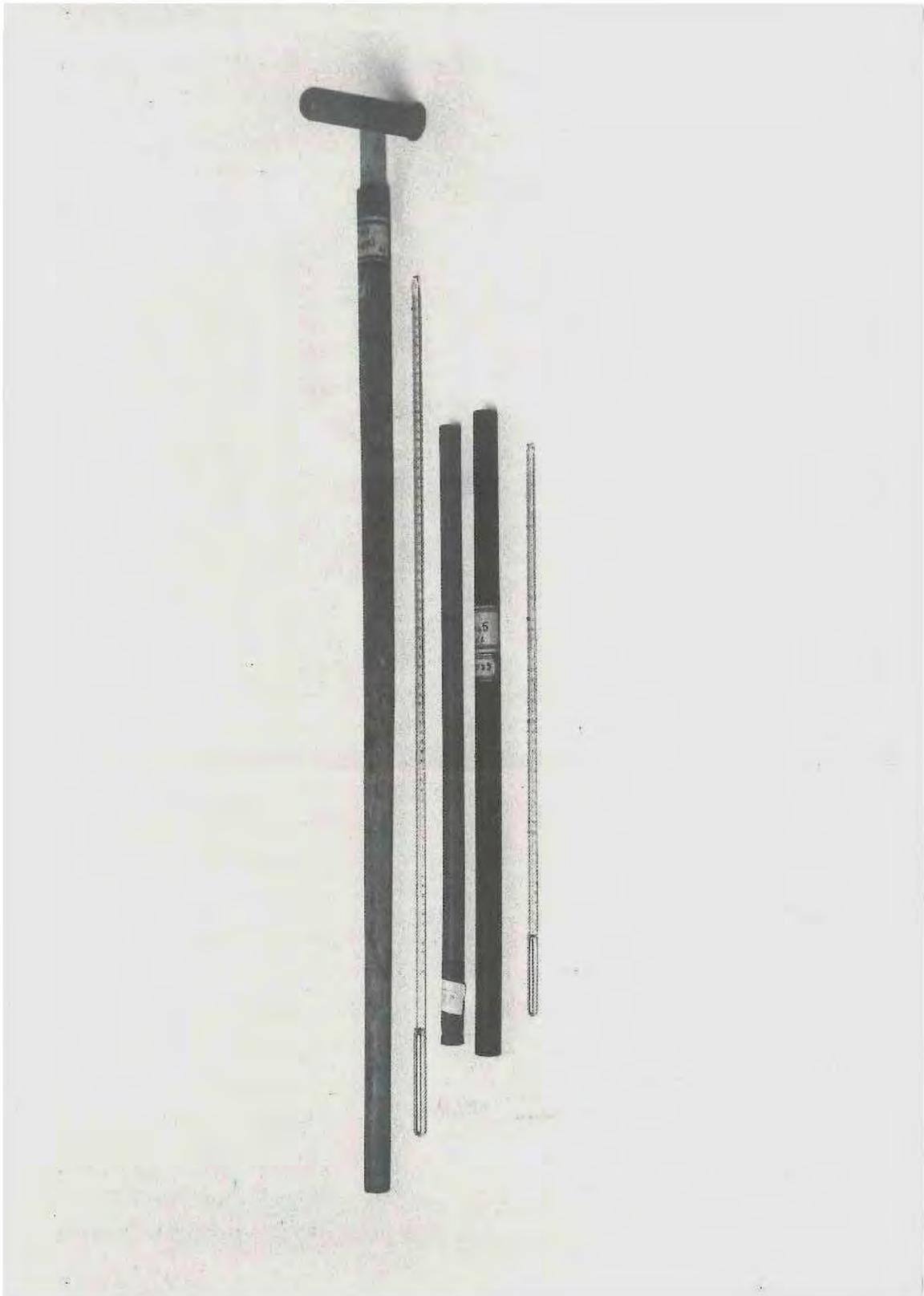


3. Gruppo di quattro termometri a scala incisa.

Sono termometri a mercurio, di fabbricazione francese, caratterizzati da una buona sensibilità e da uno stelo piuttosto lungo e sottile (diametro di 5 mm circa), sul quale è incisa la scala. Il gruppo è costituito come segue.

- 1.2. Due termometri con scala da 0 °C a + 45 °C, sensibilità di lettura 0,1 °C, lunghezza dello stelo 33 cm. Sullo stelo sono incisi i dati relativi al costruttore e l'anno di costruzione: "Fastré ainé à Paris 1861".
3. Un termometro con scala da 0 °C a + 70 °C, sensibilità di lettura 0,1 °C, lunghezza dello stelo 53 cm. Sullo stelo è incisa l'iscrizione: "Fastré ainé à Paris 1862". E' custodito in un bellissimo astuccio di legno.
4. Un termometro con scala da - 10 °C a + 47 °C, sensibilità di lettura 0,2 °C, lunghezza dello stelo 33 cm. Sullo stelo è incisa l'iscrizione: "Fastré ainé à Paris 1863".

3. Gruppo di quattro termometri a scala incisa.

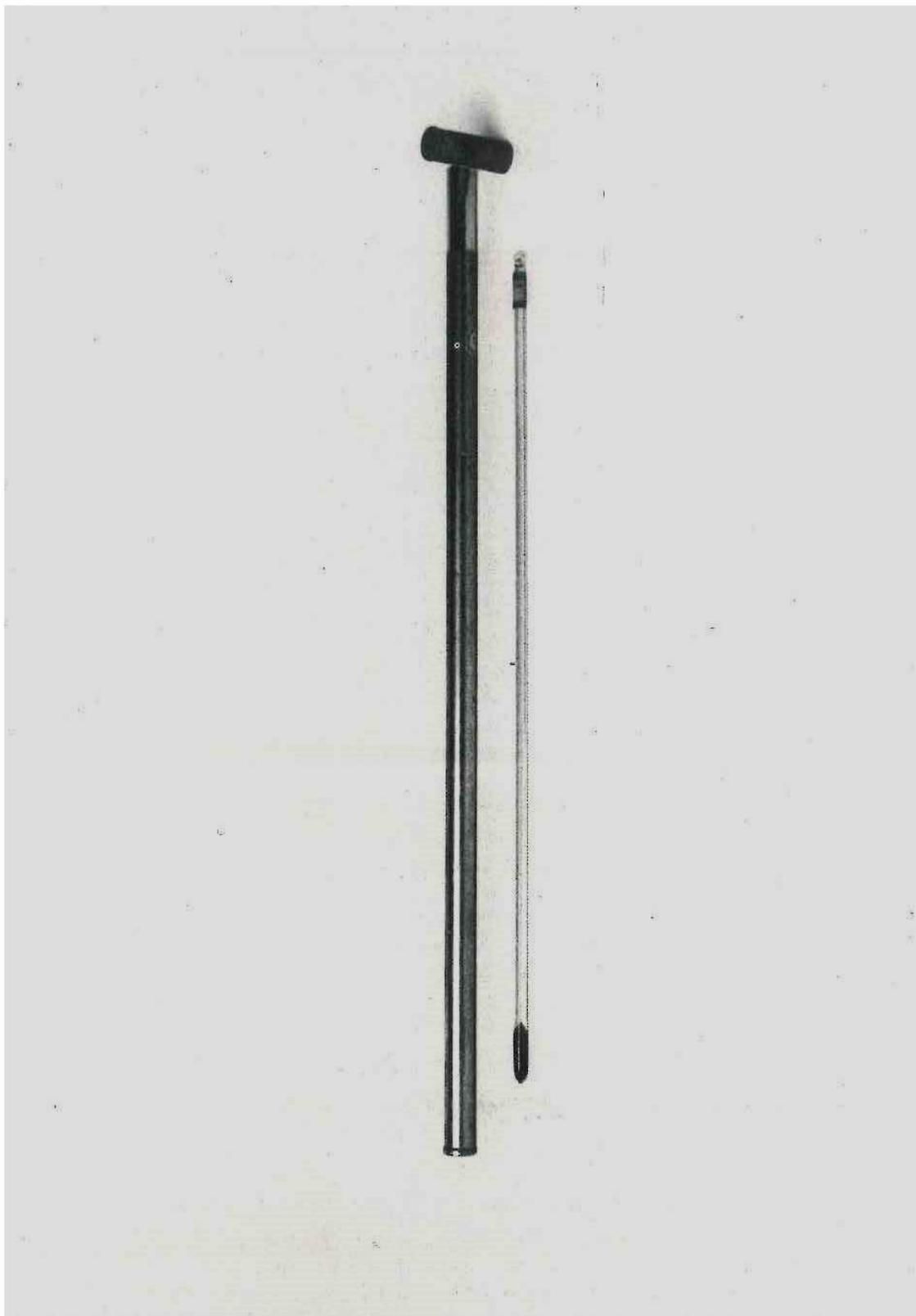


4. Termometro per basse temperature a scala incisa.

Il termometro ha uno stelo piuttosto sottile (diametro di 7 mm circa), lungo 46 cm. Su di esso è incisa una scala da $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il liquido termometrico, debolmente colorato, è presumibilmente alcool etilico.

Il termometro è custodito in un astuccio metallico. Non si conosce il nome del costruttore.

4. Termometro per basse temperature a scala incisa.

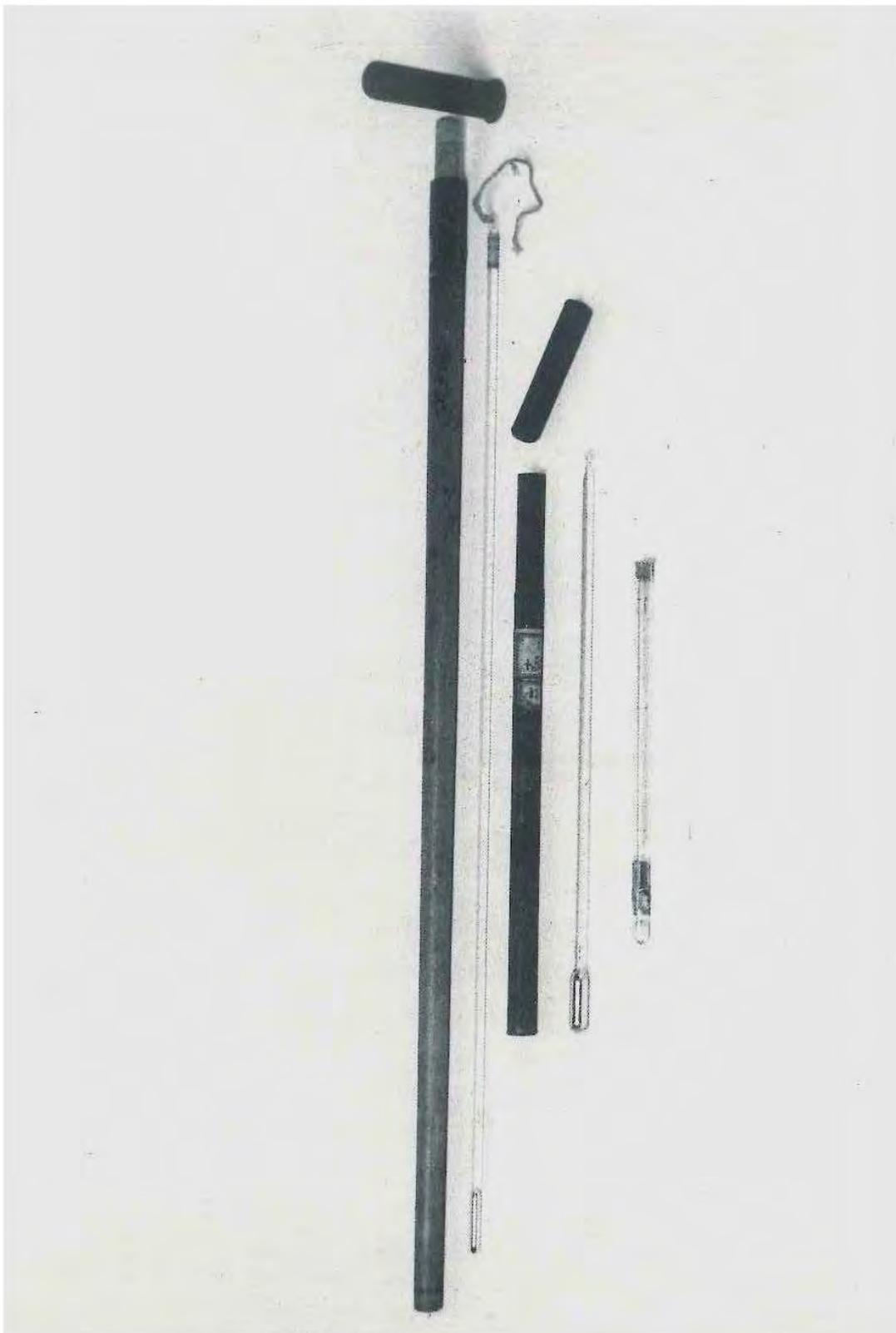


5. Termometri vari.

I termometri qui presentati hanno le caratteristiche seguenti.

1. Un termometro a mercurio, a scala incisa, con graduazione da $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ e sensibilità di lettura di $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il bulbo è molto grande; fra il cannello ed il bulbo è inserita una piccola riserva intermedia. Sullo stelo è incisa l'iscrizione: "Centigrade Louis Müller Unker Braunschweig n° 2108".
2. Un termometro a mercurio con bulbo piccolissimo e scala da $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lo stelo, sottilissimo, è fissato ad una lamina rettangolare di osso sulla quale è riportata la scala. Il termometro è all'interno di un astuccio di vetro. Non se ne conosce il costruttore.
3. Un termometro a mercurio, a scala incisa, con graduazione da $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+51\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lo stelo è piuttosto sottile (diametro di 6 mm circa) ed è lungo 58 cm . La sensibilità di lettura è di $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sullo stelo è incisa l'iscrizione: "October 1901 - 75821 - M^{on} Alvergniat F^{res} - Chabaud 58 rue - Monsieur le Prince Paris - Centigrade calibré". Il termometro è custodito in un bellissimo astuccio di legno.

5. Termometri vari.



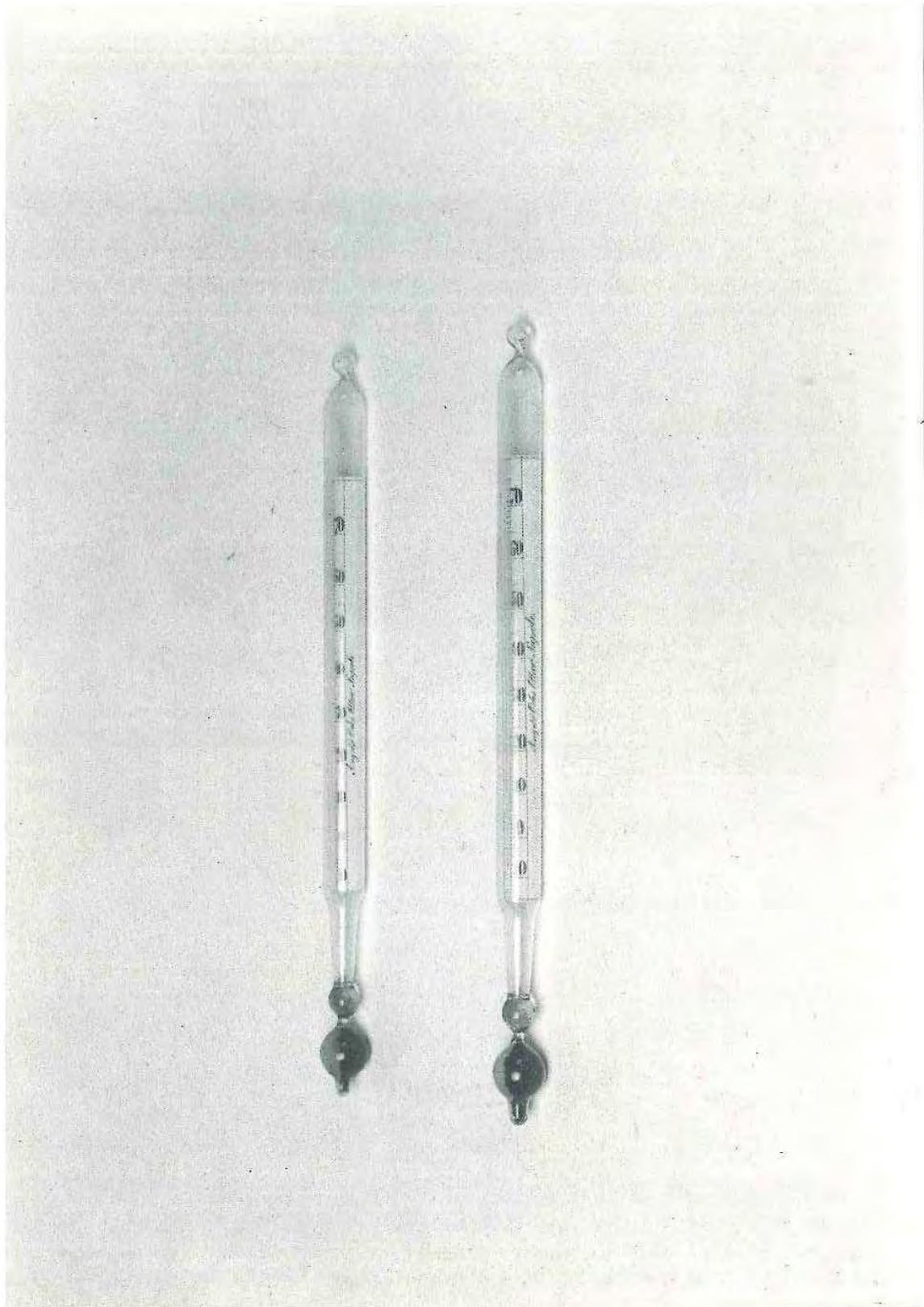
6. Due termometri zavorrati.

I termometri hanno le medesime caratteristiche.

Un corpo cavo di vetro contiene il cannello che s'innesta in un serbatoio sferico. Il liquido termometrico è colorato ed è presumibilmente alcool etilico. Un grosso bulbo, recante all'interno pallini di piombo, è saldato al serbatoio e consente al termometro di galleggiare verticalmente in un liquido.

Lungo il cannello vi è una doppia graduazione che permette la lettura delle temperature nelle scale Celsius e Réaumur. L'intervallo termico va da -10°C a $+70^{\circ}\text{C}$. La graduazione è riportata su di un cartoncino che reca sul retro l'iscrizione: "Angelo Ochs Ottico Napoli".

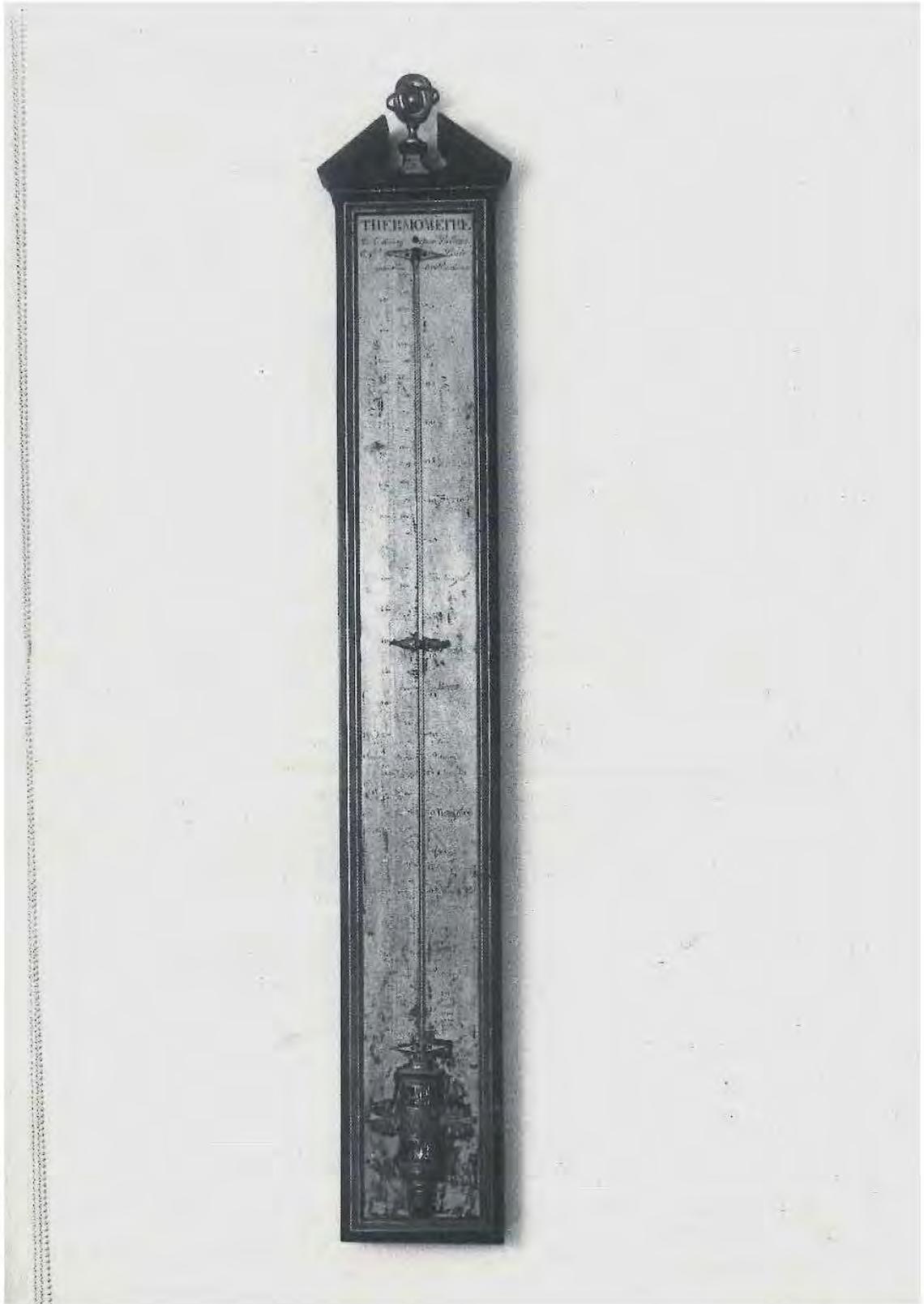
6. *Due termometri zavorrati.*



7. Termometro da parete.

Con questo bellissimo termometro da parete la temperatura dell'ambiente può essere letta nelle tre scale Celsius, Réaumur e Fahrenheit. Le scale sono incise, insieme con alcune iscrizioni, su di una lamina metallica fissata al pannello. Su di essa sono anche incisi i dati relativi al costruttore: "Thermomètre par Mossy, Quai Pelletier 56, Paris".

7. Termometro da parete.



8. Termometro metallico di Breguet.

Abraham Breguet, orologiaio e costruttore parigino morto nel 1823, ebbe l'idea di realizzare un termometro, molto sensibile, fondato sulla differente dilatabilità dei metalli.

Tre lamine sovrapposte di platino, di oro e di argento venivano saldate insieme per tutta la loro lunghezza, quindi passate al laminatoio in modo da ottenere un nastro estremamente sottile. Avvolto il nastro a elica cilindrica, se ne fissava un estremo ad un adatto supporto mentre all'altra estremità si sospendeva un ago leggerissimo; l'asse dell'elica veniva fatto coincidere con quello di un cerchio orizzontale lungo il cui bordo era riportata una scala in gradi angolari o in gradi termometrici. L'argento, che dei tre metalli è quello con coefficiente di dilatazione più elevato, costituiva la faccia interna dell'elica mentre il platino, che ha il coefficiente di dilatazione più basso, veniva posto all'esterno.

Con una tale struttura un aumento di temperatura determina un parziale svolgimento dell'elica sicché l'ago ruota in un senso; un parziale riavvolgimento dell'elica, con rotazione dell'ago in senso opposto, si ha quando la temperatura diminuisce. L'oro, interposto fra gli altri due metalli, avendo un coefficiente di dilatazione intermedio, impedisce che una forte variazione di temperatura provochi la rottura del nastro.

Per la conversione dai gradi angolari a quelli termometrici si richiedeva il confronto con un termometro a mercurio. Il raffronto con un buon termometro era parimenti necessario per la taratura in gradi termometrici. L'apparecchio aveva inoltre bisogno di frequenti rettifiche. Tuttavia il termometro di Breguet aveva il pregio di una notevole sensibilità accoppiata ad un'estrema prontezza che gli consentiva di seguire con grande rapidità le variazioni di temperatura¹⁰.

Nell'esemplare qui presentato l'asticina che sorregge l'elica (la quale appare alquanto deformata) è sostenuta da una barretta di ottone ricurva. L'asticina è piegata superiormente; spingendone lateralmente l'estremità, l'elica ruota su se stessa, e ciò consente di rettificare la posizione dell'ago¹¹. La scala, con graduazione da 0 a 360, è riportata su di un cartoncino, a forma di corona circolare, incollato su di una tavoletta anulare di legno.

Lo strumento è sostenuto da un'ampia base di legno la quale presenta una scanalatura circolare destinata ad accogliere il bordo di una campana di vetro protettiva. Il nome della casa costruttrice, Breguet, è segnato sul quadrante. L'altezza dell'apparecchio, misurata dalla sommità della campana, è di 20 cm.

¹⁰ Ricordiamo che nei comuni termometri a dilatazione sensibilità e prontezza non vanno di solito d'accordo: un aumento delle dimensioni del bulbo, in genere, migliora la sensibilità a discapito della prontezza, e viceversa.

¹¹ L'asticina termina con un morsetto di cui non si comprende bene la funzione.

8. Termometro metallico di Breguet.



9. Termometro metallico di Breguet.

L'apparecchio si differenzia dall'esemplare precedentemente descritto per alcuni elementi aggiuntivi.

Un primo elemento è costituito da un'asticina metallica che, disposta lungo l'asse dell'elica, le fa da sostegno ed impedisce che essa si deformi quando lo strumento viene trasportato.

Un secondo elemento è rappresentato da due morsetti di ottone fissati alla base di legno e costituenti gli estremi di un circuito comprendente l'asticina disposta lungo l'asse dell'elica e la barretta ricurva che la sorregge. Non si comprende bene quale potesse essere la funzione di tale circuito dal momento che la sua resistenza elettrica è pressoché nulla.

Come nell'esemplare già descritto, il quadrante ha una graduazione da 0 a 360 ed è formato da un cartoncino anulare incollato su di una tavoletta di legno.

Alla barretta è fissata un'asticella orizzontale portante all'estremità esterna una testina di avorio. Spingendo lateralmente la testina, l'elica ruota su se stessa e la posizione dell'ago sulla scala si modifica.

Rispetto all'esemplare precedentemente descritto lo stato di conservazione è complessivamente migliore. Il nome della casa costruttrice, Breguet, è segnato sul quadrante. L'altezza, misurata dalla sommità della campana protettiva, è di 21 cm.

9. Termometro metallico di Breguet.



10. Pirometro a dilatazione.

I pirometri sono apparecchi atti alla misurazione di alte temperature. Essi utilizzano principi fisici diversi: assorbimento di calore da parte di un blocchetto metallico (pirometri calorimetrici); effetto termoelettrico (pirometri termoelettrici); variazione della resistività con la temperatura (pirometri a resistenza elettrica); confronto della brillantezza della superficie del corpo in esame con quella di un altro corpo a temperatura nota (pirometri ottici); e così via.

Il pirometro che qui presentiamo utilizza la dilatazione termica di una barretta metallica.

Ad una lastra di marmo sono fissate due colonnine di ottone fra le quali è disposta, orizzontalmente, una lunga e sottile asta metallica. Una sola estremità di questa è fissa; l'altra, attraversando la colonnina corrispondente, è a contatto con una levetta girevole intorno ad una asse verticale. La variazione di lunghezza dell'asticina, determinata dall'ambiente di cui si voleva misurare la temperatura, causava la rotazione della levetta di un angolo più o meno grande; lo spostamento veniva amplificato e trasmesso, attraverso un sistema di leve e di ruotismi, ad un indice mobile, in un piano verticale, lungo una scala di porcellana a forma di corona circolare. A parità di variazione di temperatura, la posizione raggiunta dall'indice sulla scala dipendeva dalle caratteristiche della barretta usata (lunghezza iniziale e coefficiente di dilatazione termica); una taratura opportuna consentiva, per la particolare asticina adoperata, di risalire al valore della temperatura dell'ambiente in cui lo strumento aveva operato.

La taratura richiedeva che si realizzassero, per ciascuna barretta, temperature diverse. A ciò provvedeva un resistore disposto al di sotto della barretta e poggiante su di una striscia di amianto; due morsetti consentivano di addurre al resistore una corrente più o meno intensa e quindi di riscaldare in misura più o meno grande la barretta. Le caratteristiche dell'asticina usata, noto il coefficiente di amplificazione¹², permettevano di tarare lo strumento e di realizzare altresì sensibilità diverse.

Quando non veniva usato, lo strumento, poggiato su di una base in legno, veniva tenuto in una custodia di vetro.

La base di appoggio è dotata di un piccolo cassetto in cui sono riposte asticine di metalli diversi e di lunghezze leggermente differenti; esse sono custodite insieme con un foglietto che reca la dicitura: "Tiges métalliques pour le Pyromètre".

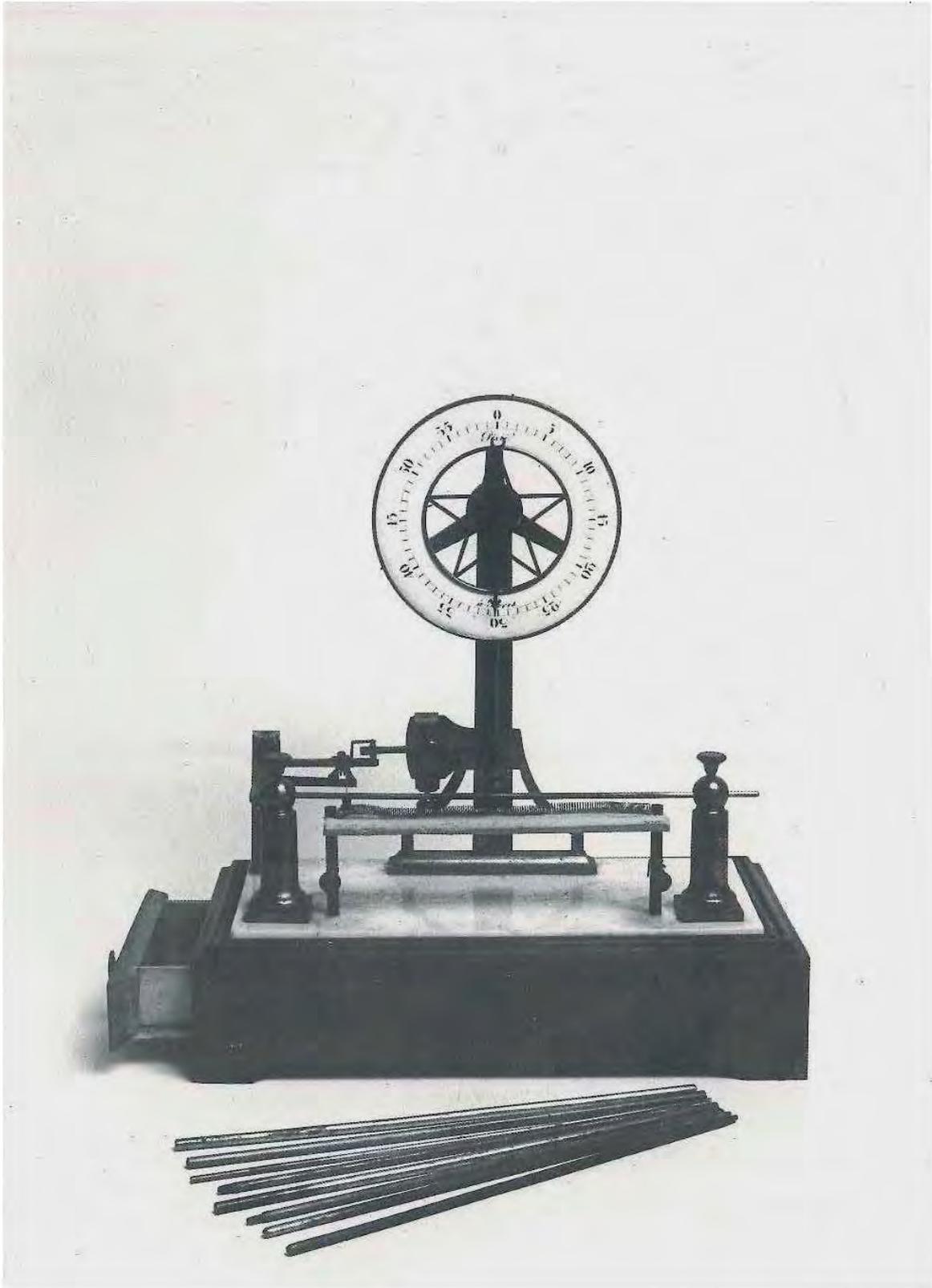
L'altezza dello strumento, il cui stato di conservazione è discreto, è di 35 cm. Sul quadrante di porcellana sono segnati i dati relativi al costruttore: "Pixii à Paris"¹³.

Sulla base di notizie desunte dal più antico inventario dell'Istituto di Fisica è possibile assegnare l'apparecchio al gruppo di strumenti già appartenuti ai Reali Borbonici e successivamente acquisiti dal Gabinetto di Fisica dell'Università.

¹² È verosimile che il coefficiente di amplificazione venisse determinato al seguente modo. Si disponevano successivamente fra le colonnine due asticine di lunghezze sensibilmente diverse (determinate con buona precisione) e, dopo di aver portato la levetta a contatto con ciascuna di esse, si prendeva nota delle due posizioni assunte dall'indice sulla scala. Se "n" era il numero di divisioni corrispondenti alla differenza fra le due letture, e "Δl" la differenza di lunghezza delle due barrette, il rapporto "c = n/Δl" forniva il richiesto coefficiente di amplificazione.

¹³ Si veda la nota 9.

10. *Pirometro a dilatazione.*



11. Apparecchio a corona di Hope.

Serve a mettere in evidenza il fatto che la densità dell'acqua è massima a 4 °C.

Un lungo recipiente cilindrico di vetro, disposto verticalmente, è circondato, ad una certa distanza dal suo bordo superiore, da un manicotto anulare metallico. Generalmente l'esperienza si conduce riempiendo di ghiaccio il manicotto e di acqua, a una temperatura intorno a 10 °C, il recipiente cilindrico. Mediante due termometri opportunamente disposti si può misurare la temperatura dell'acqua sul fondo del recipiente e quella in corrispondenza del bacino anulare. Si osserva che, mentre la prima si porta molto rapidamente sul valore di 4 °C, rimanendo successivamente stazionaria, l'altra diminuisce progressivamente discendendo al di sotto di 4 °C e approssimandosi a 0 °C.

Nell'esemplare qui presentato il tubo cilindrico di vetro ha un'altezza di 38 cm ed è sostenuto da un'ampia base di ottone. Una fascia cilindrica, anch'essa in ottone, posta immediatamente al di sotto del manicotto, funge da impugnatura. I due termometri, di lunghezza molto diversa, sono fissati, l'uno accanto all'altro, ad una tavoletta di legno che superiormente è attraversata da due asticine metalliche, disposte a croce; ciascuna di esse ha una lunghezza superiore al diametro del tubo di vetro. Se le asticine vengono poggiate sul bordo del recipiente cilindrico, i termometri si dispongono verticalmente con i bulbi alla giusta profondità.

L'apparecchio, che è integro, ha un'altezza di 45 cm. Sulla tavoletta che sostiene i termometri sono segnati i dati relativi al costruttore: "Lerebours, Paris"¹⁴.

L'apparecchio a corona fu ideato da Thomas Charles Hope, illustre chimico scozzese, nato nel 1766 a Edimburgo ove si spense nel 1844.

¹⁴ La casa costruttrice di strumenti Lerebours fu fondata alla fine del XVIII secolo da Noël-Jean Lerebours (1761-1840).

11. *Apparecchio a corona di Hope.*

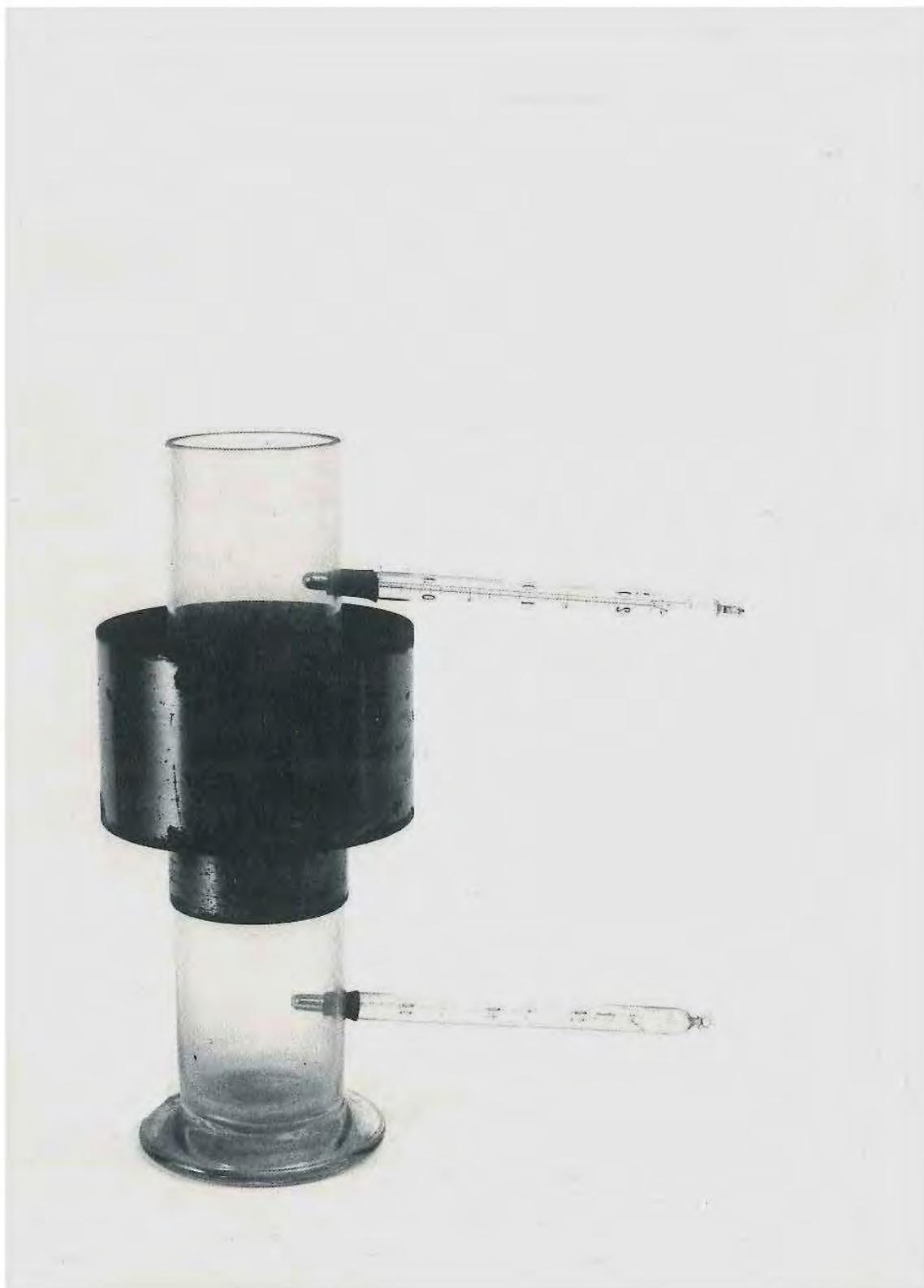


12. Apparecchio a corona di Hope.

Differisce in sostanza dall'esemplare precedentemente descritto per la disposizione dei due termometri. Questi sono posti orizzontalmente e passano attraverso due fori a tenuta praticati l'uno nella parte superiore, l'altro nella parte inferiore del cilindro di vetro destinato a contenere l'acqua. Il tubo è sostenuto da un piede circolare anch'esso di vetro. Un rubinetto consente di vuotare il bacino anulare dall'acqua ottenuta dalla fusione del ghiaccio.

L'altezza dell'apparecchio è di 32 cm. Non si conosce il nome del costruttore.

12. *Apparecchio a corona di Hope.*



13. Dilatometro per liquidi.

Questo apparecchio consente di mettere qualitativamente a confronto la dilatabilità di liquidi differenti.

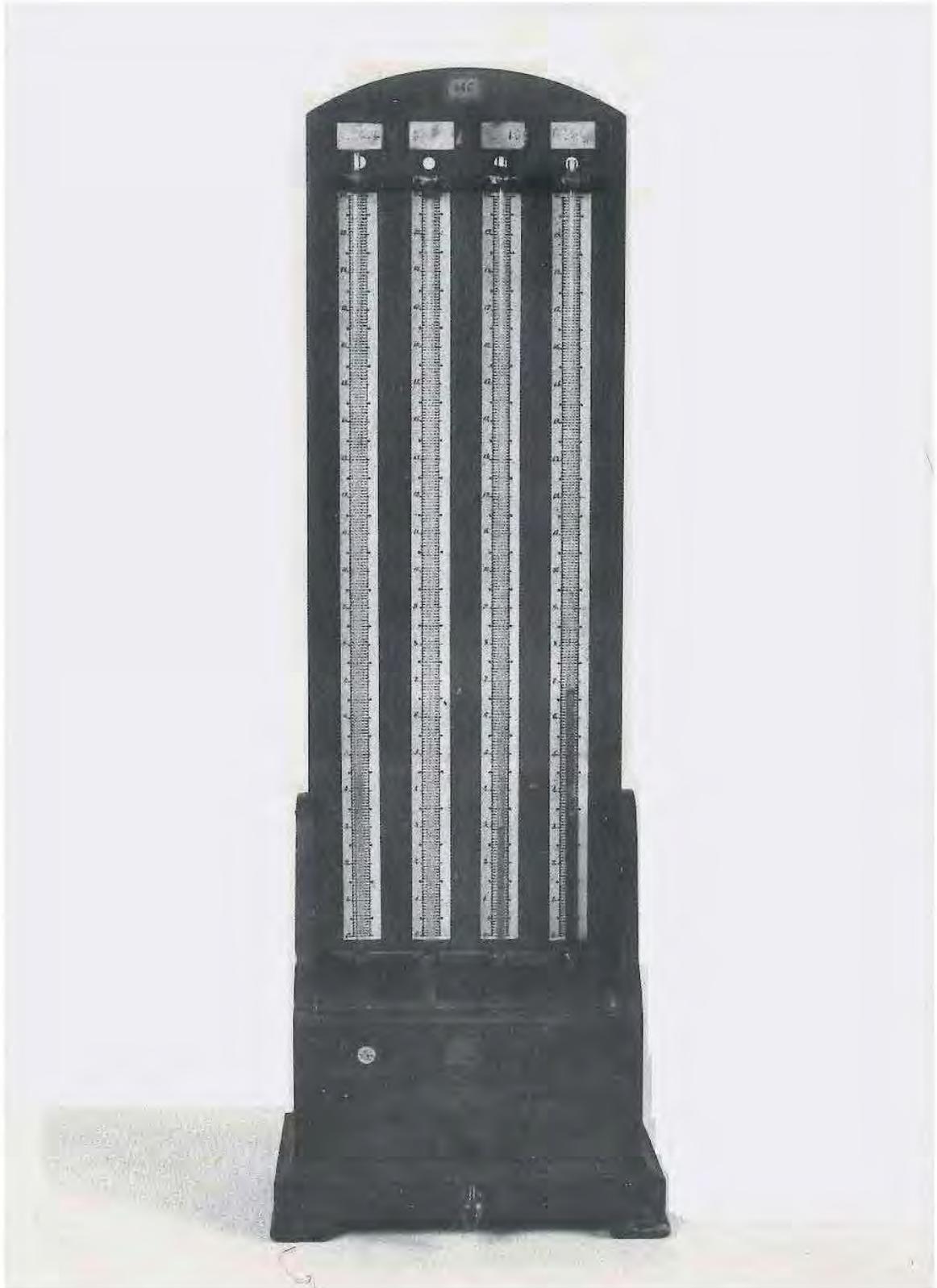
Quattro boccette di vetro, di egual volume, sono alloggiate, l'una accanto all'altra, in un grosso cassone metallico. Ognuna di esse contiene un liquido diverso che la riempie completamente. Le boccette sono ben chiuse da tappi forati attraverso i quali passano, a tenuta, quattro lunghi tubicini di vetro disposti verticalmente, aperti in alto e fissati ad un pannello di legno sul quale sono incollate altrettante strisce di cartoncino graduate. I liquidi impiegati sono alcool etilico, petrolio, olio ed acqua.

Dopo di aver riempito quasi del tutto il cassone con acqua molto calda, i quattro liquidi raggiungono, dopo un po', la medesima temperatura. La conseguente variazione di volume li fa salire nei tubicini di altezze diverse, essendo differenti i coefficienti di dilatazione¹⁵. Terminata l'esperienza, un rubinetto consente di vuotare il cassone.

L'apparecchio, il cui stato di conservazione è piuttosto buono, è alto 84 cm. Non si conosce il nome del costruttore.

¹⁵ Naturalmente ciò che si osserva è la dilatazione apparente, differenza fra la dilatazione vera del liquido e quella della boccetta di vetro.

13. *Dilatometro per liquidi.*



14. Anello di Gravesande.

L'apparecchio fu ideato da Willem-Jacob 's Gravesande, matematico e fisico olandese, nato a Boscoduale nel 1688 e morto a Leida nel 1742. Esso serve a mostrare, in maniera semplice ma molto efficace, che anche le sostanze solide, sufficientemente riscaldate, possono dilatarsi in misura sensibile.

Un'asta verticale, arcuata in alto, sorregge, mediante un filo metallico o una catenella, una sfera metallica avente un diametro di pochi centimetri. Lungo l'asta può scorrere un'asticina terminante con un anello circolare che, mediante una vite, può essere fissato nella posizione più opportuna. A temperatura ordinaria la sfera attraversa l'anello, poiché ha un diametro appena più piccolo, ma se, dopo aver allontanato l'anello, si riscalda convenientemente la sfera, si constata che essa non passa più attraverso l'anello.

Nell'esemplare qui presentato la sfera è di rame mentre l'asta di supporto e l'anello sono di ottone. Il diametro interno dell'anello è di 42 mm. L'asta è fissata ad un'ampia base rettangolare di legno.

L'apparecchio, che è integro, è alto 36 cm. Mancano i dati relativi al costruttore.

14. *Anello di Gravesande.*



15. Cassetta di Ingenhousz.

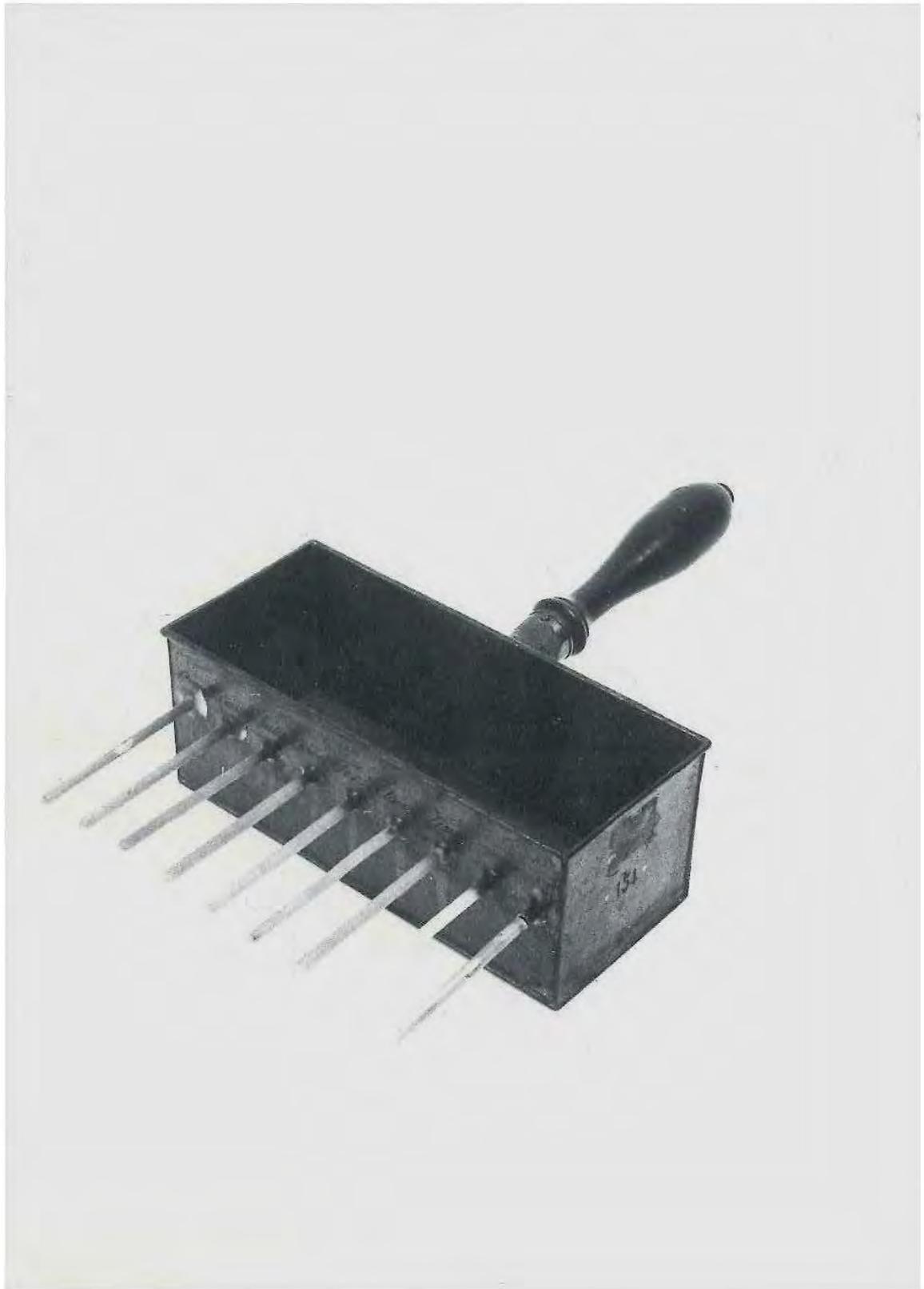
L'apparecchio fu ideato da Jan Ingenhousz, medico e naturalista olandese, nato a Breda nel 1730 e morto a Bowood, Londra, nel 1799. Grazie ad esso si può operare un raffronto qualitativo fra le conducibilità termiche di materiali diversi, impiegati sotto forma di barrette di egual lunghezza e sezione.

Le barrette sono opportunamente fissate ad una delle pareti esterne di una sottile scatola metallica parallelepipedica e penetrano per qualche millimetro all'interno della scatola stessa. Dopo di aver ricoperto le barrette con un sottile strato di cera gialla (la cui temperatura di fusione è di circa 60 °C), si riempie la cassetta con acqua molto calda. La propagazione del calore verso le estremità libere delle asticine determina su di esse, nel medesimo intervallo di tempo, la fusione della cera per tratti di lunghezza diversa. Il confronto fra queste lunghezze consente una comparazione fra le conducibilità termiche delle sostanze impiegate. Grazie ad un manico isolante la scatola può essere sollevata e portata intorno a mostrare i risultati dell'esperimento.

Nell'esemplare qui presentato, che è integro, la scatola è di ottone; la sua dimensione massima è di 22,5 cm, quella più piccola di 8,5 cm. Le barrette sono 9; ciascuna di esse ha una lunghezza di 8,5 cm ed un diametro di circa 4 mm. Se si fa riferimento alla riproduzione fotografica, i materiali sono, nell'ordine, da sinistra a destra: argento, rame, ottone, acciaio, ferro, stagno, zinco, paraffina ed un'altra sostanza non identificata. Il nome di ciascun materiale è segnato in francese accanto alla barretta corrispondente; il nome della sostanza costituente l'ultima asticina è illeggibile.

Mancano i dati relativi al costruttore.

15. *Cassetta di Ingenhousz.*



16. Apparecchio per mettere in evidenza la tensione di vapore.

Quattro tubi di vetro affiancati, dell'altezza di circa 85 cm, sono chiusi ad un estremo e disposti verticalmente, con l'estremità aperta in basso. I tubi sono fissati ad un pannello di legno mediante dei ganci e possono essere facilmente rimossi dalle loro sedi. Le estremità aperte terminano in un pozzetto parallelepipedico che può essere riempito di mercurio. Accanto a ogni tubo vi è una scala graduata, riportata su di una striscia di cartoncino incollata al pannello.

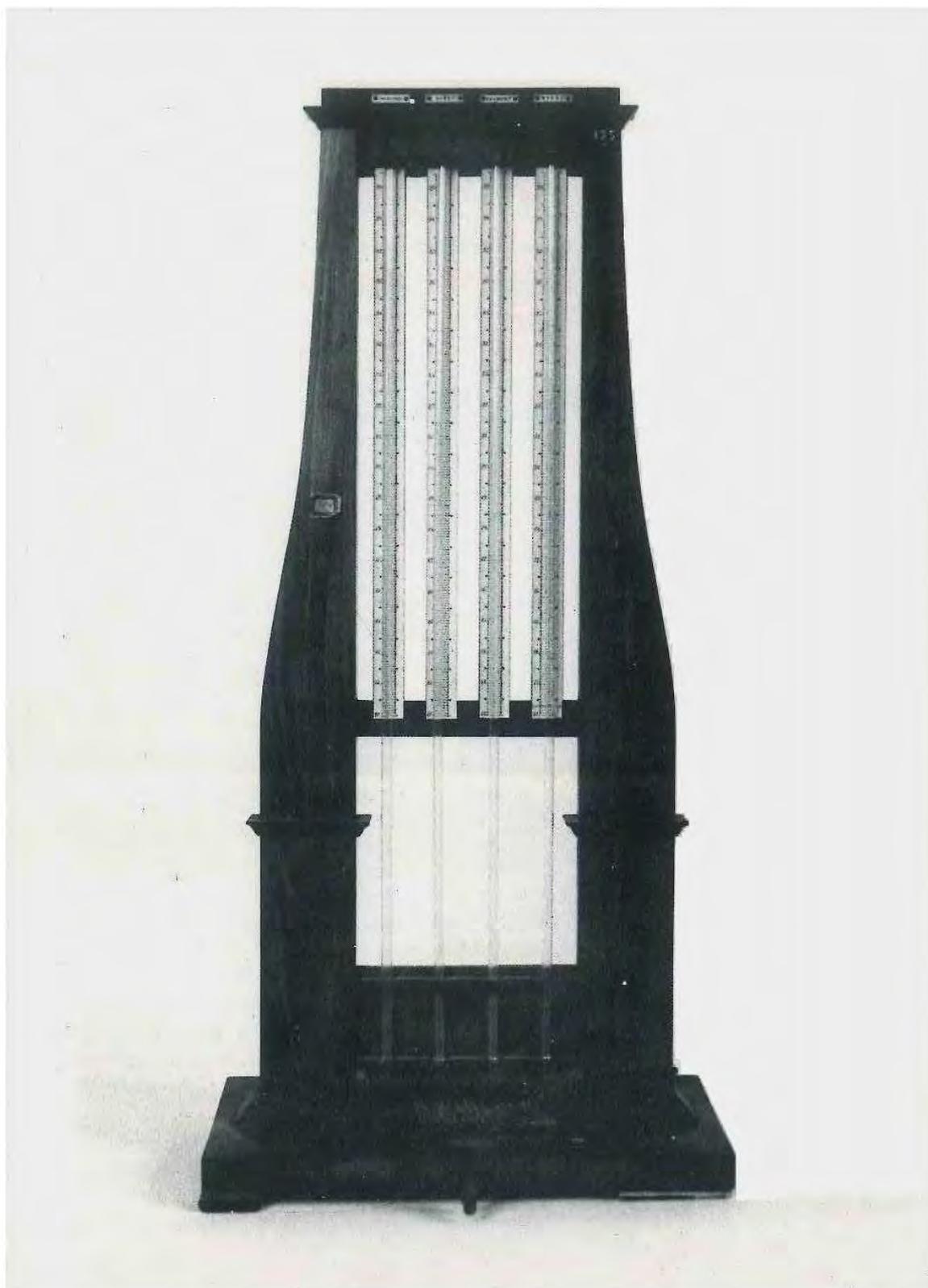
Tutto il sistema poggia su di un'ampia base di legno. Un rubinetto consente di vuotare la vaschetta e di recuperare il mercurio, una volta che l'esperienza sia stata conclusa.

Alla sommità del pannello, immediatamente al di sopra delle estremità chiuse dei tubi, sono fissate quattro targhette che, da sinistra a destra, recano le seguenti diciture: mercurio, acqua, alcole, etere.

Per poter eseguire l'esperienza si versa nel pozzetto una quantità sufficiente di mercurio, quindi, liberati i tubi, li si riempie di mercurio e li si capovolge nella vaschetta fissandoli poi di nuovo al pannello; si hanno così quattro canne torricelliane. Con l'ausilio di un contagocce ricurvo, inserito nell'estremità inferiore della canna barometrica, si immettono nel secondo, nel terzo e nel quarto tubo alcune gocce di acqua, di alcool etilico e di etere etilico rispettivamente. Le gocce, giunte in superficie, vaporizzano piuttosto rapidamente; nel contempo il livello del mercurio si abbassa mostrando così che il vapore esercita una pressione. Dalla variazione di altezza, resa ben evidente dal confronto con il livello del mercurio nella prima canna, si può risalire al valore della corrispondente tensione di vapore. L'ulteriore immissione di gocce consente di saturare l'ambiente e quindi di confrontare le tensioni massime di vapore dei tre liquidi esaminati. Si osserva che il valore più elevato si ha per l'etere, quello più piccolo per l'acqua.

L'apparecchio, che è pressoché integro, è alto 94 cm. Non si conosce il nome del costruttore.

16. *Apparecchio per mettere in evidenza la tensione di vapore.*



17. Igrometro a capello di de Saussure.

Gli igrometri a capello sono, come è noto, fondati sulla proprietà che hanno i capelli di assorbire il vapor d'acqua e di variare di lunghezza al variare del grado igrometrico dell'aria. Le variazioni di lunghezza di un sottile fascetto di capelli, che siano stati preventivamente ben sgrassati, vengono amplificate da un sistema di leve e comandano un indice mobile su di una scala. La graduazione parte da zero, corrispondente ad aria del tutto secca, ed arriva a cento, corrispondente ad ambiente saturo di vapor d'acqua.

Gli igrometri a capello sono tuttora largamente usati sebbene non siano molto precisi; rispetto ai primi strumenti, quelli attuali hanno però un ingombro estremamente ridotto. Tutti possono considerarsi derivati dall'igrometro ideato da Horace-Bénédict de Saussure, naturalista e fisico svizzero, nato a Conches nel 1740 e morto a Ginevra nel 1799.

Nell'esemplare qui presentato l'igrometro è all'interno di una armadietto di legno munito di anta con vetro. Al lato superiore di un tubo di ottone piegato in forma di rettangolo e posto in un piano verticale, è fissata l'estremità di un sottilissimo fascetto di capelli disposto verticalmente ed avvolto inferiormente su di una minuscola carrucola mobile, praticamente senza attrito, intorno ad un asse orizzontale. Un filo sottile, avvolto sulla puleggia in senso contrario e caricato di un piccolo peso, tiene il fascetto costantemente teso. All'asse della puleggia è collegato, per il suo centro di gravità, un lungo ago mobile lungo il bordo, sagomato ad arco di circonferenza, di una lamina di alluminio; su di esso è riportata una graduazione da 0 a 100.

Una levetta, di cui è rimasta solo una parte, aveva la funzione di bloccare la puleggia quando l'apparecchio doveva essere trasportato. Una vite, nella parte alta, serviva a dare al punto d'attacco dei capelli la posizione più opportuna.

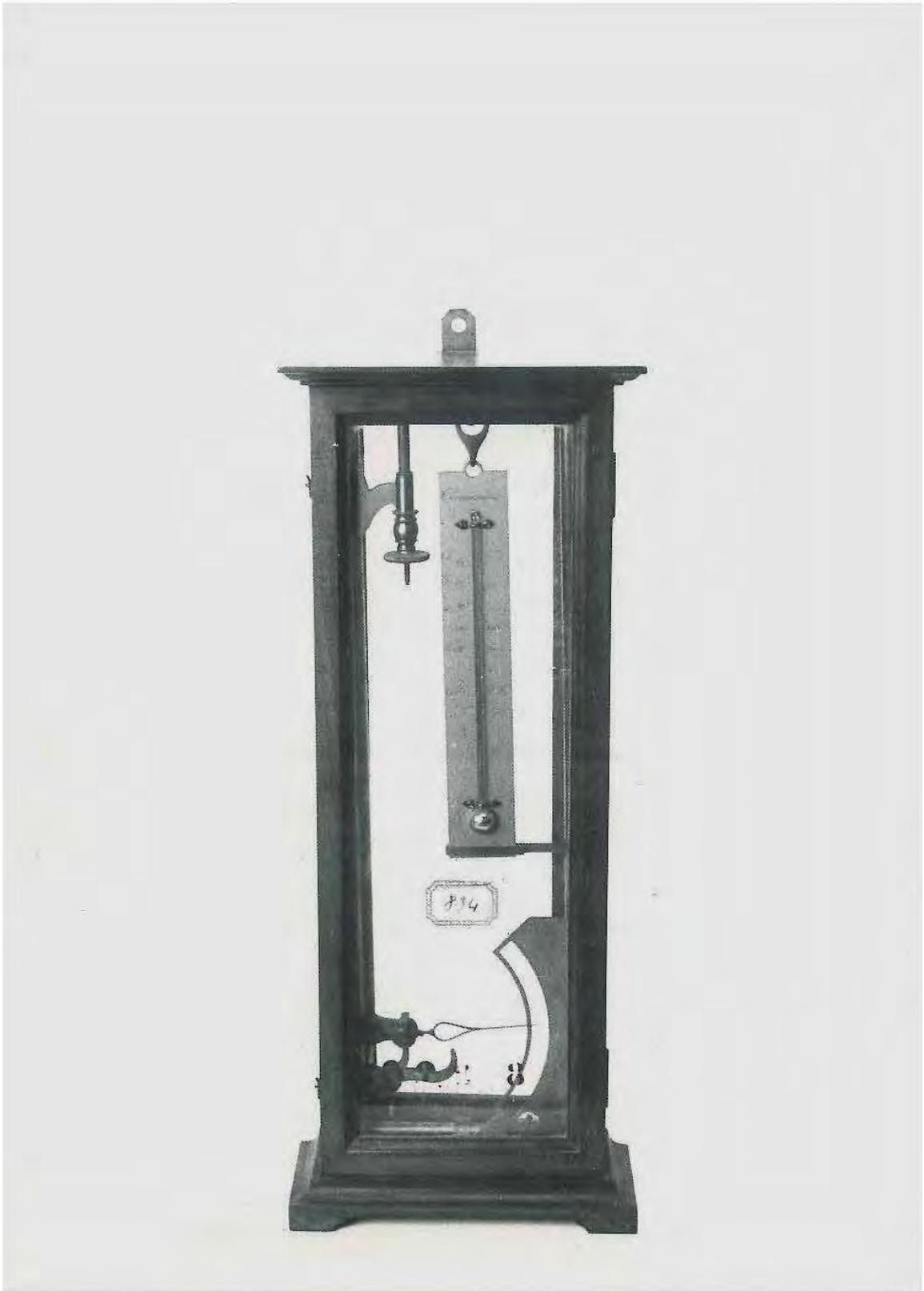
All'interno dell'armadietto è alloggiato anche un termometro a mercurio, con scala da $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$; esso consentiva di misurare la temperatura dell'ambiente in cui si eseguiva il rilevamento igrometrico.

L'apparecchio, che poteva anche essere sospeso al muro per mezzo di un gancetto, ha un'altezza di 37 cm. Il suo stato di conservazione è discreto.

Sulla lamina di alluminio sono segnati i dati relativi al costruttore: "Deleuil B.te à Paris"¹⁶.

¹⁶ La fabbrica di strumenti Deleuil fu fondata a Parigi nel 1820.

17. Igrometro a capello di de Saussure.



18. Psicrometro di August.

Lo psicrometro di August¹⁷ consente di eseguire una misurazione piuttosto rapida e precisa dell'umidità relativa. Esso è costituito da due termometri eguali, affiancati, l'uno con il bulbo a contatto diretto con l'aria dell'ambiente, l'altro con il bulbo circondato da una garza di cotone o di mussolina che, pescando nell'acqua di un piccolo serbatoio, si mantiene in tal modo costantemente umida. L'acqua che evapora dalla garza produce, per sottrazione del calore di evaporazione, un effetto refrigerante sul bulbo del secondo termometro il quale, quindi, registra una temperatura inferiore a quella ambiente, segnata dall'altro termometro. In condizioni stazionarie la differenza fra le due temperature è direttamente proporzionale, secondo una costante dipendente dall'apparecchio usato, alla differenza fra la tensione massima del vapor d'acqua alla temperatura ambiente e la tensione attuale del vapore. Quindi, effettuata la taratura, dalle due temperature lette ai termometri è possibile risalire subito al grado igrometrico.

Nell'esemplare che qui presentiamo i due termometri sono fissati ad una lunga barretta di ottone poggiante su di una base di metallo verniciato. Lo strumento, che è integro, ha un'altezza di 60 cm. Su di esso non è segnato il nome del costruttore.

¹⁷ Ernst Ferdinand August, professore di geometria e meteorologo tedesco (1795-1870).

18. *Psicrometro di August.*



19. Pireliometro di Pouillet.

I pireliometri sono apparecchi atti alla misurazione assoluta dell'intensità della radiazione solare diretta. Prototipo di tali strumenti è il pireliometro ideato da Claude-Servais-Mathias Pouillet, fisico francese, nato a Cuzance nel 1791 e morto a Parigi nel 1868¹⁸.

L'apparecchio di Pouillet aveva caratteristiche standard, essendo costituito da un sottile vaso cilindrico in argento, della capacità di 100 cm³, chiuso ad incastro da un coperchio la cui superficie esterna, accuratamente ricoperta di nerofumo, aveva un diametro di 10 cm. Dal vaso si dipartiva un tubo disposto con l'asse perpendicolare alle basi della scatola cilindrica; esso era attraversato da un termometro il cui bulbo penetrava all'interno del vaso, sicché questo, riempito di acqua, fungeva da calorimetro. Grazie ad un supporto snodabile la superficie annerita poteva assumere tutte le possibili orientazioni. Un disco circolare, di diametro eguale a quello del coperchio, era posto all'altra estremità del tubo e permetteva di verificare l'ortogonalità della superficie annerita rispetto alla direzione di incidenza della radiazione solare; tale condizione si poteva ritenere soddisfatta quando l'ombra della scatola copriva interamente la superficie del disco.

Con lo strumento una volta in ombra e una volta al sole si misurava la temperatura dell'acqua a intervalli eguali di tempo; noto l'equivalente calorimetrico del vaso, dalle variazioni di temperatura si poteva risalire al valore dell'energia radiante incidente perpendicolarmente, per unità di tempo, sull'unità di superficie.

L'esemplare che qui presentiamo è pressoché integro ed è conforme al modello. Il supporto snodabile è sostenuto da uno stelo scorrevole in un'asta cava fissata ad una pesante base cilindrica; operando su di un anello zigrinato a pressione si può sollevare o abbassare il supporto e fissarlo all'altezza voluta. Il termometro ha una graduazione da - 5°C a + 60 °C.

Se si fa astrazione dal vaso calorimetrico, l'apparecchio è interamente in ottone. La sua altezza, con lo stelo completamente abbassato ed il supporto snodabile disposto orizzontalmente, è di 30 cm. Sulla base sono segnati i dati relativi al costruttore: "Ruhmkorff, rue des Carpentiers 6, Paris"¹⁹.

¹⁸ Pouillet realizzò anche un pirometro termoelettrico, la bussola delle tangenti ed altri strumenti di misura. Molto importanti furono i suoi studi sul calore irradiato dal Sole.

¹⁹ Heinrich Daniel Ruhmkorff, elettromeccanico, nato ad Hannover nel 1803 e morto a Parigi nel 1877. Stabilitosi da giovane nella capitale francese, vi impiantò nel 1840 una fabbrica di strumenti che fu subito molto apprezzata. Nel 1851 realizzò il rocchetto d'induzione che porta il suo nome.

19. *Pireliometro di Pouillet.*



INDICE

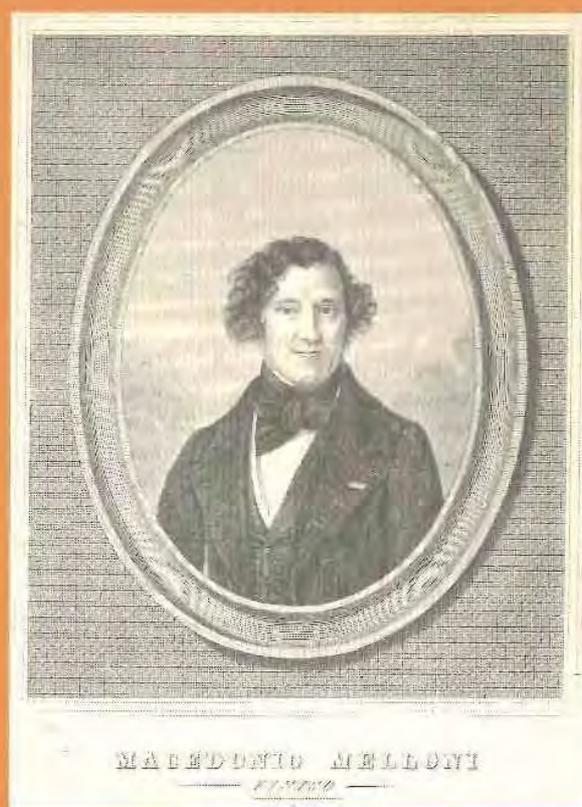
INTRODUZIONE	pag. 5
SCHEDE E RIPRODUZIONI	
Parte prima: Meccanica dei fluidi	
1. Otto areometri Baumé.	10
2. Due areometri Baumé in unica custodia.	14
3. Apparecchio per la verifica della legge di Stevino.	16
4. Vasi comunicanti.	18
5. Apparecchio per la verifica della legge di Pascal.	20
6. Apparecchio per la verifica della legge di Pascal.	22
7. Fontana intermittente.	24
8. Arganello idraulico.	26
9. Eolipila di Erone.	28
10. Campana pneumatica.	30
11. Emisferi di Magdeburgo.	32
12. Barometro di Fortin.	34
13. Barometro a quadrante di Hooke.	36
Parte seconda: Termologia	
1. Termometro su tavoletta di ottone.	40
2. Gruppo di sei termometri a scala incisa.	42
3. Gruppo di quattro termometri a scala incisa.	44
4. Termometro per basse temperature a scala incisa.	46
5. Termometri vari.	48
6. Due termometri zavorrati.	50
7. Termometro da Parete.	52

8. Termometro metallico di Breguet.	54
9. Termometro metallico di Breguet.	56
10. Pirometro a dilatazione	58
11. Apparecchio a corona di Hope.	60
12. Apparecchio a corona di Hope.	62
13. Dilatometro per liquidi.	64
14. Anello di Gravesande.	66
15. Cassetta di Ingenhousz.	68
16. Apparecchio per mettere in evidenza la tensione di vapore.	70
17. Igrometro a capello di de Saussure.	72
18. Psicrometro di August.	74
19. Pireliometro di Pouillet.	76

*Finito di stampare
nel febbraio millenovecentottantacinque
presso la L.A.N. s.r.l.
Napoli*

E. Ragozzino - R. Rinzivillo - E. Schettino

**LA RIVELAZIONE DELLA RADIAZIONE TERMICA
NELLA STRUMENTAZIONE DI MACEDONIO MELLONI**



CUEN

MUSEO DEL DIPARTIMENTO DI SCIENZE FISICHE
UNIVERSITA' DI NAPOLI

Ezio Ragozzino - Raffaele Rinzivillo - Edvige Schettino

**LA RIVELAZIONE DELLA RADIAZIONE TERMICA
NELLA STRUMENTAZIONE DI MACEDONIO MELLONI**

In copertina: *Macedonio Melloni* da un'incisione di Angelo Rossena su disegno di Giuseppe Naudin (proprietà del Dipartimento di Fisica dell'Università di Parma).

© CUEN 1989

CUEN

(Cooperativa Universitaria Editrice Napoletana)

Piazzale Tecchio, 80

80125 Napoli

tel. 081/610426-636667

fax 081/635767

Finito di stampare nel mese di novembre 1989

per conto della CUEN dalla Litografia Celebrano - Pozzuoli

Presentazione.

L'idea di questa prima pubblicazione edita dal Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli è stata suggerita da una esposizione di strumenti di Macedonio Melloni allestita dal Museo nell'ottobre del 1987, in occasione del 37° Congresso della Società Italiana di Fisica tenutosi a Napoli nelle sale del Castel dell'Ovo.

Abbiamo recentemente sistemato, in un armadio del Museo, l'intera strumentazione adoperata a Napoli da Melloni per i suoi studi sul calore radiante e, nel riesaminare il materiale didascalico esposto al Castel dell'Ovo, è nata in noi l'idea di redigere una breve storiografia della Fisica dell'infrarosso ai suoi albori che, rifacendosi al contenuto dei pannelli illustrativi allestiti per la mostra, offrisse anche un primo nostro contributo ad una storia della scienza vista in stretto rapporto con l'evoluzione della strumentazione. A tale proposito va detto che dagli storici della scienza non giungono molte indicazioni su come debba intendersi la relazione fra scienza e strumenti e fra scienza e tecnica.¹ D'altro canto assistiamo in questi anni ad una ripresa dell'interesse per

¹ P. Yanich, "Physics, Natural Science or Technology", *The Dynamics of Science and Technology*, 1978.

le collezioni strumentali che ha spinto molti storici della fisica ad impegnarsi in attività di catalogazione e di ripristino di collezioni abbandonate.

La nostra analisi delle metodologie sperimentali adottate nei primi studi sulla radiazione infrarossa mette nel giusto rilievo il grande contributo dato da Macedonio Melloni che, a buon diritto, può essere considerato il maggiore artefice delle innovazioni strumentali grazie alle quali l'iniziale scienza del "calore radiante" si affermò definitivamente su basi sperimentali.

Completano il volumetto ampie note biografiche su Melloni ed un'aggiornata bibliografia dello scienziato, già inserita in un opuscolo distribuito ai visitatori della mostra. Vengono infine presentate, come tavole fuori testo, le locandine che accompagnavano la strumentazione esposta.

Dalla presentazione e dalla descrizione degli apparecchi del Museo più interessanti per lo stato di conservazione e per il valore storico siamo dunque passati ad una fase successiva in cui la strumentazione è inserita in un più ampio discorso sulla evoluzione delle conoscenze scientifiche. Proseguendo su questa strada intendiamo realizzare altre pubblicazioni in cui impostazione e contenuto rispondano allo stesso criterio.

UN'ESPOSIZIONE DI STRUMENTI DI FISICA DI MACEDONIO MELLONI. Macedonio Melloni può essere annoverato tra i maggiori fisici italiani della prima metà dell'800. La sua fama è legata soprattutto alle ricerche sul calore radiante, di cui egli studiò con successo tutte le proprietà. Melloni soggiornò a lungo a Parigi, e dal 1839 a Napoli, dove fu chiamato a dirigere l'Osservatorio Vesuviano. Fu membro di molte Accademie italiane ed estere, ebbe un'intensa attività di ricerca, e collaborò con numerose riviste scientifiche. Pubblicò numerosi articoli, e mantenne una fitta corrispondenza con i maggiori scienziati dell'epoca. Alcuni strumenti di fisica adoperati dal Melloni sono esposti, durante il congresso della SIF, in una sala del Castel dell'Ovo, a cura del Dipartimento di Fisica e del Dipartimento di Fisica Nucleare, Struttura della Materia e Fisica Applicata dell'Università di Napoli. L'esposizione comprende: - un banco per misure del "calore oscuro", costruito a Parigi, su disegno di Melloni, da Ruhmkorff, completo di custodia con 46 pezzi; - un banco portatile, con cassetto, per misure del calore radiante, montato con gli elementi dell'esperimento del Melloni sul "potere riflettore delle sostanze atermane"; - un termomoltiplicatore, come venne usato per primo dal Melloni, e divenuto strumento comune fino al 1875; - un elettrometro dotato di alcuni accorgimenti tecnici innovativi per il tempo, costruito a Napoli, nel 1855, da S.Gargiulo; - una lente a gradinate di focale di circa 90 cm, e diametro di circa 1 metro; - una bacheca con fotocopie di documenti originali, e documenti originali riguardanti Melloni; - un "gesso" di Melloni (di anonimo); - un ritratto ad olio di Melloni con il "suo" banco, dipinto da anonimo, di proprietà del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Parma.

Locandina della mostra.



Interno della mostra

MACEDONIO MELLONI E GLI ALBORI DELLA FISICA DELL' INFRAROSSO .

1. I primi studi sulla radiazione termica.

La proprietà degli specchi di riflettere e concentrare il calore irradiato dal sole era ben nota nell'antichità. Il primo riferimento letterario sull'uso di uno specchio ustorio è nella commedia "Le nuvole" di Aristofane (423 a.C.), mentre il primo esperimento eseguito con sorgenti terrestri del quale si abbia sicura notizia è quello condotto dal napoletano Giambattista della Porta verso la fine del secolo XVI. Egli avvertì nettamente la sensazione di caldo e di freddo determinata rispettivamente dalla radiazione emessa dalla fiamma di una candela e da un pezzo di ghiaccio e concentrata sul suo viso da uno specchio metallico concavo. L'esperienza, descritta in un'opera che ebbe larga diffusione in Europa², costituì il prototipo di una serie di esperimenti analoghi eseguiti da numerosi studiosi nel secolo XVII e nella prima metà del secolo XVIII.

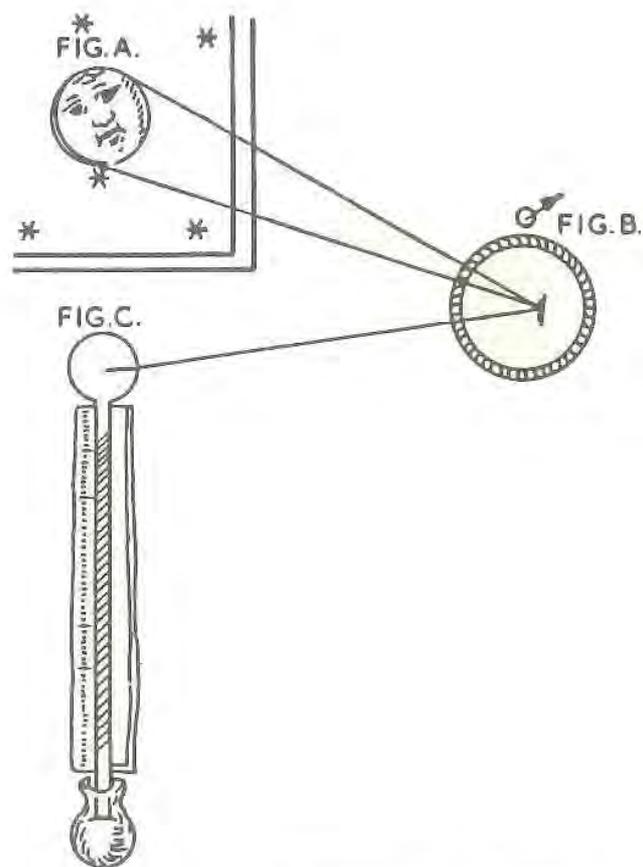
² Giambattista della Porta, *Magia Naturalis*, Napoli 1559.

Al medico e fisiologo veneto Santorio Santorio³ v a riconosciuto il merito di avere utilizzato un termoscopio ad aria per osservare il riscaldamento prodotto dai raggi solari. I raggi del sole venivano riflessi da uno specchio e rinvii sul bulbo di un termoscopio; la dilatazione dell'aria nel bulbo determinava una variazione di livello del liquido colorato nel tubicino verticale immerso in un piccolo vaso aperto all'atmosfera. Non è certo che Santorio sia stato l'inventore del termoscopio ad aria dal momento che oggetti del genere erano già largamente usati alla fine del secolo XVI (allo stesso Galileo se ne attribuisce un esemplare custodito a Firenze); quel che è certo è che egli fu il primo a servirsene per scopi scientifici.

Gli studi ed i numerosissimi esperimenti condotti nella seconda metà del secolo XVIII, sia con il calore "oscuro", cioè emesso da corpi non luminosi, sia con il calore irradiato da corpi caldi e luminosi, si caratterizzano per taluni progressi di natura tecnica e teorica. Il calore trasmesso "a distanza", il quale viene generalmente distinto dal calore trasmesso "per contatto", viene considerato come una particolare radiazione ("calore

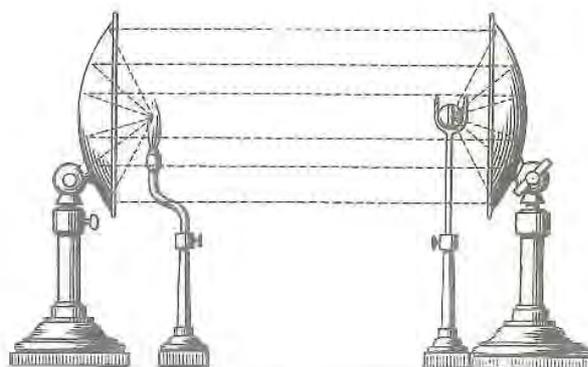
³ Santorio Santorio, *Commentaria in artem medicinalem Galeni*, Venezia 1612.

LA RIVELAZIONE DEL CALORE RADIANTE:IL "TERMOSCOPIO".Prima di Melloni, il "calore oscuro" veniva rivelato con il comune termoscopio. Esso funzionava sul principio del termometro, cioè sull'aumento di volume che i corpi subiscono a causa dell'assorbimento del calore. Per rendere il termoscopio molto sensibile, cioè per poter apprezzare l'irraggiamento da parte di sorgenti deboli, veniva usata come sostanza termometrica l'aria.Il più semplice termoscopio ad aria era costituito da un tubo la cui estremità pescava in un vaso aperto contenente un liquido .Questo strumento era influenzato dalla variazione della pressione atmosferica e dalla temperatura dell'ambiente in cui si operava.Per rimediare a questo inconveniente, John Leslie (1766-1832) inventò un termoscopio differenziale che aveva due bulbi riuniti insieme da un tubo ad U.Poiché il termoscopio era tutto ermeticamente chiuso, la pressione non poteva esercitare la minima influenza sulle masse d'aria contenute nei due bulbi. Essendo poi questi identici, non vi erano errori di misura dovuti alla variazione delle temperature dell'ambiente.Tuttavia la presenza del vetro introduceva un errore strumentale, dal momento che il bulbo investito dai raggi calorifici rifletteva all'indietro una parte più o meno consistente della radiazione proveniente dalle sorgenti.



L'esperimento di Santorio

Locandina della mostra.



Esperimento con specchi concavi

radiante") e alcune sue proprietà appaiono ormai simili a quelle della luce. Determinante in tal senso è l'uso di due specchi concavi disposti l'uno di fronte all'altro e sullo stesso asse ottico. Il fisico e matematico di origine alsaziana Johann Heinrich Lambert accende del carbone di legna in uno dei fuochi del sistema di specchi e riesce a bruciare del combustibile disposto nell'altro fuoco⁴, mentre il ginevrino M.A. Pictet dispone la fiamma di una candela in uno dei fuochi ed il bulbo di un termometro nell'altro ed osserva un notevole innalzamento termico⁵.

Esperienze nel contempo eseguite dallo svizzero Horace Bénédict de Saussure⁶, dall'inglese John Leslie⁷ e da altri provano in maniera conclusiva che anche il calore oscuro ha lo stesso comportamento: disponendo un corpo caldo in uno dei fuochi e il bulbo di un termometro nell'altro, lo strumento segnala un innalzamento termico. Pictet, poi, osserva nel termometro un abbassamento termico se al corpo

caldo si sostituisce un pezzo di ghiaccio. Questo fenomeno, mentre induce alcuni studiosi ad ipotizzare l'esistenza di "raggi frigoriferi", suggerisce al fisico francese Pierre Prévost una interessante teoria. Nel 1791 egli espone per la prima volta le sue idee sul calore radiante⁸ che considera come un fluido discontinuo emesso in varia misura da tutti i corpi, siano essi caldi o freddi, e propagantesi in tutte le direzioni. Da tale ipotesi discende la sua "teoria dello scambio", secondo cui due corpi non a contatto e a diversa temperatura tendono a portarsi in equilibrio termico in quanto che emettono radiazione in misura diversa; nell'esperienza di Pictet, in particolare, l'apparente emissione di freddo da parte del ghiaccio si spiega con il fatto che il termometro, inizialmente più caldo, emette più radiazione di quanta non ne riceva da parte del ghiaccio.

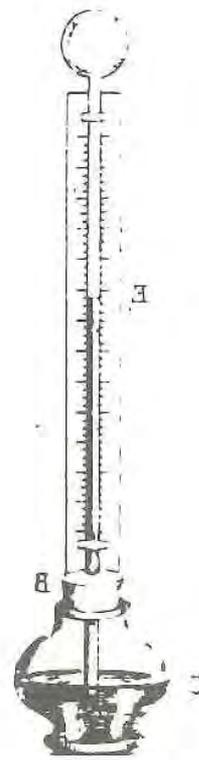
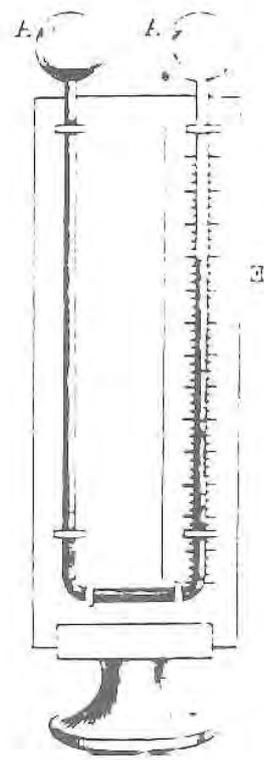
⁴ J.H. Lambert, *Pyrometrie*, Berlin 1779.

⁵ M.A. Pictet, *Essais de Physique*, vol. I, Genève 1790.

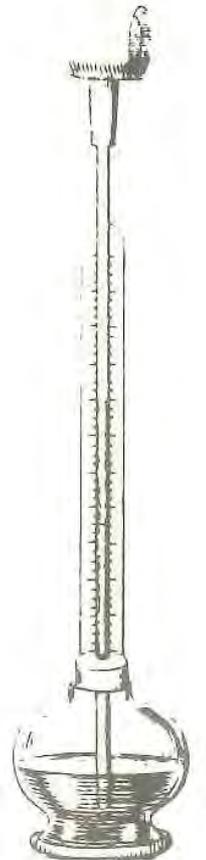
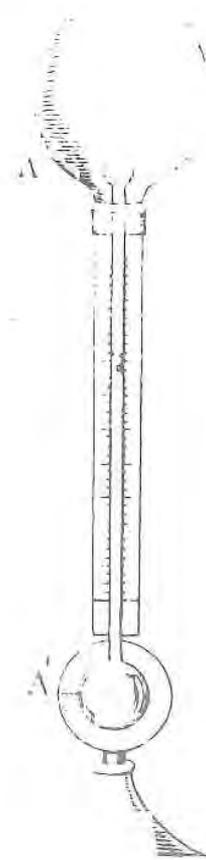
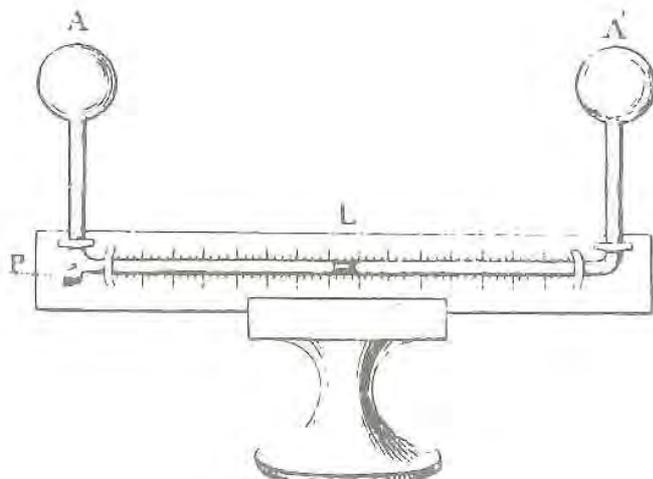
⁶ H.B. de Saussure, *Voyages dans les Alpes*, vol. II, Genève 1786.

⁷ J. Leslie, *Nicholson's Journal*, 3, 1800, 461-518.

⁸ P. Prévost, "Mémoire sur la transmission du calorique à travers l'eau et autres substances", *Journal de Physique, de Chimie, Histoire naturelle et des Arts*, Genève 1811.



Termoscopi (da Thermochrôse di Melloni)



2. Herschel e la scoperta della radiazione infrarossa.

A dispetto di talune intuizioni e di alcuni miglioramenti tecnici, alla fine del secolo XVIII gli studi sul calore radiante non avevano portato ad un vero sostanziale progresso rispetto a quanto era già noto qualche secolo prima. Un significativo passo avanti nelle conoscenze si fece grazie allo astronomo inglese, di origine tedesca, Frederick William Herschel (1738-1822).

A lui non si deve solo la scoperta di quella parte dello spettro chiamato "infrarosso", ma va anche attribuito il merito non piccolo di aver descritto in maniera puntuale le sue esperienze servendosi di disegni accurati e di diagrammi. In ciò egli si distingue dai suoi contemporanei i cui lavori sono puramente descrittivi o corredati da sole tabelle spesso di difficile interpretazione.

Anche se la scoperta di Herschel non può definirsi accidentale, è certo che essa fu occasionata da studi che egli stava conducendo al fine di risolvere un problema legato alle osservazioni della superficie solare; egli era infatti alla ricerca di filtri che schermassero sufficientemente la luce senza produrre un eccessivo riscaldamento. I risultati delle sue osservazioni sul "potere di illuminare" e sul "potere di

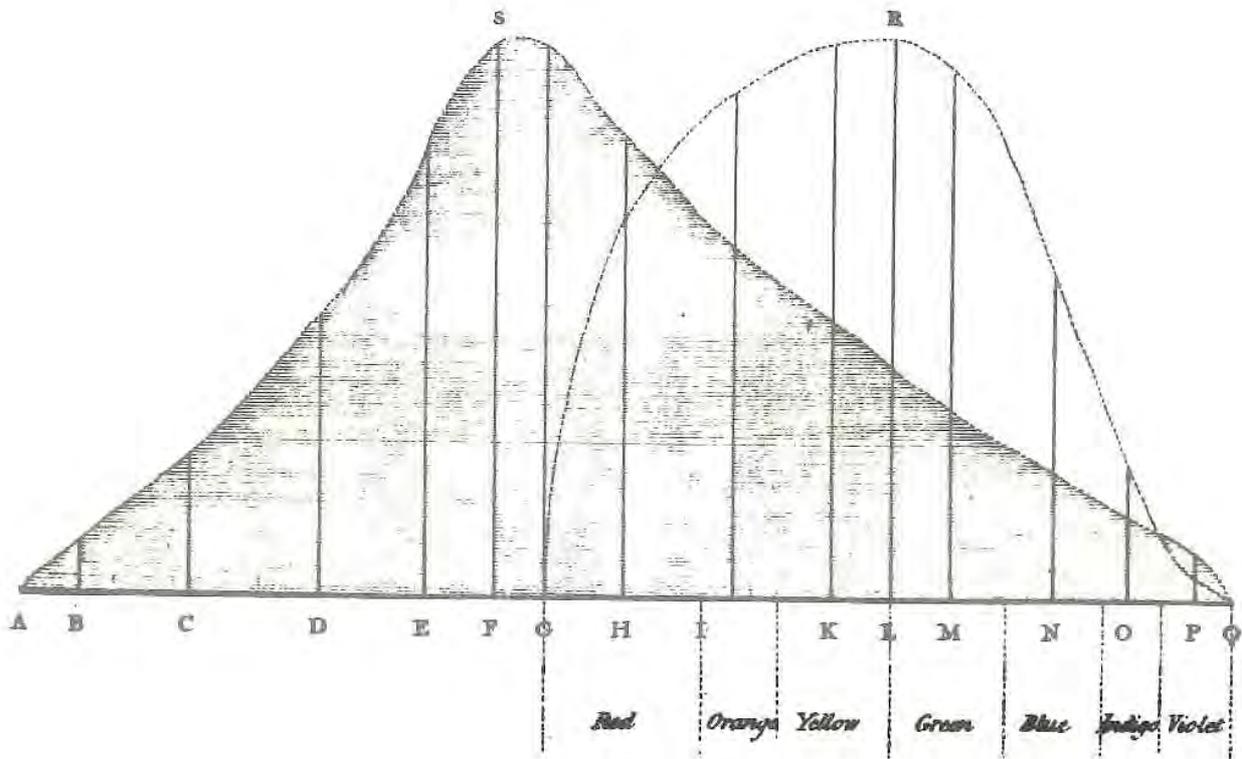
riscaldare" delle componenti dello spettro solare ottenute per rifrazione attraverso un prisma sono raccolti in quattro articoli ⁹. Nel primo di essi descrive qualitativamente gli effetti termici riscontrati quando le singole componenti dello spettro venivano fatte incidere sul bulbo di un termometro. Nel segnalare che il massimo effetto termico veniva da lui registrato poco al di là della regione del visibile, dice testualmente che "il calore radiante sembra consistere, almeno in parte, di luce invisibile". Nel suo secondo lavoro riporta i risultati di indagini più approfondite nella regione dell'infrarosso ribadendo l'opinione che la radiazione invisibile fosse della stessa natura di quella visibile. Il fatto che il picco termico non coincidesse con il massimo di luminosità lo portò successivamente a modificare alquanto le sue idee inducendolo a distinguere fra "raggi che generano calore" e raggi luminosi sia nell'ambito della radiazione solare sia nell'ambito della radiazione emessa da sorgenti luminose terrestri (fiamma di candela, fiamma di camino, ecc.).

I risultati delle sue ultime osservazioni sullo spettro solare furono da Herschel sintetizzati

⁹ F.W. Herschel, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 90, 1800.

GLI ALBORI DELL'INFRAROSSO. All'inizio dell'800 si riteneva che la radiazione proveniente dal sole fosse composta da tre "agenti": il luminoso, il calorifico e il chimico. Fu l'astronomo Wilhelm Herschel (1738-1822) a rivelare per primo l'infrarosso. Questi, dopo aver decomposto la luce per mezzo di un prisma, fece cadere direttamente sul bulbo di un termometro le singole componenti dello spettro. Egli notò che la temperatura segnata dallo strumento andava aumentando a mano a mano che si passava dal violetto al rosso, e continuava ad aumentare al di là del visibile. In fig. sono riprodotte due curve ottenute da Herschel: esse esprimono "il potere di illuminare (R) e di scaldare gli oggetti (S) dei colori prismatici". Il fatto che il massimo di temperatura non coincidesse con il massimo potere illuminante era la prova della diversità tra "raggi che generano luce" e "raggi che generano calore". Karl Wilhelm Scheele (1742-1786) osservò per primo, nel 1770, che il cloruro d'argento prende una tinta violacea se colpito dalla componente violetta dello spettro solare. Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) trovò che al di là del violetto vi erano dei "raggi invisibili" capaci di annerire una soluzione di cloruro di sodio. I raggi invisibili che posseggono la proprietà di determinare delle reazioni chimiche vennero designati col nome di "radiazioni chimiche". La distinzione fra radiazioni luminose, calorifiche e chimiche permase per oltre quarant'anni. MACEDONIO MELLONI (1798-1854) dimostrò che il calore radiante aveva le stesse proprietà della luce: "la luce, il calore e le radiazioni chimiche sono tre manifestazioni delle onde eterie di varia lunghezza contenute nella radiazione solare".

Locandina della mostra.



Curve di Herschel

con i diagrammi riprodotti a lato. La curva a destra, che potrebbe definirsi come lo "spettro ottico", riporta la luminosità relativa delle singole componenti della luce solare, espressa secondo una sua soggettiva valutazione, e mostra un massimo in corrispondenza del giallo-verde. La curva a sinistra è lo "spettro termico"; essa si riferisce agli innalzamenti termici letti al termometro e presenta un massimo al di là del rosso.

I diagrammi di Herschel, se giudicati oggi, appaiono a tutta prima singolari dal momento che sull'asse delle ascisse non sono riportati valori numerici. Non va però dimenticato che l'esistenza di un parametro oggettivo (la lunghezza d'onda) da associare alle varie componenti dello spettro era ancora sconosciuta in quegli anni. Herschel dovette quindi limitarsi a distinguere le componenti dello spettro con un criterio empirico basato sui colori, proposto da Newton. Fra i molti meriti da ascrivere agli studi di Herschel vi è anche quello di aver dimostrato l'esistenza di un'altra qualità comune alla luce ed al calore radiante: la possibilità di rifrangersi. In precedenza, i tentativi di Pictet e di altri di ottenere con il calore radiante effetti di rifrazione erano falliti.

3. La situazione nei primi decenni dell'Ottocento.

Gli studiosi disputarono a lungo sui risultati ottenuti da Herschel, alcuni, fra i quali Leslie, duramente contestando l'esistenza di una radiazione invisibile, altri sostenendola. Due fatti contribuirono a confondere le idee. Il fisico tedesco, di origine russa, Thomas Johann Seebeck (il quale avrebbe più tardi scoperto l'effetto termoelettrico) mostrò, con una serie di esperienze condotte sino al 1819, che la localizzazione del picco termico dipende dalla sostanza costituente il prisma rifrangente usato; risultava in particolare che con un prisma di vetro crown il massimo effetto termico era nel rosso e con un prisma di vetro flint al di là del rosso. Il secondo fatto si riferisce alla scoperta, dovuta allo scienziato tedesco Wilhelm Ritter, di una regione al di là del violetto; egli trovò infatti che in tale regione esiste una radiazione invisibile capace di annerire una soluzione di cloruro di sodio¹⁰. Questa scoperta non contribuì certo a portare chiarezza dal momento che la radiazione ultravioletta, caratterizzandosi mediante effetti chimici, sembrava differenziarsi nettamente dalla radiazione

¹⁰ W. Ritter, *Annalen der Physik*, 12, 1803.

LA RIVELAZIONE DEL CALORE RADIANTE: IL TERMOMOLTIPLICATORE. Melloni, per rivelare il calore radiante, modificò un nuovo strumento di misura, ideato da Leopoldo Nobili (17841837): il "termomoltiplicatore", che consisteva di una pila termoelettrica e di un galvanometro astatico collegati metallicamente. La radiazione proveniente dalla sorgente cadeva sugli elementi metallici di una delle due facce della pila. La corrente che si generava veniva direttamente misurata dall'angolo di deviazione dell'indice del galvanometro. Melloni migliorò il primo prototipo di termomoltiplicatore apportando sostanziali modifiche alla pila termoelettrica. Le prime pile di Nobili avevano una delle due serie di giunzioni completamente immerse in un bagno di mastice, mentre le altre erano poste a contatto con il corpo di cui si voleva misurare la differenza di temperatura. Poiché il mastice assolveva male la funzione di bagno termostatico, Melloni preferì porre la prima serie di giunzioni direttamente a contatto con l'aria. Altre innovazioni riguardavano l'aumento del numero delle coppie termoelettriche e l'uso di barrette di antimonio e bismuto di piccole dimensioni. Con la prima modifica veniva elevata la sensibilità dello strumento, mentre con la seconda veniva migliorata la prontezza, soprattutto quando il calore raggiante proveniva da sorgenti di debole intensità. L'introduzione del termomoltiplicatore come termoscopio elettrico permise, tra l'altro, di eliminare l'inconveniente determinato dalla riflessione sul vetro, che limitava i comuni termoscopi. Le misure di calore radiante eseguite da Melloni erano fondate sull'ammissione che l'intensità del calore radiante fosse proporzionale alla differenza di temperatura tra le due facce della pila determinata dalla radiazione incidente. L'introduzione del termomoltiplicatore fece perdere di importanza il termoscopio, anche se in un primo momento le misure eseguite con il nuovo strumento erano raffrontate a quelle ottenute con i comuni termoscopi.

Locandina della mostra.



Termomoltiplicatore

visibile (fenomeni luminosi) e da quella infrarossa (effetti termici). La distinzione fra radiazioni "luminose" o "visibili", "calorifiche" o "termiche" e "chimiche" o "attiniche" permase, in seno alla comunità scientifica, per alcuni decenni.

Grande interesse suscitano in questi anni gli esperimenti del francese François De La Roche, il quale studia la capacità della radiazione calorifica emessa da sorgenti a diversa temperatura, luminose e non, ad attraversare il vetro¹¹. Egli osserva che la quantità di radiazione trasmessa aumenta al crescere della temperatura e conclude che i raggi emessi da un corpo caldo sono di vario tipo, con diversa attitudine ad attraversare il vetro; al crescere della temperatura si passa gradualmente dal calore "semplice" al calore "luminoso".

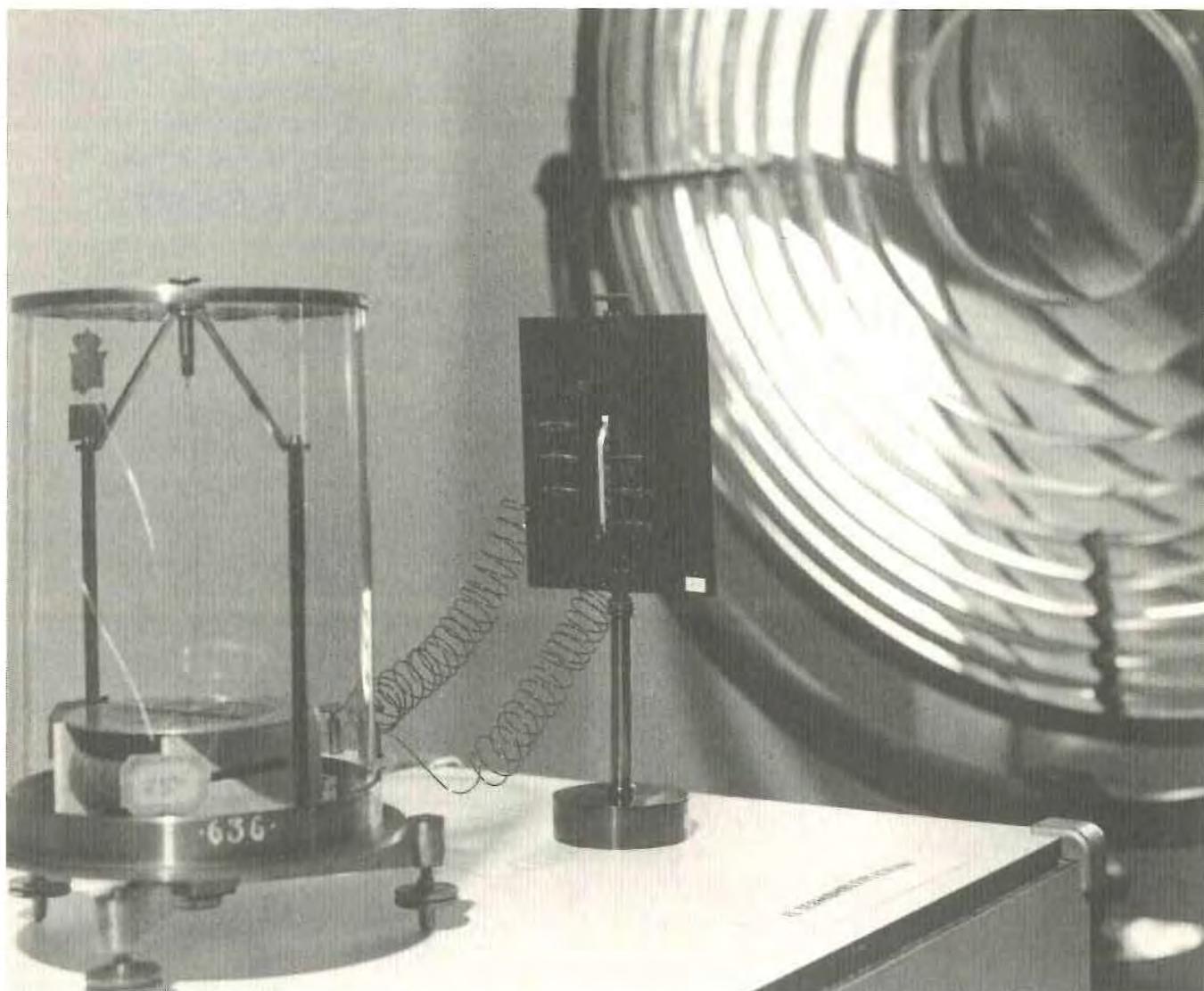
A conclusione di questo breve "excursus" ci sembra interessante riportare l'opinione espressa da Young nell'1802: "Appare assai probabile che la luce differisca dal calore solo nella frequenza delle sue ondulazioni o vibrazioni". Questa opinione, frutto solo di una felice intuizione, ebbe lo stesso peso di tante altre idee espresse in totale assenza di validi supporti sperimentali. Il dibattito sulla

natura del calore radiante era dunque aperto e, per poter attuare esperimenti risolutivi, si dovettero attendere sostanziali miglioramenti nelle metodologie seguite e nella strumentazione adoperata.

4. Il termomoltiplicatore di Nobili e Melloni.

Innovazione tecnica decisiva per il progredire degli studi sulla radiazione termica fu un apparecchio realizzato da Leopoldo Nobili e perfezionato da Macedonio Melloni. Disponendo in serie sei termocoppie, nel 1829 Nobili (che quattro anni prima aveva messo a punto la sua invenzione più prestigiosa, il galvanometro astatico) riuscì a ottenere una termopila ben più sensibile di quella, rudimentale, realizzata nel 1821 da Seebeck e costituita da una sola coppia termoelettrica. Nobili intendeva misurare la temperatura di un corpo utilizzando la forza elettromotrice che si genera agli estremi di una termopila quando le saldature di ordine dispari sono ad una temperatura differente da quella delle giunzioni di ordine pari. A tal fine egli collegò gli estremi della termopila con i morsetti di un galvanometro astatico, realizzando così uno strumento di misura cui diede il nome di "termomoltiplicatore" o "termoscopio elettrico". Il termomoltiplicatore di Nobili

¹¹ F. De La Roche, "Observation sur le calorique rayonnant", *Journal de Physique...*, Genève 1812.



Ricostruzione dell'esperienza di Melloni del 1846 per misurare il potere emissivo della Luna.
Nella foto lente a gradinata e termomoltiplicatore

tuttavia, così com'era, si prestava male a misurare l'irraggiamento termico perché gli mancavano due requisiti necessari: una elevata prontezza ed una sufficiente sensibilità.

Innumerevoli furono le modifiche e gli accorgimenti adottati da Melloni per realizzare le condizioni richieste, ed è possibile indicarli solo nelle linee essenziali. Una elevata prontezza fu assicurata da termocoppie scoperte, con barrette di antimonio e bismuto di piccole dimensioni; una elevata sensibilità fu raggiunta disponendo in serie alcune decine di termocoppie; circondando ciascuna serie di giunzioni con un involucro di forma cilindrica o troncoconica, riflettente dalla parte esterna ed assorbente dalla parte interna, si riuscì ad ottenere una efficace schermatura da sorgenti estranee.

5. Gli studi di Melloni sulla radiazione termica.

Melloni e Nobili hanno una breve collaborazione scientifica. I primi risultati da essi raggiunti con il termomoltiplicatore furono presentati all'Académie des Sciences di Parigi il 5 settembre 1831¹². Dopo questo lavoro le

loro strade si dividono. Nobili preferisce rivolgersi ad altri studi mentre Melloni prosegue da solo le ricerche sulle proprietà del calore radiante, progettando e realizzando via via una serie di esperienze sempre più sofisticate ed utilizzando come rivelatore il termomoltiplicatore.

In perfetta analogia con le esperienze di ottica Melloni per le sue misure si serve di elementi fissati su di un banco di sua ideazione. Negli esperimenti sulla trasmissione della radiazione termica utilizza quattro sorgenti, due "luminose" (una lampada ad olio di Locatelli ed una spirale di platino portata all'incandescenza) e due "oscurate" (una piastra di rame riscaldata a 390° ed un cubo di rame contenente acqua in ebollizione), ed esamina il comportamento di sottili lastre di eguale spessore di un gran numero di sostanze cristalline colorate od incolore. In questi studi e nei successivi egli mostra non solo grandi qualità di sperimentatore, che palesa soprattutto nella ricerca e nella eliminazione di tutte le cause di errori che potrebbero influire sensibilmente sulle misure, ma anche un grande acume nella interpretazione dei dati sperimentali. I risultati ottenuti sono molto significativi. Melloni

¹² M. Melloni, L. Nobili, "Recherches sur plusieurs phénomènes calorifiques entreprises au moyen du thermomultiplicateur", *Annales de*

Chimie et de Physique, 48, 1831, 198-218.

BANCO DEL MELLONI In perfetta analogia con le esperienze di ottica, Melloni, per le sue misure sul calore radiante, si servì di elementi fissati ed allineati su di un banco. Egli fece costruire questo banco da Ruhmkorff a Parigi. Alla morte di Melloni (1854), la vedova lo donò al Gabinetto di Fisica dell'Università di Napoli. Il banco è costituito da una barra parallelepipedica di ottone, con scala incisa, della lunghezza di un metro, fissata ad una base di legno di mogano mediante due bulloni di ottone. La base (61 cm x 18 cm) poggia su quattro viti calanti. I vari elementi usati per le esperienze possono essere disposti su supporti fissati lungo la barra mediante viti a pressione. Il corredo, molto ricco, del banco, è costituito da ben 46 elementi, e comprende tipi diversi di sorgenti luminose: una lampada di Locatelli, lampada ad olio senza caminetto; una spirale di platino e una lastra di rame, portate all'incandescenza da una lampada ad alcool; e in più una sorgente "oscura", un cubo di Leslie, destinato a contenere acqua tenuta in ebollizione. Il banco è dotato inoltre di un braccio girevole in un piano orizzontale, sul quale possono essere montati la pila termoelettrica ed altri elementi necessari per le misure. Non è possibile descrivere in poche righe la funzione degli schermi usati durante le esperienze. Ci si può limitare a dire che alcuni servivano a schermare, totalmente o parzialmente, la pila e la sorgente, e che quelli muniti di foro circolare o di fenditure venivano usati per adattare la sezione del fascio di radiazioni alla particolare pila adoperata. Sul banco sono posti gli elementi utilizzati da Melloni per realizzare l'esperimento sulla "trasmissione attraverso sostanze diatermane", pubblicato nel suo lavoro "Nouvelles recherches sur la transmission immédiate de la chaleur rayonnante par différents corps solides et liquides". (Annales de Chimie et de Physique, LV, 1834).

Locandine della mostra.

BANCO DEL MELLONI II In perfetta analogia con le esperienze di ottica, Melloni, per le sue misure sul calore radiante, si servì di elementi fissati ed allineati su di un banco. Questo banco, di cui si ignora il costruttore, non è molto dissimile dall'altro esposto in questa stessa sala. Se ne differenzia sostanzialmente per le dimensioni della base (80 cm x 26 cm) e per la presenza di un cassetto in cui possono essere riposti gli elementi usati per le esperienze. Sul banco sono posti gli elementi utilizzati dal Melloni per realizzare l'esperimento sul "potere riflettore delle sostanze atermane", pubblicato nel suo lavoro "Note sur la Réflexion de la Chaleur rayonnante" (Annales de Chimie et de Physique, LX, 1835).



Banco di Melloni con un'esperienza sulla riflessione del calore radiante

trova anzitutto che la percentuale di radiazione termica trasmessa da una sostanza è caratteristica di quella sostanza e non è in relazione con il grado di trasparenza alla luce, cosicché materiali molto trasparenti alla luce possono non esserlo altrettanto al calore radiante, e viceversa. Una lastrina di mica nera ad esempio, pur completamente opaca, è in grado di trasmettere una percentuale notevole della radiazione termica incidente. Gli aggettivi "diatermano" e "atermano", coniati da Melloni, designano rispettivamente un materiale trasparente e non trasparente al calore radiante, in analogia con gli aggettivi "diafano" e "opaco" usati per la luce.

Melloni trova inoltre che la percentuale di radiazione termica trasmessa per ciascuna sostanza dipende dalla temperatura della sorgente e mette subito in relazione tale comportamento con la "qualità" della radiazione emessa dalla sorgente stessa proponendo ancora un'analogia fra la luce ed il calore: come una sostanza trasparente alla luce e colorata trasmette alcuni colori meglio di altri, così una sostanza trasparente al calore può trasmettere certi tipi di radiazione termica meglio di altri.

I risultati di Melloni vengono presentati all'Académie des Sciences di Parigi nel 1833 e

quindi riportati in numerosi articoli su riviste internazionali¹³. Nel 1835 egli diviene membro dell'Académie des Sciences e lo stesso anno la Royal Society di Londra lo premia per i suoi meriti scientifici. Fra i numerosi articoli che Melloni pubblica nel 1835 (alcuni si riferiscono a esperienze sulla riflessione del calore radiante) è particolarmente interessante la nota, apparsa su *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* e su altre riviste, in cui si riportano "osservazioni ed esperienze relative alla teoria dell'identità degli agenti che producono la luce ed il calore radiante". Nel processo di evoluzione delle idee di Melloni sulla radiazione termica il contenuto di questa nota non costituisce un passo avanti e può anzi apparire come una involuzione; esso è tuttavia degno di attenzione perché è certamente un momento significativo del difficile cammino che lo condurrà, alcuni anni più tardi, a concludere sull'identità fra luce e calore. In contrasto con André Marie Ampère, secondo il quale non v'è più alcun dubbio che la luce si propaghi per onde ed ha sostenuto che la propagazione del calore, radiante e di conduzione, può essere attribuita ad onde dello stesso tipo di quelle

¹³ La bibliografia di Melloni non viene qui riportata poiché è raccolta alla fine.

LE SORGENTI DI CALORE RADIANTE .

Melloni notò che la natura della sorgente calorifica che irradia sui corpi ha un'influenza molto grande sul potere assorbente delle sostanze. Per porre in evidenza questa proprietà Melloni si servì di quattro sorgenti diverse: una lampada di Locatelli (particolare lampada ad olio) una spirale di platino portata all'incandescenza, un cubo di Leslie contenente acqua in ebollizione ed, infine, una piastra di rame riscaldata a 160°. Melloni osservò che il potere assorbente della sostanza usata aumentava a mano a mano che la temperatura della sorgente diminuiva. Le sorgenti venivano collocate sul banco a distanze diverse dal termomoltiplicatore, in rapporto alla loro intensità. Per ciascuna sorgente venivano effettuate due serie di letture al galvanometro: una, prima che venisse interposta la sostanza assorbente, l'altra dopo l'interposizione della sostanza stessa.

COMPORTAMENTO DEI MINERALI NELLA TRASMISSIONE DEL CALORE RADIANTE.

Usando lamine sottilissime (da 1,5 a 2 mm. di spessore), tagliate da 46 diversi minerali, fra i quali quelli qui esposti, Melloni trovò che le sostanze più trasparenti alla luce potevano non essere altrettanto trasparenti al calore radiante. La mica nera, ad esempio, completamente opaca, se usata in lamine sottilissime, trasmetteva dal 40 al 60 per cento del "calore oscuro", cioè dell'energia radiante proveniente da una sorgente.

Locandine della mostra.



Interno della mostra

luminose, Melloni si propone di dimostrare che la radiazione luminosa e quella termica, pur con indubbie analogie di comportamento, sono prodotte da agenti distinti. Poiché gli studi sulla trasmissione del calore radiante gli hanno provato che il salgemma è egualmente trasparente alla luce ed alla radiazione termica, egli si serve di un prisma di tale sostanza per decomporre la radiazione solare che quindi analizza dopo aver interposto delle lamine di sostanze incolori e colorate. Egli trova che, per ciascuna sostanza, la relazione fra le intensità delle componenti luminose e quella fra le intensità delle componenti calorifiche vengono modificate in maniera del tutto dissimile, e ne trae la conclusione che gli agenti responsabili della luce e del calore sono differenti.

Nel 1836 e nel 1837 Melloni compie una serie di delicate esperienze volte a provare che fenomeni di polarizzazione per riflessione, per rifrazione e per trasmissione attraverso un cristallo di tormalina sono realizzabili anche con la radiazione termica; a tal fine egli si serve di un termomoltiplicatore molto più sensibile di quelli precedentemente usati.

Le esperienze provano in maniera conclusiva che, oltre alla riflessione, alla rifrazione ed all'assorbimento selettivo in un mezzo materiale, esiste un altro fenomeno comune alla luce ed

alla radiazione termica: la polarizzazione. Alla stessa conclusione giunge quasi contemporaneamente un giovane ed attivissimo scienziato scozzese, James David Forbes, che per un decennio, a partire dal 1834, conduce un gran numero di esperienze sul calore radiante servendosi anch'egli del termomoltiplicatore come rivelatore; Forbes è tanto abile da riuscire persino a ottenere radiazione termica circolarmente polarizzata.

Nel 1842 Melloni si dichiara assertore della teoria ondulatoria del calore; la sua intensa attività di sperimentatore lo porta ad affermare l'identità delle radiazioni luminose, calorifiche e chimiche emesse dal sole e da qualsiasi sorgente terrestre, luminosa ed oscura. Le radiazioni luminose, quelle al di là del rosso, con prevalenti effetti termici, e quelle al di là del violetto, con prevalenti effetti chimici, sono costituite, egli dice, da onde dello stesso tipo.

Nel 1850 pubblica il primo volume della sua opera fondamentale, "La Thermochrôse", in cui ricostruisce la storia delle sue ricerche sulla radiazione termica e riesamina criticamente l'evoluzione delle sue idee in questo campo. "Thermochrôse" è un altro termine coniato da Melloni ed indica quella qualità della radiazione termica che per le radiazioni visibili corrisponde al "colore". Il manoscritto della

LA TRASMISSIONE DEL CALORE RADIANTE".Differenze di comportamento" tra la luce ed il calore radiante avevano convinto la maggior parte dei fisici che ci si trovava di fronte a due fenomeni diversi. Non si riusciva a capire perché sostanze come l'acqua, il vetro, il cristallo di rocca ed altri corpi incolori che si lasciavano attraversare sia dalla luce che dalla componente calorifica dei raggi solari, non si lasciavano invece attraversare dal "calore oscuro" proveniente da sorgenti come l'acqua bollente. Si credeva che ad agire sui termometri non fosse il calore radiante, bensì il calore di conduzione. François Delaroché (1775-1813) trovò, invece, che vi era trasmissione di calore radiante attraverso il vetro, e che questa si annullava solo se la sorgente che veniva impiegata aveva temperatura inferiore a 180°C.Melloni riprese i lavori di Delaroché sulla trasmissione, estendendoli sia ai corpi solidi che ai liquidi."Diatermani" furono da Melloni chiamati i "corpi trasparenti al calore". Egli sottolineò che i corpi "diafani", cioè trasparenti alla luce, possono non essere diatermani e viceversa.Tali comportamenti si manifestano costantemente, qualunque sia la temperatura della sorgente.Melloni concluse che:"La proprietà di trasmettere i raggi calorifici è del tutto indipendente dalla trasparenza dei mezzi".

Locandina della mostra

seconda parte dell'opera, di cui l'autore parla in alcune sue lettere, andrà perduto insieme con molti documenti ed apparecchi che gli appartenevano.

Per tutto il secolo XIX la termopila di Melloni fu considerata come un apparecchio pressoché insostituibile negli studi sulla radiazione infrarossa. I tre nuovi mezzi di indagine introdotti fra il 1880 ed il 1890, il bolometro dello statunitense Samuel Pierpont Langley, il radiometro del tedesco Ernst Pringsheim ed il radiomicrometro dell'inglese Charles Vernon Boys, non riuscirono a sostituirla del tutto. Pur con perfezionamenti graduali che la portarono a migliorare notevolmente in sensibilità e prontezza, essa fu largamente usata sino ai primi anni di questo secolo.

NOTE BIOGRAFICHE DI MACEDONIO MELLONI.

1. Gli anni giovanili e la formazione scientifica (1798-1830).

Nasce a Parma l'11 aprile 1798 da Antonio, mercante, e da Rosalia Jabolot, figlia di un medico francese. Macedonio sarà il secondo di quattro figli.

Completati gli studi secondari a Parma, nel 1819 va a Parigi per

apprendere l'arte dell'incisione. Qui ha la possibilità di frequentare le lezioni di matematica e di fisica all'Ecole Polytechnique; le segue come uditore, essendo per statuto ammessi alla scuola solo cittadini francesi.

Nel 1824 fa ritorno a Parma presso la cui Università, grazie alle conoscenze acquisite nel campo della fisica, viene nominato supplente alla Cattedra di Fisica Teorica e Pratica del professor Pietro Sgagnoni.

Alla morte di Sgagnoni, avvenuta nel settembre del 1827, diviene titolare della Cattedra e direttore del Gabinetto di Fisica.

Durante il suo soggiorno a Parma si occupa prevalentemente di meteorologia e di igrometria e, su suo progetto, fa costruire per il Gabinetto di Fisica una serie di strumenti fra i quali un barometro a rubinetto. Nel 1829 apprende che, nella vicina Reggio, Leopoldo Nobili ha messo a punto un primo esemplare di termopila, apparecchio fondato sull'effetto termoelettrico scoperto da Seebeck nel 1821, e intuisce subito le grandi possibilità di impiego del nuovo strumento negli studi sulla radiazione termica.

Quando ormai ha gettato le basi per una serie di ricerche sul calore radiante, nel novembre del 1830 è costretto a dimettersi e obbligato all'esilio. La sua prolusione pronunciata all'apertura dell'anno accademico

L'IDENTITA' TRA LUCE E CALORE.

La teoria ondulatoria della luce si affermò tra il 1815 ed il 1830, e fondamentali furono gli esperimenti sulla polarizzazione e sull'interferenza. Nonostante alcuni esperimenti sul calore radiante evidenziassero un'analogia tra la luce e il calore, i due "agenti" continuavano ad essere considerati diversi. Fu per primo André Marie Ampère (1775-1836) a sostenere, nel 1835, che: "il calore radiante è luce invisibile e deriva dalle vibrazioni delle particelle dell'etere". Questa intuizione rimase a lungo oscura alla maggior parte dei fisici, i quali non riuscivano ad accettare tale identità poiché gli esperimenti sulla trasmissione del calore erano apparentemente in contraddizione con la trasmissione della luce. Furono gli esperimenti di Melloni a dimostrare definitivamente che si era di fronte allo stesso fenomeno. Egli concluse che: "L'ipotesi più semplice (...) intorno alla luce, al calore ed all'azione chimica (...) è quella di una perfetta similitudine nella loro costituzione, per cui ognuno di questi tre agenti derivi da un medesimo genere di vibrazioni, abbracciando però una scala, più o meno estesa, di onde elementari". Le esperienze del Melloni rimasero celebri come le sue numerose pubblicazioni, ma la sua opera fondamentale resta "La Thermochrôse" (ed. Baron, Napoli, 1850), sintesi e revisione critica delle sue idee sul calore radiante.

non piace al Governo di Maria Luisa d'Austria, duchessa di Parma, Piacenza e Guastalla, perché vi è un chiaro elogio agli studenti francesi che hanno largamente contribuito a cacciare via da Parigi il re Carlo X nel luglio dello stesso anno.

2. L'esilio e la consacrazione scientifica (1830-1837).

Lasciata Parma, visita alcune Università italiane, quasi certamente con l'intento di trovarvi un inserimento. Ottiene finalmente, per intercessione di Jean François Arago, segretario dell'Académie des Sciences di Parigi, un insegnamento a Dôle nella Francia centro-orientale.

Nel febbraio del 1831 viene a Firenze. Maria Luisa è stata costretta a lasciare Parma in seguito ai moti liberali e l'amico Filippo Linati gli propone di entrare a far parte del Governo provvisorio. Accetta, ma la restaurazione lo obbliga a ritornare a Dôle.

Durante il suo peregrinare mantiene i contatti con Nobili, con il quale ha una breve ma intensa collaborazione scientifica. I primi risultati ottenuti con il termomoltiplicatore, apparecchio costituito dall'unione di una termopila e di un galvanometro astatico e da lui reso particolarmente idoneo a misure sulla radiazione termica, vengono

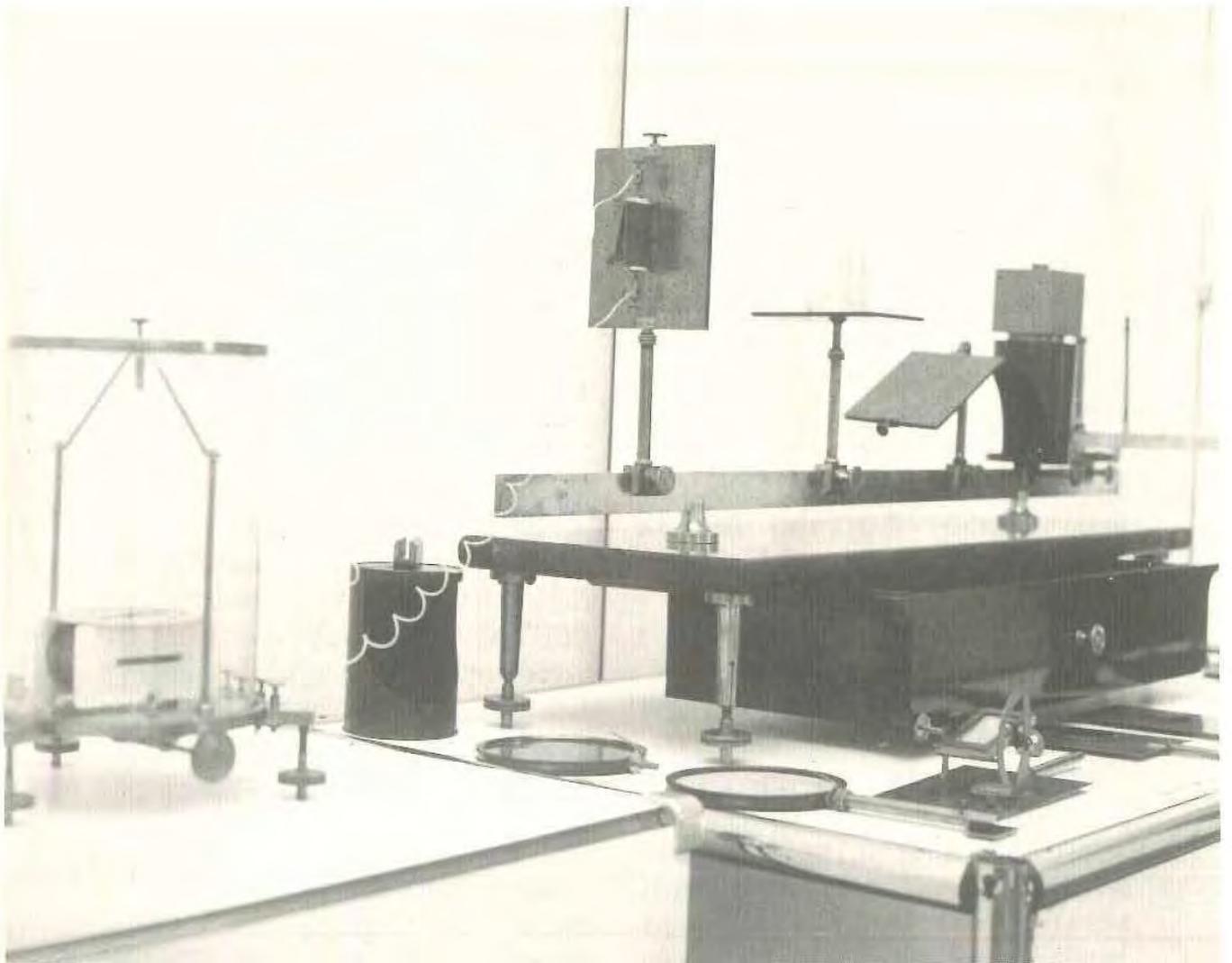
presentati all'Académie des Sciences di Parigi il 5 settembre 1831 e successivamente pubblicati sugli *Annales de Chimie et de Physique*.

Nel 1832 lascia Dôle definitivamente e si stabilisce per un po' a Ginevra. Qui si lega di amicizia con Auguste De La Rive, presso il cui laboratorio ha la possibilità di compiere da solo i primi studi sulla trasmissione del calore radiante. Il 4 febbraio 1833 presenta i suoi risultati all'Académie des Sciences.

Prosegue a Parigi i suoi studi sulla trasmissione del calore radiante seguendo nel contempo assiduamente le sedute all'Académie des Sciences. I suoi risultati, in un primo tempo, sono accolti con diffidenza dagli accademici parigini; successivamente una commissione di cui fanno parte Arago, Jean-Baptiste Biot e Simeon-Denis Poisson, li esamina attentamente ed esprime su di essi un giudizio positivo.

Il 3 agosto 1835 ha la definitiva consacrazione divenendo membro dell'Académie des Sciences. Lo stesso anno la Royal Society di Londra, su proposta del suo segretario Michael Faraday, gli assegna la Medaglia Rumford per i suoi meriti scientifici.

I riconoscimenti ottenuti e i numerosi articoli sull'identità fra luce e calore e sulla polarizzazione del calore radiante, pubblicati su autorevoli riviste



Banco di Melloni con un'esperienza di trasmissione del calore radiante

internazionali fra il 1835 e il 1837, lo propongono all'attenzione di tutto il mondo scientifico e gli conferiscono un prestigio sempre crescente. I riconoscimenti ufficiali in Italia gli giungeranno molto più tardi. Diverrà membro della Società Italiana delle Scienze di Modena nel 1839, della Reale Accademia di Napoli nel 1842, dell'Accademia delle Scienze di Bologna nel 1844 e dell'Accademia delle Scienze di Torino nel 1846.

Per interessamento di Arago e di Alexander von Humboldt, naturalista e geografo berlinese, i quali intercedono per lui presso il principe di Metternich, nel 1837 Maria Luisa gli revoca il decreto di esilio.

3. Il rientro in Italia e il primo periodo napoletano (1838-1847).

Nel 1838 rientra a Parma, ove però non rimane a lungo per l'ostilità dell'ambiente parmense e per l'impossibilità di ricoprire incarichi di rilievo.

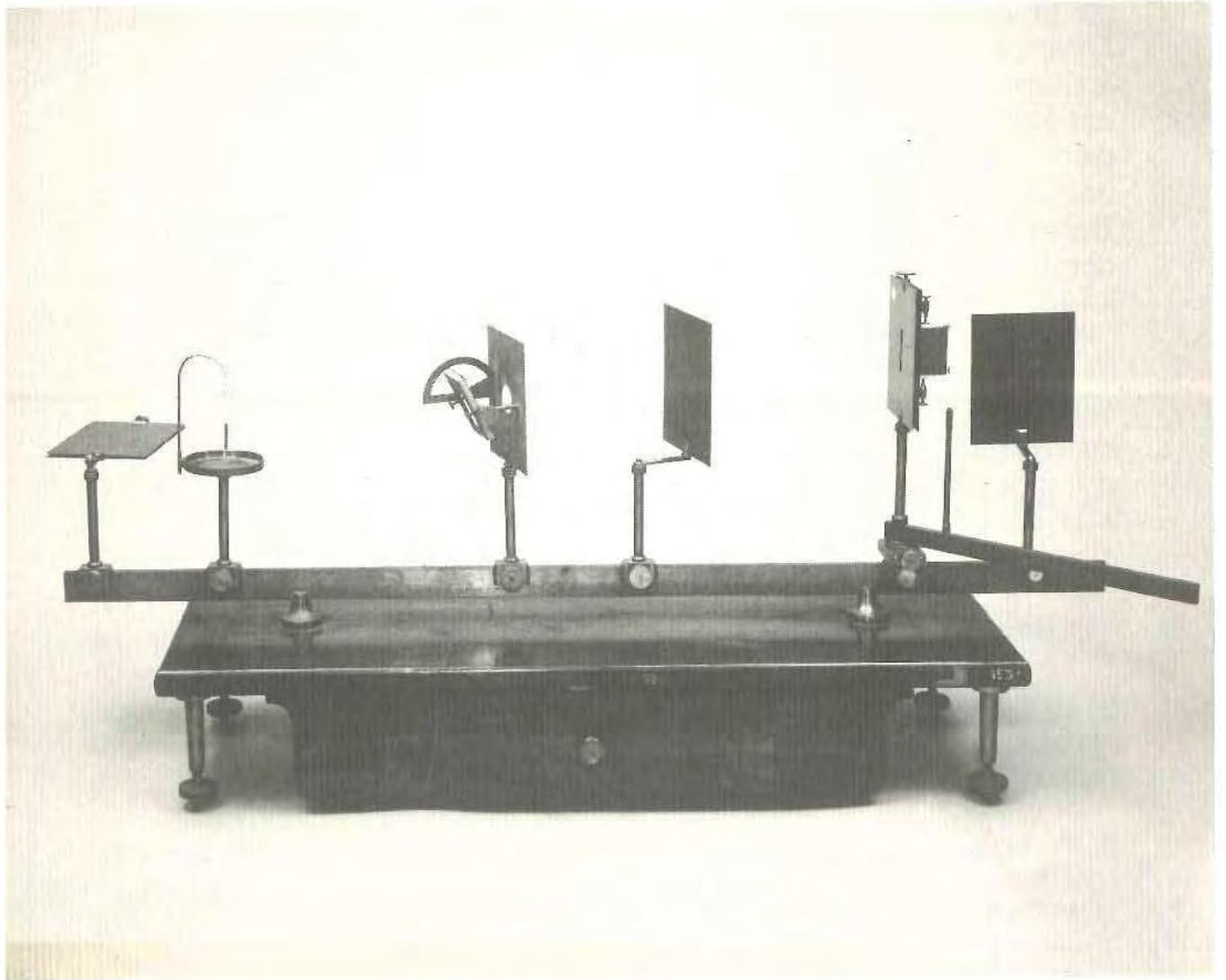
Accetta l'invito del re Ferdinando II di Borbone a trasferirsi a Napoli, ove il 18 marzo 1839 viene nominato direttore dell'erigendo Osservatorio Meteorologico e direttore del Conservatorio di Arti e Mestieri. Da alcuni suoi amici gli è stato anche offerto un incarico a Firenze, che è uno dei

centri scientifici più attivi in Italia, e non sono ben chiari i motivi per cui preferisce il Regno delle Due Sicilie al più liberale Granducato di Toscana. Determinante in tal senso è forse l'intervento di Ernesto Capocci, direttore dell'Osservatorio Astronomico di Capodimonte, che egli ha conosciuto a Parigi nel 1837.

Nell'aprile del 1840 scrive al cavaliere Niccolò Santangelo, Ministro degli Affari Interni di Ferdinando II, sottoponendogli una nota di 1800 ducati per l'acquisto di un gran numero di strumenti da destinare al Gabinetto dell'erigendo Osservatorio e chiedendo il permesso di recarsi a Londra e a Parigi per ordinare la costruzione di questi apparecchi. Fra gli strumenti costruiti a Parigi su sua ordinazione, dopo che egli vi si è recato nel 1841, vi è una grande lente a gradinate della quale si servirà più tardi per misurare il potere emissivo della Luna.

Nel 1842 perde il padre e in tale occasione soggiorna brevemente a Parma. L'anno successivo sposa Augusta Bignell Philipson dalla quale avrà quattro figli.

Continua la sua corrispondenza con i maggiori scienziati europei ed estende i suoi studi sul calore radiante. Pubblica in proposito, fra il 1840 e il 1847, decine di articoli, note e memorie, in francese e in italiano, su riviste napoletane e



Banco di Melloni

internazionali. Particolarmente significativo è l'articolo pubblicato su *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* e riguardante l'identità fra radiazioni luminose, calorifiche e chimiche. La versatilità propria a molti scienziati dell'epoca lo porta ad occuparsi anche di altri temi: azione chimica dei raggi solari, dagherrotipia, correnti indotte dal magnetismo terrestre, vulcanologia, polarizzazione della luce.

Progetta, sul modello francese, una rete di fari a rifrazione per i Golfi di Napoli e di Baia e, come presidente della Commissione per i fari, ha in Francia numerosi incontri con L. Fresnel ed altri scienziati esperti del campo. Il piano prevede l'installazione di due fanali a Punta Campanella e a Procida e di otto fari a rifrazione a Nisida, Castellammare di Stabia, Napoli, Capri, Ischia, Capo Miseno, Ponza e Capo Foresta. In una pubblicazione del 1843 illustra i vantaggi dei fari a rifrazione, che utilizzano lenti a gradinate, già usate in Francia, rispetto a quelli che utilizzano specchi parabolici. I fari di Nisida, Castellammare e Napoli vengono realizzati in breve tempo; degli altri non abbiamo notizia.

Abbandonato il primitivo progetto, che prevede come area per l'Osservatorio Meteorologico la Riviera di Chiaia, decide che l'edificio debba sorgere alle falde del Vesuvio per poter studiare

anche i fenomeni legati all'attività del vulcano. Malgrado i suoi molti impegni segue costantemente i lavori di costruzione, che verranno condotti a termine solo nel marzo del 1848. L'Osservatorio verrà ufficialmente inaugurato nel 1845 ma rimarrà inattivo sino al 1850.

Prende parte come vicesegretario della sezione Fisica al VII Congresso degli Scienziati Italiani che si tiene a Napoli nel 1845 nelle sale del Palazzo di Cellamare e al quale partecipano anche eminenti studiosi stranieri. In quella occasione pronuncia il discorso per la inaugurazione dell'Osservatorio Meteorologico, durante il quale traccia anche un articolato programma di ricerche teoriche e sperimentali di meteorologia e vulcanologia da estendere ad altre parti del Regno, in un ampio progetto di collaborazione con la Francia e l'Inghilterra. Ferma è la sua volontà di realizzare un centro di ricerca al livello di altri centri di studio europei, a dispetto delle inefficienze dell'apparato statale e dell'ostilità di una parte dell'ambiente napoletano.

4. Gli anni della solitudine (1848-1854).

Nel gennaio del 1848 molti napoletani manifestano nelle strade chiedendo la Costituzione. In una lettera indirizzata all'amico De La Rive se ne rallegra. Non

GRANDE LENTE A GRADINATE. La lente fu fatta costruire da Melloni a Parigi, intorno al 1840, da H.Lepaute, famoso costruttore di lenti per fari marini. Essa fu ordinata, per l'Osservatorio Meteorologico, assieme ad altre lenti a gradinata che sarebbero state impiegate per i fari dei Golfi di Napoli e di Baia. Il sistema ottico, del diametro di 120 cm, è costituito da una lente centrale piano-convessa, del diametro di 28 cm, e da 9 anelli piano-prismatici concentrici. I raggi luminosi, perpendicolari alla superficie piana del sistema ottico, convergono nel fuoco della lente centrale (la distanza focale è di circa 90 cm) e formano un'immagine del diametro approssimativo di 1 cm. L'intero sistema si comporta come una lente piano-convessa di egual diametro ma con aberrazione di sfericità pressoché nulla. Con questa lente, orientabile su due assi, Melloni studiò il potere emissivo della luna ponendo nel suo fuoco un termomoltiplicatore. Smentendo la teoria dei "raggi frigoriferi", egli trovò, dopo vari tentativi, che nella radiazione lunare vi è anche una componente calorifica.



Lente a gradinata

Locandina della mostra.

ha tuttavia un ruolo attivo negli eventi e non entra a far parte del Governo provvisorio dopo la promulgazione della Costituzione il 28 gennaio; quando gli offrono la vicepresidenza del Ministero dell'Educazione, rifiuta.

Il 15 maggio 1848 la Costituzione è revocata. La repressione è dura e, come molti altri intellettuali, obbligati a lasciare il Regno o a darsi alla macchia, è raggiunto da un decreto di esilio. Non poche persone vengono imprigionate.

Grazie all'intervento dell'ambasciatore di Prussia può rimanere nel Regno ma è costretto a dimettersi da tutti i suoi incarichi. Si ritira a Portici declinando i ripetuti inviti dell'amico Giovanni Plana a trasferirsi all'Università di Torino.

Scrivendo a Faraday e a De La Rive attribuisce le sue disavventure all'invidia e all'ostilità di certi "ignorantissimi colleghi" dell'ambiente accademico napoletano più che a veri motivi politici.

L'interesse agli studi e alla ricerca non viene meno e i contatti con il mondo scientifico non vengono interrotti. Si dedica alla stesura di "La Thermochrôse", compendio delle sue idee e delle sue ricerche sulla radiazione termica. La prima parte è pubblicata a Napoli nel 1850. Il manoscritto della seconda parte, non pubblicato, andrà perduto insieme con molti

documenti e apparecchi che gli appartenevano.

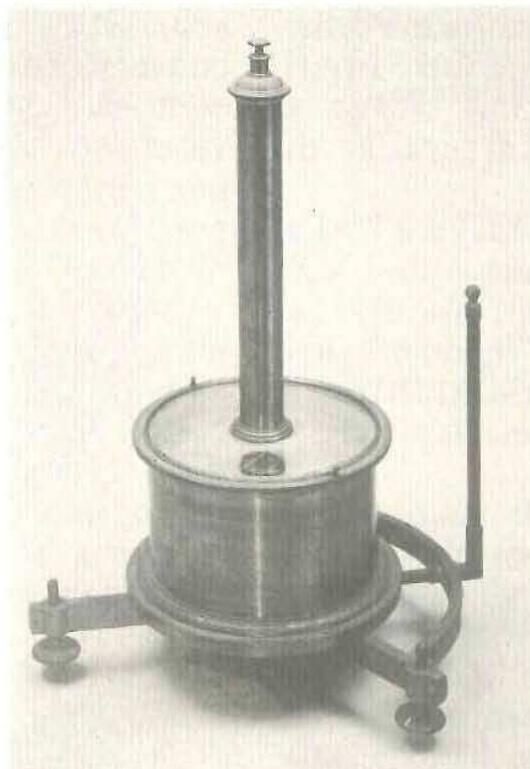
In questo periodo compie prevalentemente studi di elettrologia ed esperienze sul magnetismo residuo delle rocce laviche. Queste ultime ricerche, che ad un'attenta analisi si rivelano oggi non meno geniali degli studi sulla radiazione termica, vengono condotti con l'ausilio di un magnetometro astatico da lui stesso ideato.

Poco prima di morire realizza un nuovo tipo di elettroscopio, fondato su di un principio diverso da quello dei tradizionali elettroscopi a foglioline. Le sue qualità migliori sono l'elevata sensibilità e la capacità di conservare a lungo la carica elettrica. Le caratteristiche dello strumento vengono descritte in una memoria che ha in animo di presentare all'Accademia Reale di Napoli.

Muore a Portici, vittima di un'epidemia di colera, l'11 agosto 1854. Sarà Antonio Nobile, astronomo dell'Osservatorio di Capodimonte, a leggere la memoria sull'elettroscopio in un'adunanza dell'Accademia.

ELETTROSCOPIO DI MELLONI. Questo elettroscopio, ideato da Macedonio Melloni, è fondato su di un principio diverso da quello del tradizionale elettroscopio con foglioline. E' costituito da due cilindretti coassiali, uno fisso e l'altro mobile recanti ciascuno due sottili asticelle. Il cilindretto fisso è collegato ad una barretta verticale. Se si tocca la sferetta posta all'estremità di questa barretta con un conduttore carico il conduttore fisso si elettrizza per contatto mentre quello mobile (cilindretto mobile con aghetti) si elettrizza per induzione e ruota in una nuova posizione di equilibrio. Lo strumento fu fatto costruire a Napoli nel 1855 da Saverio Gargiulo. Luigi Palmieri, illustre fisico e vulcanologo campano (1807-1896), successore di Melloni nella direzione dell'Osservatorio Vesuviano, perfezionò, intorno al 1860, l'elettroscopio di Melloni adattandolo a rilevazioni dell'elettricità atmosferica.

Locandina della mostra



Elettroscopio

BIBLIOGRAFIA di
MACEDONIO MELLONI.

Opere principali e letteratura
secondaria.

Opere principali.

- 1 *Osservazioni intorno all'influenza delle variazioni barometriche sullo stato del cielo.*
(Giorn. di Chim. di Brugnatelli, VII, 1824, p.170-174).
- 2 *Memoire sur l'Hygrométrie (1829).*
(A. Ch., 1830 (2), t.43, p.39-63. - Schweigger Journ., LX,1830, p.75-80).
- 3 Melloni e Nobili, *Recherches sur plusieurs phénomènes calorifiques entreprises au moyen du thermomultiplicateur.*
(A. Ch., 1831 (2), t. 48, p.198-218. - Bull. Scien. Math. Ferussac, 1831, p.86-92.- P.A.: 833, XXVI, p.439-454. - Sill. Journ. 1832, XXII, p.370-373, e 1833, t.XXIII, p.185-190).
- 4 *Lettre sur une propriété nouvelle de la chaleur solaire, adressé à M.Arago par M. Melloni, réfugié italien.*
(A. Ch., 1831(2), t.48, p.385-395.- P.A., XXIV, 1832,p.640).
- 5 *Expériences relatives à la transmission du calorique rayonnant par divers liquides.*
(Bibl. Univ.,1832,t. I, p.337-340).
- 6 *Mémoire sur la transmission libre de la chaleur rayonnante par différents corps solides et liquides.*
(A.Ch.,1833 (2), t. 53, p.5-73; A.XVI, 1835, p.139; P.A.XXXV, 1835, p.112; Sill. Journ., XXVII (1835), p.228; Taylor, Scient. Mem., I, 1837, p.1-39).
- 7 *Note sur la transmission immédiate de la chaleur rayonnante au travers d'un verre noir complètement opaque.*
(L'Institut,1833, I, p.103-104).
- 8 *Account or some recent experiments on Radiant Heat.*
(Brit. Assoc. Rep., 1833, p.331-384).
- 9 *Note sur la transmission des rayons calorifiques à travers des verres colorés.*
(L'Institut, 1833, I, p.61-62. - Bibl. Ital., 1833, LXXII, p.141-143.Froriep.Notizen,1833, XXXVII, col.305-309).
- 10 *Ueber den Durchgang der Wärmestrahlen durch verschiedene Körper.* (P.A.,1833, XXVIII, p.371-378).
- 11 *Exposé des principaux résultats obtenus par M. Melloni sur la transmission immédiate de la chaleur rayonnante par différens corps solides et liquides.*
(L'Institut, 1833, I, p.212-216).
- 12 *Nouvelles recherches sur la transmission immédiate de la chaleur rayonnante par différens corps solides et liquides.*
(A. Ch. 1834 (2), t. 55, p.337-397. - L'Institut, 1834, II, p.263-264 - P.A. XXXV, 1835 p.263-264 e 550-577. - Taylor Scient. Mem., 1837, I, p.39-74).
- 13 *Appréciation exacte de l'intensité des courants électriques, au moyen du galvanomètre.*
(Bibl. Univ., 1834, t.55, p.9-15).

- 14 *Méthode pour déterminer les rapports d'intensité des courants électriques.*
(L'Institut, 1834, t. II, p.43-44).
- 15 *Circonstances qui font varier le maximum de température des rayons du spectre.*
(L'Institut, 1834, II, p.410-411).
- 16 *Description d'un appareil propre à répéter toutes les expériences relatives à la science du calorique rayonnant, contenant l'exposé de quelques faits nouveaux sur les sources calorifiques et les rayons qui en émanent.* (L'Institut, 1835, III, p.22-26).
- 17 *Sur la réflexion de la chaleur rayonnante.*
(C.R. 1835, I, p.300-304. - A. Ch. 1835 (2), t.60, p.402-409. - L'Institut, 1835, III, p.355-356. - P.A. 1836, XXXVII, p.212. - Froriep Notizen 1835, XLIII, col. 134-136. - Taylor, Scient. Mem., 1837, I, p.383-387).
- 18 *Lettre à M. Arago sur quelques communications faites par M. Hudson et M. Powel, à la dernière réunion de l'Association britannique pour les progrès des sciences, tenue à Dublin en août 1835, relatives à la transmission de la chaleur à travers des corps diathermiques.*
(Phil. Mag. 1835, VII; A. Ch. 1835 (2), t.60, p.410-417).
- 19 *On the immediate Transmission of Calorific Rays through Diathermal Bodies.*
(Phil. Mag. 1835, VII, p.475-478).
- 20 *Observations et expériences relatives à la théorie de l'identité des agents qui produisent la lumière et la chaleur rayonnante.* (C.R. 1835, I, p.503-509. - A. Ch. 1835 (2), t.60, p.418-426. - P.A. 1836, XXXVII, p.480-494. - Taylor, Scient. Mem., 1837, I, p.388-392).
- 21 *Sur la polarisation des rayons calorifiques par rotation progressive, par MM. Biot et Melloni.*
(C.R. 1836, II, p.194-199. - L'Institut, 1836, IV, p.71-72. - P.A. 1836, XXXVIII, p.202-207).
- 22 *Mémoire sur la polarisation de la chaleur.* (A.Ch. 1836 (2), 61, p.375-410. - P.A. 1838, XLIII, p.18-46 e 257-285. - Froriep Notizen, L, 1836, col.197-198. - Taylor, Scient. Mem., 1837, p.325-346).
- 23 *Expériences sur la polarisation de la chaleur rayonnante par les tourmalines.*
(C.R. II, 1836, p.95-100. - A. Ch. 1836 (2), t.61, p.375-410. - P.A. XXXVII, 1836, p.218-224).
- 24 *Polarisation de la chaleur par réfraction.*
(C.R. 1836, II, p.140-145).
- 25 *Polarisation de la chaleur.*
(C.R. 1836, III, p.133-135. - A. Ch. 1837 (2), t.65, p.5-68. - P.A. 1836, XXXIX, p.1-33. - Taylor, Scient. Mem., 1841, II, p.141-183. - Fortgesetzter Bericht über M. Melloni's Arbeiten in Gebiete der Wärmelehre (A. 1836, t. XX, p.131-136)
- 26 *Breve notizia intorno alle scoperte sul calorico.*
(Bibl. Ital. LXXXVI, 1837, p.190-200 e LXXXIX, 1838, p.107-123).
- 27 *Polarisation de la chaleur.*
Mémoire.
(C.R. 1837, V, p.530-535. - Bibl. Ital. LXXXIII, 1847, p.315-320. - P.A. 1838, XLIII, p.18-46 e 257-285).

- 28 *Observation sur la cause qui produit la fonte hative de la neige autour des plantes.*
(C.R. 1838, VI, p.801-807. - A. Ch. 1838 (2), t.68, p.341-351. - Bibl. Ital. XC, 1838, p.351-358. - Bibl. Univ. 1838, XV, p.149. - Edinb. New Phil. Journ. XXV, 1838, p.242-249. - P.A. 1838, XLIV, p.357-365).
- 29 *Reclamation contre la manière inexacte avec laquelle MM. Despretz et Pécllet ont rapporté les expériences de MM. Forbes et Melloni sur la polarisation de la chaleur.*
(A.Ch., 1838 (2), t.68, p.107-111. - Bibl. Univ. 1838, XIV, p.168-171).
- 30 *De la prétendue influence que les aspérités et le poli des surfaces exercent sur le pouvoir émissif des corps.* (C.R. 1838, VII, p.298-303. - A. Ch. 1839 (2), t.70, p.435-444. - Bibl. Ital., XCI, 1838, p.89-95. - Bibl. Univ. XVI, 1838, p.181-188. - Edinb. New Phil. Journ. 1839, p.299-306).
- 31 *De la loi du décroissement de la chaleur rayonnante à mesure que l'on s'éloigne des sources calorifiques.*
(Bibl. Univ., XIII, 1838, p.371-386. - P.A., XLIV, 1838, p.124-133).
- 32 *Appendice relativa alla pretesa influenza delle scabrosità sulla facoltà assorbente de'corpi (1838).*
(Atti R. Accad. Napoli, 1843, V, p.103-108. - P.A. 1838, XLV, 1838, p.57-63. - Sturgeon, Ann. Electr. 1838-39, III, p.403-409).
- 33 *Sur la transmission de la chaleur rayonnante.*
(C.R. 1839, IX, p.315-319, con una nota di Arago. - Bibl. Univ. 1839, XXII, p.384-388. - P.A. 1839, XLVIII, p.328-331).
- 34 *Considerations et expériences sur la diathermanie, ou coloration calorifique des corps.*
(A. Ch. 1839 (2), t.72, p.40-67. - Bibl. Ital., XCV, 1839, p.370-381. - Bibl. Univ. XXV, II, 1-~, p.166-178. - Atti R. Accad. Napoli, 1843, V, p.1-26. - Froriep Notizen 1839, X, col.321-324. - P.A. 1840, XLIX, p.577-585).
- 35 *Sur l'absorption des rayons calorifiques par l'atmosphère terrestre.*
(C.R. 1840, X, p.18. - P.A. 1840, XLIX, p.585-586).
- 36 *Expériences sur la chaleur rayonnante.*
(C.R. 1840, X, p.537-550).
- 37 *Recherches sur la chaleur rayonnante*
(C.R. 1840, X, p.826-832. - P.A. 1840, LI, p.73-80).
- 38 *Remarques sur la nouvelle méthode thermographique de M. Herschel, et sur son application au spectre solaire.*
(C.R. 1840, XI, p.141-145. - A.Ch. 1840 (2), t.74, p.18-25. - Bibl. Ital. 1840, p.127-132. - P.A. 1840, LI, p.81).
- 39 *Mémoire sur la constance de l'absorption calorifique exercée par le noir de fumée et par les métaux; et sur l'existence d'un pouvoir diffusif qui, par ses variations, change la valeur du pouvoir absorbant chez les autres corps athermanes.*
(C.R. 1840, XI, p.659 e 678-682. - A.Ch. 1840 (2), t.75, p.337-388. - Bibl. Univ. 1840, XXX, p. 162-194. - P.A. 1841, LII, p.221-444 e 573-584. - Atti R. Accad. Napoli 1843, V, p.77-102).

- 40 *Relazione intorno al Dagherrotipo.* Mem. R. Accad. Napoli, T. VI. (Giorn. Arcad. 1840, LXXXII, p.1-35).
- 41 *Esperienze sull'azione chimica dello spettro solare, e loro conseguenze relativamente alla Dagherrotipia.* (Giorn. Arcad. 1840, LXXXIII, p.129-154. - Atti R. Accad. Napoli, 1843, V, p.57-76).
- 42 *Sur le pouvoir diffusif des substances diathermanes.* (Bibl. Univ. XXX, 1840, p.194-205. - P.A. LIII, 1841, p.47).
- 43 *Recherches sur les fumerolles,* (C.R. 1840, XI, p.352-356. - A. Ch. 1840 (2), 74, p.331-335. - J. of Chem. 1841, XXII, p.52-57. - P.A. 1842, I, 511-517. - Froriep Notizen, 1840, XVI, col.33-37).
- 44 *Sur la cause des différences que l'on observe entre les pouvoirs absorbants des lames métalliques polies et rayés, et sur ses applications au perfectionnement des réflecteurs calorifiques.* (C.R. XII, 1841, p.375-380. - A. Ch. 1841 (3), I, p.361-367. - P.A. 1841, LIII, p.268-276. - Sturgeon Ann. Electr. 1841, VII, p.429-433. - Taylor, Scient. Mem., 1843, p.416-421. - Bibl. Univ. 1841, XXXI, 388-384).
- 45 *Sur un moyen nouveau de faire varier, à volonté, la sensibilité des galvanomètres astatiques, et de la rendre aussi parfaite que le comporte la nature des métaux employés dans leur construction.* (Arch. Scien. Nat. Gen. 1841, I, p.656-668. - C.R. XIV, 1842, p.52-59).
- 46 *Proposition d'une nouvelle nomenclature pour la science des radiations calorifiques.* (C.R. 1841, XIII, p.808-818). Memorie R. Accad. Napoli, 1843 (Nuova nomenclatura intorno alla Scienza del calore). (Bibl. Univ. 1841, XXXV, p.363-375. - Mem. Soc. Ital. 1844, XXIII, p.3-15. - Taylor, Scient. Mem., 1843, III, p.527-536).
- 47 *Memoria sopra una colorazione particolare che manifestano i corpi alle radiazioni chimiche: sulle attinenze di questa nuova colorazione colla termocrisi e colla colorazione propriamente detta: sull'unità del principio d'onde derivano queste tre proprietà della materia ponderabile, e sull'eguaglianza di costituzione dei raggi di qualunque maniera, vibrati dal sole e dalle sorgenti luminose o calorifiche.* (Napoli, Tip. Plautina, 1842). (R. Accad. Scien. di Napoli, Rendiconto 1842, I, p.11. - Bibl. Univ. Arch. 1842, XXXIX, p.121-175. - Mem. Soc. Ital. 1844, XXIII, p.97-155).
- 48 *Sur l'identité des diverses radiations lumineuses, calorifiques e chimique.* (C.R. 1842, XV, p.454-460. - P.A. 1842, LXVII, 300-307).
- 49 *Nota sulla colorazione di alcuni umori e membrane dell'occhio; e sulle conseguenze che ne derivano nella percezione de' colori.* (R. Accad. Scien. Nap., Rendiconto 1842, I, p.103-109).
- 50 *Observations sur la coloration de la rétine et du cristallin.* (C.R. 1842, XIV, p.823-832. - Bibl. Univ. Arch. 1842, XXXVIII, p.412-424. - P.A. 1842, LVI, p.574-586. - Froriep Notizen, 1842, XXIII, col.145-154).

- 51 *Saggi d'un analisi calorifica dello spettro solare.* (Museo Nap., 1843, p.279-306. - Bibl. Univ. Arch. 1844, XLIX, p.141-168. - Rendiconto R. Accad. Napoli 1843, II, p.403-422).
- 52 *Alcune notizie su fari.* (Lucifero -Napoli, 1843).
- 53 *Considerazioni intorno ad alcune obiezioni del Dott. Ambrogio Fusinieri e dei suoi seguaci contro la teoria di Wells ed altri principi ammessi dai fisici: a proposito di un passo del "Corso di Meteorologia" del Kaemtz relativo alla formazionce della rugiada.* (Rendiconto R. Accad. Napoli 1844, III, p.18-33. - Museo Nap. 1844, IV, p.123-144. - Nuovi Ann. Scien. Nat. 1844, I, p.211-232).
- 54 *Nuove esperienze intorno alla pretesa influenza delle scabrosità sulla emissione calorifica promosse da una-proposizione del Kaemtz relativa al raffreddamento de' corpi.* (Rendiconto R. Accad. Napoli 1844, III, p.409-424. Museo, Nap. 1844, IV, 346-355).
- 55 *Recherches sur la températures des divers rayons lumineux qui composent le spectre solaire.* (C.R. 1844, XVIII, p.39-48. - P.A. 1844, LXII, p.18-29. - L'Institut, 1844, I^c section, ' p.10-11).
- 56 *Apercu sur l'histoire des courants electriques induits par le magnetisme terrestre.* (R. Accad. Napoli, 3 giugno 1845. - A. Ch. 1845 (3), XV, p.34-46.- Arch. Electr. 1845 V, p.370-382).
- 57 *Discorso per la inaugurazione dell'Osservatorio Meteorologico Vesuviano.* (Atti Congr. Scien. Ital. Napoli 1845, p.1096-1099).
- 58 *Nuove esperienze sulla formazione della rugiada.* (Bibl. di Farm. di Cattaneo, 1845, XXIII, p.191-194. - Raccolta di Palomba, 1845, I, p.61-64).
- 59 *Sulla potenza emissiva o radiante dei corpi.* (Rendiconto R. Accad. Napoli 1845, IV, p.6-16. - Musco, Nap. 1845, V, p.246-257).
- 60 *Cenni storici ed analitici sulle correnti elettriche indotte dal magnetismo icrrestre.* (Museo, Nap. 1845, VI, p.150-163).
- 61 *Osservazioni intorno a certi fenomeni di direzione che si manifestano ne' vulcani a doppio recinto.* (Museo, Nap. 1845, VI, p.260-271. - Atti Congr. Scien. Ital. 1845, p.1060-1062. - Bibl. Univ. Arch. 1845, LIX, p.343-355).
- 62 *Nouvelles recherches sur le rayonnement de la chaleur.* (C.R. 1845, XX, p.575-587. - P.A. LXV, 1845, p.101-115. - Bibl. Univ. Arch. 1845, LV, p.347-361).
- 63 *Analisi delle tre memorie pubblicate ultimamente dal Faraday, intorno alle azioni dclle calamite e delle correnti elettriche sulla luce polarizzata e sulla massima parte dei corpi ponderabili.* (Rendiconto R. Accad. Napoli 1846, V, p.199-210. - Cimento 1846, anno IV, p.316-325. - Museo, Nap., 1846).
- 64 *Alcune ricerche accompagnate da esperimenti sulla cagione della luce azzurra che illumina la grotta di Capri.*

- (Rendiconto R. Accad. Napoli 1846, V, p.363-370, - Bibl. Univ. Arch. 1847, V, p.321-322. - Giorn. Istit. Lombardo, Milano, 1847,1, p.83-96. - Mem. Soc. Italiana, 1850, XXIV, p.137-148. - Raccolta Palomba,,III, 1847, p.206-208, 209-213, 241-246).
- 65 *Sur la nature des effets calorifiques produits par la lumière.*
(C.R. 1845, XXII, p.644).
- 66 *Constitution du spectre.*
(L'Institut, 1846, ;1^{er} Sem., p.128).
- 67 *Sur la puissance calorifique de la lumière de la Lune.*
(C.R. 1846, XXII, p.541-544. - *Froriep Notizen*, 1846, XXXVII, col.193-196. - P.A. 1846, LXVIII, p.220-224. - *Electr. Mag. Walker II*, 1846, p.340-343. - *Bibl. Univ.Arch.* 1846, I, p.298).
- 68 *Sur la théorie de la rosée.*
(C.R. 1847, XXIV, p.531-537. - A. Ch. 1847 (3), XXI 145-160. - *Edinb. New Phil. Journ.* 1847, XLIII, p.128-141. - *Froriep Notizen*, 1847, III, p.113-119. - P.A. 1847, LXXI, p.416-430. - A. 1847, T. 64, p.188).
- 69 *Sur la théorie de la rosée*
(C.R. 1847, XXV, p.499-500. - *Edinb New Phil. Journ.*, 1852, LIII, p.364-372.- P.A. 1848, LXXIII, p.467-469).
- 70 *Sur une expérience relative à la théorie de la rosée.*
(*Bibl. Univ. Arch.* 1847, IV, p.402).
- 71 *Remarques théoriques et pratiques en réponse sur objections sur la théorie de Wells.*
(L'Institut 1847, 1^{er} section, p.106 e 339).
- 72 *Memoria sull'abbassamento di temperatura prodotto alla superficie terrestre durante le notti calme e serene; e sui fenomeni che ne risultano nelle basse regioni dell'atmosfera.* (Museo, Nap. 1847, p.25-55, 175-179, 326-342. - Rendiconto R. Accad. Napoli 1847, VI, p.83-106. - A. Ch. 1848 (3) XXII, p.129-160, 467-496. - Taylor, *Scient. Mem.* 1852, V,p.453-476, 530-552).
- 73 *Mouvement alternatif du sol dans le golfe de Naples* (con Niccolini). (L'Institut 1847, 1^{er} section, vol. XV, p.368. - *Bibl. Univ. V*, 1847).
- 74 *Ricerche sulle irradiazioni de' corpi roventi, e sui colori elementari dello spettro solare.*
(Museo, Nap. 1847, p.17-38. - *Bibl. Univ. Arch.* 1847, V, p.238-253. Rendiconto R. Accad. Napoli. 1847, VI, p.278-293. - P.A. 1847, LXXV, p.62-81. - *Sill. Journ.*1848, V, p.1-14).
- 75 *Nuove esperienze di Faraday. Intorno alla rotazione della luce polarizzata ne' corpi diafani sottoposti all'azione delle calamite; e considerazioni generali sull'indole di questo fenomeno e sulla forza repellente d'ambi i poli magnetici per l'acqua, il vetro, il bismuto, e la massima parte delle sostanze ponderabili.*
(*Il Cimento*, 1847, anno V, p.260-272. - Museo, Nap. 1848, XIII, p.25-38).
- 76 *Sulle condizioni magnetiche della fiamma e dei fluidi elastici con un'appendice relativa all'effetto della compressione ne' corpi diafani che producono la rotazione della luce polarizzata per mezzo delle calamite.* (Rendiconto R. Accad. Napoli 1848, VII, p.172-184. -

- Corrisp. Scient. Roma (1).1848, I, p.364-363 e 372-373).
- 77 *La Thermochrôse ou la coloration calorifique.*
1^{er} partie. Baron, Naples 1850.
- 78 *Fatti soperti ultimamente intorno a certe direzioni speciali che assumono quasi tutte le sostanze cristallizzate, liberamente sospese sotto l'azione delle forze magnetiche; considerazioni teoriche relative a questa nuova classe di fenomeni.*
(Rendiconto R. Accad. Napoli 1850, IX, p.141-160 Annali di Majocchi, 1850, t. III, p.246-259 e t. IV, p.16-25).
- 79 *Observation relatives à la note de MM. Masson et Jamin sur les actions calorifiques et lumineuses des radiations prismatiques.*
(C.R. 1850, XXXI, p.470-478).
- 80 *Polarità magnetica delle lave e rocce affini: calamitazione delle lave pel calorico.*
(Roma. Atti, V, 1851-52, p.666-685).
- 81 *Osservazioni intorno agli effetti del fulmine sopra una villa de' dintorni di Napoli.*
(Rendiconti R. Accad. Napoli 1852, I, p.40-45).
- 82 *Sopra alcuni importanti fenomeni osservati recentemente nel calor solare.*
(Rendiconti R. Accad. Napoli 1852, I, 92-96).
- 83 *Lettera del Sig. Macedonio Melloni al Sig. Principe - Odescalchi presidente dell'Accademia de Nuovi Lincei.*
(Ann. di Scien. Mat. e Fis. di Tortolini 1852, III, p.341-344).
- 84 *Seconda lettera del Sig. Prof. Macedonio al Sig. Principe Odescalchi presidente dell'Accad.de'Nuovi Lincei.*
(Ann. di Scien. Mat. e Fis. di Tortolini, 1852, III, p.344).
- 85 *Expériences sur le rayonnement solaire.*
(C.R. 1852, XXXV, p.165-168. - P.L 1852, LXXXVI, p.490-500).
- 86 *Ricerche intorno al magnetismo delle rocce: 1° Sulla polarità magnetica delle lave e rocce affini. 2^a. Sopra la calamitazione delle lave in virtù del calore, e gli effetti dovuti alla forza coercitiva di qualunque roccia magnetica.*
(Mem. R. Accad. Napoli 1852-54, I, p.121-164).
- 87 *Sulle correnti elettriche di varia tensione nello stesso conduttore metallico.*
(Mem. R. Accad. Napoli 1852-54, I, p.319-326).
- 88 *Sull'induzione elettrostatica.*
(Mem. R. Accad. Napoli 1852-54, I, p.327-334).
- 89 *Principali proposizioni relative al magnetismo delle rocce.*
(Mem. R. Accad. Napoli 1852-54, I, p.187-191).
- 90 *Recherches sur les substances diathermanes.*
(C.R. 1853, XXXVI, p.709-713. - Bibl. Univ. Arch. 1853, XXIII, p.77-82. - P.A. 1853, LXXXIX, p.84-90).
- 91 *Sulla Memoria intorno al magnetismo delle rocce.*
(Rendiconti R. Accad. Napoli 1853,11, p.141-145).
- 92 *Lettre sur l'aimantation des roches volcaniques.*
(C.R. 1853, XXXVII, p.229).
- 93 *Remarques à l'occasion d'une note di MM. de la Prevostaye et Desains sur la transmission de la chaleur à travers le sel gemme.*

- (C.R. 1853, XXXVII, p.293-295).
- 94 *Recherches sur les substances diathermanes:remarques à l'occasion d'une communication de MM.de la Prevostaye et Desains.*
(C.R. 1853, XXXVII, p.599).
- 95 *Du magnétisme des roches*
(C.R. 1853, XXXVII, p.96-98).
- 96 *Osservazioni intorno agli effetti del fulmine.*
(Corrisp. Scient. Roma, 1853,11, p.274-276).
- 97 *Osservazioni su le esperienze termoscopiche eseguite dal Prof. Secchi e Prof. Volpicelli durante l'ultimo eclisse del Sole visibile in Roma (28 luglio 1851).*
(Corrisp. Scient. Roma, 1853, t. II, p.290-291).
- 98 *Sopra alcuni fenomeni di elettricismo statico e dinamico,recentemente osservati da Faraday ne' conduttori dei telegrafi sotterranei e sottomarini.*
(Rendiconti R. Accad. Napoli 1854, III p. 30-38. - Ann. Scien. Mat. e Fis. di Tortolini, 1854, V, p.133-142. - Corrisp. Scient. Roma, 1855, III, 139-142).
- 99 *Nouveaux renseignements sur la méthode la plus convenable pour déterminer la transcalescence d'une lame par rapport à diverses radiations calorifiques.*
(C.R. 1854, XXXVIII, p.429-433).
- 100 *Parere intorno alla memoria del loro collega E. Capocci presentata all'Accademia il 23 aprile 1844,sotto il titolo:Su di un nuovo fenomeno cromatico nella luce crepuscolare(insieme a De Luca).*
(Rendiconti R. Accad. Napoli 1854).
- 101 *Recherches sur l'induction electrostatique (Lettre à M. Regnault).*
(C.R. 1854, XXXIX, p.177-183. - Bibl. Univ. Arch. 1854, XXVI, p.314-323).
- 102 *Sull'eguaglianza di velocità che le correnti elettriche di varia tensione assumono nello stesso conduttore metallico.*
(Rendiconti R.Acc. Napoli 1854, III, p.77. - Ann. Scien. Mat. e Fis. di Tortolini,1854, V, p.319-325. - Corrisp. Scientifica Roma, 1855, III, p.221-222. - Bibl. Univ.Arch. 1854, X X VII, p.30-37).
- 103 *Nouvelle électroscope.*
(C.R. 1854, XXXIX, p.1113-1117. - Ateneo Ital. 1854, III, p.40-46. - Bibl. Univ. Arch. 1854, XXVII, p.274-280. - Rendiconti R. Accad. Napoli 1854, III, p.82-90. - Il Cimento, 1855, p.82-83).

Letteratura secondaria.

- A.De la Rive - *Notice sur Macédoine Melloni,*
Bibliothèque Universelle de Geneve, 27,1854, pp.221- 232.
- A.Nobile - *Elogio storico di Macedonio Melloni,*
- G. Giardini - *Elogio del cav. Macedonio Melloni,* Napoli, 1854.
- F. Napoli - *M. Melloni; sua vita e sue scoperte,*
Rivista contemporanea, 1855, pp.245-270.
- F. Napoli - *Melloni, Macedonio,*
Nouvelle Biographie Universelle, 1860.
- J.C. Poggendorff- *Melloni Macedonio,*
Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, Leipzig, 1863.

- L. Pinto- *Della vita e delle opere di M. Melloni*, Napoli, 1872, 26 pp.
- G.B. Jannelli - *Melloni, Macedonio*, Dizionario biografico dei Parmigiani illustri, Genova, 1877.
- P. Volpicelli - *Sur les correlations des effects physiques pour confirmer la verité de la nouvelle théorie de Melloni sur l'Induction Electro-statique*, Roma, 1878, 11 pp.
- L. Palmieri - *Sulla vita e sulle opere di Macedonio Melloni*, Napoli, 1882.
- D. Gambioli - *Sui fisici italiani dei tempi recenti*, Storia della Fisica Elementare. Appendice III Bologna, 1909.
- I. Guareschi - *Nuove notizie storiche sulla vita e sulle opere di Macedonio Melloni*, Memorie della Real. Accad. delle Scienze, Torino, 59, 1909, pp.1-59.
- G. Mercalli- *L'Osservatorio Vesuviano*, Nature, 111, 1912, pp.5-16.
- L. Amaduzzi - *Per la scienza e per tre suoi insigni cultori (Grimaldi, Volta, Melloni)*, Bologna, 1928.
- L. Amaduzzi - *La scienza della radiazione da M. Melloni ad oggi*, Scientia, 5, 1929, pp.85-94.
- E.S. Cornell - *The radiant heat spectrum from Herschel to Melloni*, Annals of Science 3, 1938, pp.402-416.
- F. Rizzi - *I professori dell'Università di Pavia attraverso i secoli*, Parma, 1953, pp.88-89.
- G. Todesco - *Opera e vita di Macedonio Melloni*, Nuovo Cimento, suppl. al vol. II, 1955, p.501-509.
- G. Imbò - *Aspetti della vita scientifica- politica di Macedonio Melloni*, Acc. Pontaniana, 1955, pp.337-352.
- G. Imbò- *Melloni metereologo*, Nuovo Cimento, suppl. al vol. II, 1955, pp.510-515.
- G. Polvani, G. Todesco - *La pubblicazione delle opere di Macedonio Melloni*, Nuovo Cimento, suppl. al vol. II, 1955, pp 516-517
- G. Dascola - *Mostra di documenti e cimeli melloniani*, Nuovo Cimento, suppl. al vol. II, 1955, pp.518-522 + 20 tavole.
- F. Cajori - *A history of physics*, New York, 1962, pp.179, 180-182, 184, 327.
- E. Scott-Barr - *The infrared pioneers*, Infrared Physics, 2, 1962, pp.67-73
- G. Arrighi: - *M. Melloni nelle carte dell'Archivio di Stato in Lucca*, Physis, 6, 1964, pp.218-228.
- D.S.L. Cardwell - *From Watt to Clausius*, Manchester, 1968, pp.114; 216-17; 285.
- J.W. Buchwald - *Melloni, Macedonio*, Dictionary of Scientific Biography, New York, 1974, pp.264-265.
- S.G. Brush - *The kind of motion we call heat*, I. II Amsterdam, 1976, pp.146; 171; 305; 308-309; 313; 318; 320; 324; 325; 327; 330; 333; 487; 489.
- B. Carazza - *Il contributo di Melloni allo studio dell'infrarosso - Gli strumenti nella storia e nella filosofia della scienza - Bologna*, 1983, pp.139-155.
- P. Codastefano, E. Schettino - *Il modo di sperimentare di un grande fisico italiano dell'ottocento: Macedonio Melloni*, Physis fasc.2, 1984, pp.271-301.
- E. Schettino - *Nobili, Melloni e il termomoltiplicatore*, Giornale di Fisica, XXV, n.3-4, 1984, pp.365-371.

D.Pierattini,E. Schettino - *Melloni's study of vulcanics rocks magnetic properties,*

XIII, Symposium ININGHEO, Pisa, 1987.

E. Schettino-Macedonio Melloni:*A biographical note with a provisional list of his correspondence,*

Nuncius, Anno II,1987, pp. 111-124.

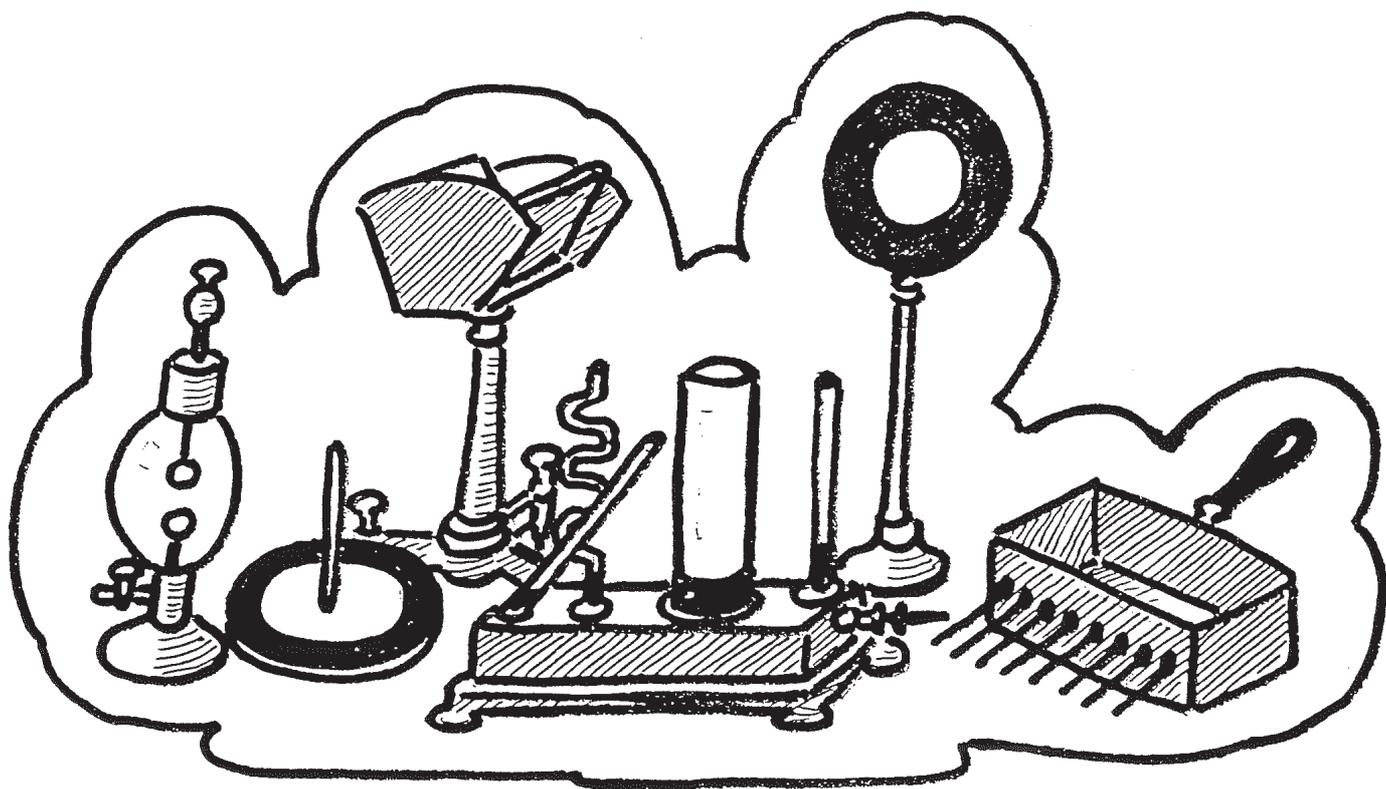
Indice

Presentazione	pag. 5
1. I primi studi sulla radiazione termica	pag. 7
2. Herschel e la scoperta della radiazione infrarossa	pag. 11
3. La situazione nei primi decenni dell'800	pag. 13
4. Il termoltiplicatore di Nobili e Melloni	pag. 15
5. Gli studi di Melloni sulla radiazione termica	pag. 17
Note biografiche	pag. 23
Bibliografia di Macedonio Melloni	pag. 33

Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche
Università di Napoli

Ezio Ragozzino, Raffaele Rinzivillo ed Edvige Schettino

LA COLLEZIONE DEGLI STRUMENTI DI FISICA



Rapporto di attività

Napoli, ottobre 1990

1 Presentazione della collezione

Fanno parte della collezione circa 400 strumenti, quasi tutti attribuibili al periodo che va dai primi decenni dell'Ottocento ai primi decenni del Novecento; di essi almeno 300 sono stati costruiti nel secolo scorso. Di più antica datazione sono due oggetti di gran pregio: una meridiana portatile in argento costruita a Napoli nel 1769 ed una lente lavorata a Firenze da Evangelista Torricelli intorno al 1640. Tutti gli apparecchi appartenevano all'ex Istituto di Fisica Sperimentale, ora integrato nel Dipartimento di Scienze Fisiche.

Fra gli apparecchi della collezione appaiono particolarmente interessanti i microscopi e gli strumenti elettromagnetici, fra i più rappresentativi nella storia dell'elettromagnetismo del secolo scorso; di particolare rilevanza, per varietà, interesse storico e stato di conservazione, sono i misuratori di corrente attraverso i quali è possibile ricostruire, quasi per intero, la storia della reometria dalle origini ai primi decenni di questo secolo. Di notevole interesse sono anche molti apparecchi di meccanica, acustica e termologia. Per il loro grandissimo valore storico una citazione a parte meritano le apparecchiature utilizzate da Macedonio Melloni per le sue ricerche sulla radiazione termica; la strumentazione, costituita da due banchi completi di sorgenti luminose ed "oscure", termopile, collimatori, morsetti, diaframmi, filtri e schermi di vario tipo, è in ottimo stato di conservazione.

In sintesi, la collezione è così costituita:

1. **Misure fondamentali e meccanica:** circa 30 apparecchi.
2. **Meccanica dei fluidi:** circa 40 apparecchi.
3. **Acustica:** circa 50 apparecchi.
4. **Termologia:** circa 50 apparecchi.
5. **Ottica:** circa 100 apparecchi.
6. **Elettricità e magnetismo:** circa 120 apparecchi.
7. **Calore radiante (Macedonio Melloni):** 2 banchi di misura corredati di alcune termopile e molte decine di accessori.

Ampie notizie storiche sulla collezione sono state inserite nei quattro cataloghi museali sinora pubblicati (1-4).

2 L'assetto attuale del Museo

Gli apparecchi della collezione hanno avuto a lungo vita travagliata. Negli anni immediatamente precedenti il trasferimento dell'Istituto di Fisica Sperimentale dall'edificio di via Tari ai padiglioni 16, 19 e 20 della Mostra d'Oltremare, gli strumenti, in assenza di adeguata sorveglianza, furono esposti a danneggiamenti e furti. Il trasferimento dell'Istituto inferse un altro colpo all'integrità della collezione; durante il trasporto non pochi strumenti, anche di notevole pregio, rimasero danneggiati.

La decisione, da noi presa alla fine del 1983, di assumere la responsabilità di tutta la strumentazione di interesse storico si è rivelata opportuna per la salvaguardia degli apparecchi, sia in rapporto alle ultime fasi del trasferimento sia in rapporto ai successivi, frequenti spostamenti da un padiglione all'altro, dettati da esigenze logistiche legate alla ristrettezza degli spazi disponibili.

Dopo una serie di vicissitudini gli armadi del Museo di Fisica, nel frattempo costituitosi all'interno del Dipartimento di Scienze Fisiche, hanno trovato nel 1988 una compatta e decorosa collocazione nell'aula di Rodi, l'unico grande ambiente di cui il Dipartimento possa attualmente disporre; nel contempo gli strumenti sono stati sistemati negli armadi nella maniera più razionale possibile.

Va aggiunto che, se da un lato le soluzioni adottate costituiscono una sufficiente garanzia per l'integrità degli strumenti, d'altro canto tutte le attività legate all'inventario, alla catalogazione ed al restauro degli apparecchi sono pesantemente condizionate dalla parziale inagibilità dell'aula di Rodi, quasi permanentemente impegnata, da ottobre a giugno, per lezioni, seminari, esami ed assemblee. Nell'area di Monte S. Angelo sono in costruzione gli edifici destinati ad ospitare fra qualche anno l'intera Facoltà di Scienze dell'Università di Napoli: ci auguriamo che finalmente nella nuova sede il Museo di Fisica possa trovare un assetto adeguato e che tutte le attività ad esso legate possano svolgersi in totale autonomia.

Riteniamo di dover dire, per completezza di informazione, che da qualche tempo, da più parti, si va proponendo l'istituzione di un Museo delle Scienze a Napoli. Sulle possibilità che un tale piano giunga a reale compimento e che i Musei dell'Università di Napoli vengano, tutti o in parte, inseriti nel progetto, preferiamo per ora non esprimere le nostre valutazioni; tuttavia stimoleremo il dibattito in sede di Consiglio di Dipartimento nel momento in cui i vari aspetti della questione appariranno più definiti.

3 Il lavoro di inventario, catalogazione e recupero

Il lavoro di inventario e catalogazione della strumentazione di interesse storico è stato da noi iniziato negli ultimi mesi del 1983. Questa attività è andata avanti e prosegue tuttora fra molte difficoltà, sia per le condizioni disagiate in cui si è costretti ad operare (da ottobre a giugno l'accesso all'aula di Rodi, per i motivi precedentemente esposti, ci è consentito per poche ore al giorno) sia perché nessun aiuto concreto ci è stato sinora offerto dagli organi responsabili del Dipartimento. Per di più, le attività legate al Museo non andrebbero limitate all'inventario ed alla catalogazione ma rivolte anche al recupero degli apparecchi danneggiati e ad una pulizia periodica degli armadi e degli strumenti. Per l'attuazione di tali programmi un piccolo laboratorio e l'assistenza di alcune persone, fra le quali un tecnico di officina, sarebbero indispensabili. La mancanza di un laboratorio e di un tecnico ad esso stabilmente assegnato allontana in maniera drammatica il lavoro di restauro degli strumenti e la loro sistemazione funzionale nel Museo. Tutto quanto è stato finora realizzato (inventario, catalogazione, pubblicazione di cataloghi museali, iniziative culturali di vario genere, ecc.) è stato possibile solo grazie al nostro impegno.

Positive novità ci attendiamo dal recente "progetto per un fondo di incentivazione" (ex articolo 28 D.P.R. 567/87) da destinare al personale universitario disposto ad impegnarsi in attività di particolare rilievo. Con riferimento a tale progetto, alcuni programmi sono stati predisposti all'interno del nostro Dipartimento; uno di essi riguarda il Museo di Fisica e prevede l'utilizzazione di personale tecnico e amministrativo per attività di inventario, catalogazione e recupero di apparecchi danneggiati.

Sino a tutto il 1989 la catalogazione è stata eseguita solo "manualmente", con elencazione nel registro-catalogo del Museo degli strumenti via via identificati ed indicazione delle caratteristiche principali (denominazione dell'apparecchio, datazione, costruttore, stato di conservazione, sezione di appartenenza). Il lavoro non è stato agevole sia perché nessuna attività di catalogazione era stata in precedenza tentata, sia perché di molti strumenti si ignoravano il costruttore e l'anno di costruzione; il confronto con apparecchi di analoghe caratteristiche costruttive, riprodotti su cataloghi o su vecchi testi di fisica, la conoscenza della casa costruttrice e la consultazione di alcuni inventari dell'Istituto di Fisica Sperimentale, sui quali è non di rado indicato l'anno di acquisizione dello strumento, hanno consentito in moltissimi casi una sia pur approssimativa datazione. Dei circa 400 apparecchi facenti parte della collezione, 270 sono già stati identificati e catalogati; i più rappresentativi sono stati muniti di targhetta esplicativa.

Già ad un primo esame ci si rende conto che il patrimonio strumentale del Gabinetto Fisico di Napoli, negli ultimi decenni dell'Ottocento, non era costituito solo da strumenti didattici ma anche, e in misura prevalente, da "moderni" apparecchi destinati a ricerche di buon livello.

Con l'acquisto di un "personal computer" da parte del Museo, nel febbraio del 1990 ha preso il via il programma di catalogazione computerizzata che è già in una fase di avanzata esecuzione e che consentirà di dotare tutti gli apparecchi di una scheda ampiamente esplicativa, della quale si acclude un facsimile. La scheda che è stata da noi realizzata utilizzando un "data base", tiene conto dei modelli di schede che in questi ultimi anni sono stati proposti in Italia. Ogni scheda costituisce un "record" di una banca dati accessibile con una "password". La scheda è definita da campi (n° progressivo, inventario, ente di appartenenza, stato di conservazione, collocazione, tipologia, datazione, costruttore, paese, descrizione dello strumento, foto, ecc.). Tutti i campi possono essere listati separatamente come ogni record (scheda) può essere richiamato attraverso un qualunque campo. Semplici procedimenti permettono la stampa di ogni scheda e di ogni listato e l'aggiornamento dei campi nei record.

Per l'attuazione del programma, grazie ad una delibera del Consiglio di Amministrazione, è stata retribuita sui fondi del Museo una collaborazione a

tempo definito del Dott. E. Monda.

4 Iniziative culturali del Museo

Riteniamo utile ricordare le principali iniziative culturali del Museo di Fisica negli ultimi cinque anni.

(a) Negli anni fra il 1984 ed il 1988 sono stati pubblicati quattro cataloghi museali, realizzati grazie ai "fondi Musei" stanziati dal Consiglio di Amministrazione dell'Università di Napoli. Tre cataloghi, con ampi testi esplicativi in italiano e numerose fotoriproduzioni in bianco e nero, sono dedicati alle sezioni "ottica", "meccanica dei fluidi", "termologia" ed "elettromagnetismo" (1-3). Il quarto catalogo, ultimo in ordine di tempo, ha testi in inglese ed è corredato di fotoriproduzioni quasi tutte a colori; raccoglie una parte degli strumenti più rappresentativi della collezione (4). Dei cataloghi è stata assicurata ampia diffusione presso Università e centri di studio italiani e stranieri dai quali sono pervenute numerosissime lettere di ringraziamento ed apprezzamento.

(b) Nel novembre del 1989 ha visto la luce la prima pubblicazione edita dal Museo (7). Interamente dedicata a Macedonio Melloni, comprende una breve storiografia della fisica dell'infrarosso ai suoi albori, con particolare riferimento agli studi di Melloni sulla radiazione termica, ampie note biografiche su Melloni ed un'aggiornata bibliografia dello scienziato. È nei nostri intendimenti realizzare altre pubblicazioni in cui gli strumenti del Museo siano inseriti in un più ampio discorso sulla evoluzione delle conoscenze scientifiche.

(c) In occasione del 37° Congresso della Società Italiana di Fisica, tenutosi a Napoli nell'ottobre del 1987, è stata allestita in due sale del Castel dell'Ovo, sede del Congresso, una mostra dedicata a Melloni, con esposizione dei due banchi custoditi dal Museo ed utilizzati dallo scienziato per i suoi studi fondamentali sul calore radiante. Altri apparecchi del Museo figuravano nel materiale in esposizione, completato da numerosi pannelli esplicativi e documenti inediti (5). Un'ampia bibliografia era inserita in una guida a disposizione dei visitatori.

(d) Una interessante esposizione di antichi apparecchi ottici, fra i più rappresentativi della nostra collezione, è stata allestita, alla Mostra d'Oltremare,

per la seconda edizione della manifestazione *"Futuro Remoto"* (ottobre 1988). Fra gli strumenti esposti i microscopi hanno offerto in particolare una istruttiva panoramica sulle diverse soluzioni tecniche adottate nel secolo scorso. L'allestimento della mostra ha richiesto un impegno notevole comportando, fra l'altro, la preparazione di testi per le didascalie e per gli opuscoli illustrativi.

(e) Una esposizione di notevole interesse storico è stata allestita per la terza edizione di *"Futuro Remoto"* (dicembre 1989). La sezione da noi curata, in collaborazione con i professori S. Mancuso e M. Torrini e con il Dott. V. Martucci, è stata dedicata alla scienza a Napoli nel periodo 1830-1845. Sono stati esposti strumenti dell'epoca, facenti parte della nostra collezione e dell'Osservatorio astronomico di Capodimonte, insieme con numerosi pannelli illustrativi, libri e documentazione dell'epoca. Per l'occasione abbiamo curato una pubblicazione (6) ed allestito una "multivisione" dedicate entrambe a Melloni, lo scienziato più illustre del Regno delle Due Sicilie, ed agli altri pionieri dell'infrarosso.

5 Gli strumenti più rappresentativi della collezione

Diamo un elenco degli strumenti del Museo che, per valore storico e stato di conservazione, possono considerarsi come i più interessanti fra quelli identificati e catalogati.

1. *Metro inciso su regolo in ottone, con scale in palmi napoletani, piedi inglesi e piedi francesi*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
2. *Metro inciso su regolo in marmo con numeri scritti al contrario, in astuccio di legno*
(seconda metà sec. XIX; costr. Hartmann & Braun, Frankfurt)
3. *Metro inciso su regolo in vetro con numeri scritti al contrario, in astuccio di legno*
(metà sec. XIX; costr. G. Bandieri, Napoli)
4. *Metro inciso su regolo in ottone, in astuccio di legno*
(metà sec. XIX; costr. G. Bandieri, Napoli)

5. *Metro inciso su regolo bimetallico, in astuccio di ottone*
(seconda metà sec. XIX; costr. SIP, Genève)
- 6-7. *Due sferometri di precisione in ottone*
(metà sec. XIX; costr. G.Bandieri, Napoli)
8. *Goniometro inciso su cerchio in ottone, in scatola foderata di velluto*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
9. *Grande catetometro a due cannocchiali, custodito in teca*
(seconda metà sec. XIX; costr. non identificato)
10. *Catetometro a un cannocchiale*
(seconda metà sec. XIX; costr. O.Hempel, Paris)
11. *Grande bilancia con cassetti, su quattro piedi a viti calanti*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
12. *Grande bilancia con custodia, su tre piedi a viti calanti*
(fine sec. XIX; costr. ignoto)
13. *Bilancia molto grande a doppi piattelli, su pesante treppiede a viti calanti*
(metà sec. XIX; costr. Deleuil, Paris)
14. *Antica stadera a torsione*
(1808; costr. S.Natali)
15. *Bilancia di Poggendorff*
(1845; costr. G.Bandieri, Napoli)
- 16-23. *Otto areometri Baumé per liquidi diversi*
(metà sec. XIX; costr. francese)
24. *Due areometri Baumé in custodia unica*
(metà sec. XIX; costr. tedesco)
25. *Vasi comunicanti*
(metà sec. XIX; costr. E.M. Clarke, London)
26. *Fontana intermittente*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)

- 27-28.** *Due apparecchi per la verifica della legge di Pascal*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 29.** *Arganello idraulico*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 30.** *Campana pneumatica*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 31.** *Emisferi di Magdeburgo*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 32.** *Eolipila di Erone*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 33.** *Barometro di Fortin da parete*
(metà sec. XIX; costr. I.Newman, London)
- 34.** *Barometro a quadrante di Hooke*
(seconda metà sec. XIX; costr. Leitner & Heineman, Napoli)
- 35.** *Apparecchio a corona di Hope*
(metà sec. XIX; costr. Lerebours, Paris)
- 36.** *Apparecchio a corona di Hope*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 37.** *Termometro su tavoletta di ottone*
(prima metà sec. XIX; costr. Pixii, Paris)
- 38-43.** *Sei termometri a mercurio a scala incisa, alta sensibilità*
(metà sec. XIX; costr. Baudin, Paris)
- 44-47.** *Quattro termometri a mercurio a scala incisa*
(1861-1863; costr. Fastré, Paris)
- 48.** *Termometro a mercurio a scala incisa*
(seconda metà sec. XIX; costr. L.Müller)
- 49.** *Termometro a mercurio con scala su lamina di osso*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 50.** *Termometro a mercurio a scala incisa*
(1901; costr. Alvergnyat, Paris)

- 51-52.** *Due termometri zavorrati*
(c. 1900; costr. A.Ochs, Napoli)
- 53.** *Grande termometro da parete*
(inizio sec. XIX; costr. Mossy, Paris)
- 54-55.** *Due termometri metallici di Breguet con campana protettiva*
(prima metà sec. XIX; costr. Breguet, Paris)
- 56.** *Pirometro a dilatazione*
(inizio sec. XIX; costr. Pixii, Paris)
- 57.** *Dilatometro per liquidi*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 58.** *Anello di Gravesande*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 59.** *Cassetta di Ingenhousz*
(seconda metà sec. XIX; costr. francese)
- 60.** *Apparecchio per la comparazione della tensione di vapore dei liquidi*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 61.** *Igrometro a capello di de Saussure*
(prima metà sec. XIX; costr. Deleuil, Paris)
- 62.** *Psicrometro di August*
(fine sec. XIX; costr. ignoto)
- 63.** *Pireliometro di Pouillet*
(metà sec. XIX; costr. Ruhmkorff, Paris)
- 64.** *Banco di Melloni*
(c. 1835; costr. Ruhmkorff, Paris)
- 65.** *Set di accessori per il banco suddetto, in cassa di legno fodera-
rata*
(c. 1835; costr. Ruhmkorff, Paris)
- 66.** *Banco di Melloni n° 2*
(c. 1840; costr. ignoto)

- 67.** *Set di accessori per il banco suddetto*
(c. 1840; costr. ignoto)
- 68.** *Termopila cilindrica di Melloni, con cappuccio tronco-conico*
(c. 1833; costr. T.Gourjon, Paris)
- 69-70.** *Due termopile verticali di Melloni*
(c. 1835; costr. Ruhmkorff, Paris)
- 71.** *Apparecchio per la visualizzazione del moto ondoso*
(c. 1860; costr. E.M.Clarke, London)
- 72.** *Sistema di piastre vibranti destinato a mostrare le figure di Chladni*
(c. 1870; costr. ignoto)
- 73.** *Piastra circolare vibrante montata su treppiede*
(c. 1870; costr. ignoto)
- 74.** *Apparecchio destinato a mostrare che il suono non si propaga nel vuoto*
(c. 1870; costr. ignoto)
- 75.** *Grande diapason montato verticalmente su treppiede*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 76-77 .** *Due grandi diapason, ciascuno montato orizzontalmente su treppiede*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 78.** *Diapason e risuonatore cilindrico*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 79.** *Interferometro di Koenig*
(c. 1890; costr. Koenig, Paris)
- 80.** *Apparecchio di Koenig per l'analisi dei suoni*
(c. 1870; costr. ignoto)
- 81.** *Campana di vetro su treppiede per la localizzazione dei nodi*
(c. 1870; costr. ignoto)
- 82.** *Sirena di Seebeck*
(seconda metà sec. XIX; costr. Koenig, Paris)

- 83-95.** *Tredici canne sonore parallelepipediche in legno, di frequenza diversa*
(seconda metà sec. XIX; costr. Koenig, Paris)
- 96.** *Scatola sonora parallelepipedica*
(seconda metà sec. XIX, costr. Koenig, Paris)
- 97-105.** *Nove diapason di frequenza diversa con risuonatore*
(seconda metà sec. XIX; costr. Koenig, Paris)
- 106.** *Due grandi specchi concavi in ottone, per la riflessione del suono*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 107-108.** *Due eliostati di Gambey*
(metà sec. XIX; costr. Gambey, Paris)
- 109.** *Eliostato di Silbermann*
(metà sec. XIX; costr. Soleil, Paris)
- 110.** *Eliostato di Fuess*
(seconda metà sec. XIX; costr. R.Fuess, Berlin)
- 111.** *Grande specchio concavo orientabile*
(metà sec. XIX; costr. E.M.Clarke, London)
- 112.** *Grande specchio convesso orientabile*
(metà sec. XIX; costr. E.M.Clarke, London)
- 113.** *Specchio piano circolare orientabile*
(metà sec. XIX; costr. I.Newman, London)
- 114.** *Sistema di sette specchietti allineati e orientabili, su stelo a base circolare*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 115.** *Prisma in ottone ad angolo variabile, su stelo con treppiede a viti calanti*
(seconda metà sec. XIX; costr. Lerebours, Paris)
- 116.** *Grande prisma in ottone ad angolo variabile, su stelo a base circolare*
(seconda metà sec. XIX; costr. J.Duboscq-Soleil, Paris)

- 117.** *Poliprisma a nove prismi, orientabile, su stelo a base circolare*
(metà sec. XIX; costr. Soleil fils, Paris)
- 118.** *Poliprisma a quattro prismi, orientabile, su stelo a base circolare*
(seconda metà sec. XIX; costr. G.Caputo, Napoli)
- 119-121** *Tre prismi singoli con diverso angolo rifrangente, orientabili, ciascuno su stelo a base circolare*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 122.** *Grande prisma orientabile, su stelo a base cilindrica*
(metà sec. XIX; costr. J.Duboscq, Paris)
- 123.** *Prisma cavo su stelo a base circolare*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 124.** *Sistema orientabile costituito da un prisma sottile fisso e due mobili, su stelo a base circolare*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 125.** *Doppio prisma su stelo a base circolare*
(metà sec. XIX; costr. J.Duboscq, Paris)
- 126-128** *Tre lenti (piano-convessa, biconvessa, biconcava) con cornice, ciascuna su stelo a base circolare*
(metà sec. XIX; costr. J.Duboscq, Paris)
- 129.** *Lente biconvessa con cornice, su stelo a base circolare*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 130.** *Grande lente biconvessa orientabile, su ampia base circolare*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 131.** *Lente di Torricelli con portante in legno, in scatola di legno foderata di velluto*
(c. 1640; costr. E.Torricelli, Firenze)
- 132.** *Grande lente a gradinate orientabile, su quattro robustissimi piedi*
(c. 1840; costr. Lepaute, Paris)

- 133-139.** *Sette portamenti di diversa misura, ciascuno su stelo a base circolare*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 140.** *Disco di Newton con meccanismo per la rotazione*
(seconda metà sec. XIX; costr. I.Newman, London)
- 141.** *Meridiana portatile in argento*
(1769; costr. napoletano)
- 142.** *Microscopio semplice di Raspail*
(prima metà sec. XIX; costr. Deleuil, Paris)
- 143.** *Microscopio composto di Amici*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 144.** *Microscopio acromatico di Chevalier*
(metà sec. XIX; costr. V.Chevalier, Paris)
- 145.** *Microscopio orizzontale catottrico di Jecker, con accessori*
(metà sec. XIX; costr. Jecker, Paris)
- 146.** *Microscopio composto di Dollond, con obiettivi intercambiabili e accessori*
(metà sec. XIX; costr. Dollond, London)
- 147.** *Microscopio solare*
(metà sec. XIX; costr. J.Duboscq, Paris)
- 148.** *Microscopio binoculare, con oculari intercambiabili*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 149-150.** *Due microscopi polarizzanti di Amici*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 151.** *Saccarimetro di Soleil*
(seconda metà sec. XIX; costr. J.Duboscq - Soleil, Paris)
- 152.** *Saccarimetro di Soleil*
(fine sec. XIX; costr. Schmidt & Huensch, Berlin)
- 153.** *Specchio e piastra forata per microscopio solare*
(metà sec. XIX; costr. Dollond, London)

154. *Set di sei schermi colorati rettangolari, con cornice e manico*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
155. *Banco ottico in legno, con sostegni e viti di fissaggio in ottone*
(metà sec. XIX; costr. G.Bandieri, Napoli)
156. *Pinza a tormaline*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
157. *Grande pinza a tormaline con manico, in scatola foderata di velluto*
(metà sec. XIX; costr. J.Duboscq, Paris)
158. *Apparecchio per la osservazione di frange interferenziali localizzate*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 159-160. *Due modelli di occhio*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
161. *Modello semplificato di occhio, in ottone*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
162. *Stereoscopio con braccio snodabile, su stelo a base circolare*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 163-164. *Due cannocchiali orientabili su treppiede*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
165. *Cannocchiale orientabile su cerchio graduato verticale*
(1845; costr. G.Spano, Napoli)
166. *Macchina fotografica a soffietto, su due basi metalliche distinte*
(fine sec. XIX; costr. ignoto)
167. *Spettrometro*
(seconda metà sec. XIX; costr. J. & A.Duboscq, Paris)
168. *Grande spettroscopio di Bunsen - Kirchhoff*
(fine sec.XIX; costr. A.Krüss, Hamburg)
169. *Piccolo spettroscopio di Bunsen - Kirchhoff*
(fine sec. XIX; costr. ignoto)

- 170.** *Grande spettroscopio di Bunsen - Kirchhoff*
(fine sec. XIX; costr. A.Hilger, London)
- 171.** *Grande spettroscopio con tre microscopi di lettura e tre prismi intercambiabili*
(fine sec. XIX; costr. Société Genoise, Genève)
- 172.** *Sestante*
(metà sec. XIX; costr. H.Hughes, London)
- 173.** *Sestante*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 174.** *Sestante in custodia di legno*
(metà sec. XIX; costr. Troughton & Simms, London)
- 175.** *Elettroforo di Volta*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 176.** *Gabbia di Faraday*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 177.** *Elettroscopio condensatore con archetto*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 178.** *Elettroscopio di Bohnenberger*
(prima metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 179.** *Elettroscopio di Bohnenberger*
(prima metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 180.** *Elettroscopio di Melloni*
(1855; costr. S.Gargiulo, Napoli)
- 181.** *Macchina elettrostatica di Wimshurt in grande teca*
(c. 1900; costr. ignoto)
- 182.** *Bottiglia di Leyda*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 183.** *Batteria di quattro grandi condensatori cilindrici*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 184.** *Condensatore di Epino*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)

185. *Condensatore variabile*
(c. 1900; costr. ignoto)
186. *Uovo elettrico di De La Rive*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 187-189. *Tre pile Grenet*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
190. *Pila Zamboni*
(metà sec. XIX; costr. ignoto)
191. *Pila Weston*
(c. 1900; costr. Weston El. Instr., Berlin)
192. *Pila Latimer Clark*
(fine sec. XIX; costr. J.Carpentier, Paris)
193. *Resistenza campione*
(c. 1900; costr. ignoto)
194. *Commutatore di Bertin*
(seconda metà sec. XIX; costr. Elliot Bro.^s, London)
195. *Commutatore di Ruhmkorff*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
196. *Spira di Ampère*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
197. *Ponte di Kohlrausch*
(c. 1900; costr. ignoto)
198. *Galvanometro di Bourbouze*
(metà sec. XIX; costr. G.Bandieri, Napoli)
199. *Piccolo galvanometro di Breguet con campana protettiva*
(metà sec. XIX; costr. Breguet, Paris)
200. *Galvanometro astatico di Nobili con campana protettiva*
(1857; costr. S.Gargiulo, Napoli)
- 201-202. *Due galvanometri astatici di Nobili con campana protettiva*
(c. 1855; costr. Ruhmkorff, Paris)

203. *Galvanometro astatico differenziale di Nobili con campana protettiva*
(c. 1860; costr. Ruhmkorff, Paris)
204. *Galvanometro astatico differenziale di Nobili con campana protettiva*
(c. 1870; costr. Ateliers Ruhmkorff, J.Carpentier, Paris)
205. *Galvanometro astatico portatile di Nobili*
(c. 1860; costr. ignoto)
206. *Galvanometro astatico di Duboscq*
(c. 1860; costr. J.& A.Duboscq, Paris)
207. *Galvanometro di Magnus*
(c. 1880; costr. O.Plath, Postdam)
208. *Galvanometro di Thomson*
(c. 1880; costr. Ateliers Ruhmkorff, J.Carpentier, Paris)
209. *Galvanometro di Wiedemann a quattro bobine*
(c. 1890; costr. ignoto)
210. *Galvanometro di Wiedemann a quattro bobine*
(c. 1890; costr. ignoto)
211. *Galvanometro di Wiedemann a otto bobine*
(c. 1890; costr. ignoto)
212. *Galvanometro universale*
(c. 1890; costr. Siemens & Halske, Berlin)
213. *Galvanometro Deprez-d'Arsonval con campana protettiva*
(c. 1890; costr. J.Carpentier, Paris)
214. *Galvanometro Deprez-d'Arsonval*
(c. 1910; costr. Hartmann & Braun, Frankfurt)
215. *Elettrodinometro a torsione*
(fine sec. XIX; costr. E.Hartmann & C., Wurzburg)
216. *Elettrodinometro per correnti debolissime*
(c. 1895; costr. Siemens & Halske, Berlin)

- 217-218.** *Due bussole delle tangenti di Pouillet*
(fine sec. XIX; costr. ignoto)
- 219.** *Bussola delle tangenti con aghetto sospeso*
(fine sec. XIX; costr. ignoto)
- 220.** *Bussola di Gaugain-Helmholtz*
(c. 1900; costr. ignoto)
- 221.** *Elettrometro a quadranti*
(fine sec. XIX; costr. G.Caputo, Napoli)
- 222.** *Amperometro a succhiamento*
(fine sec. XIX; costr. Hartmann & Braun, Frankfurt)
- 223.** *Motorino elettrico a corrente continua*
(seconda metà sec. XIX; costr. I.Newman, London)
- 224.** *Motorino elettrico di Breton a corrente continua*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 225.** *Arganello di Clarke*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 226.** *Rocchetto di Ruhmkorff*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 227.** *Piccola elettrocalamita a due bobine con campana protettiva*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 228.** *Grande magnete a ferro di cavallo*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 229.** *Dinamo (grande magnete a ferro di cavallo con rotore)*
(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)
- 230-232.** *Tre telegrafi Breguet*
(seconda metà sec. XIX; costr. Secretan, Paris)
- 233.** *Telegrafo Breguet*
(seconda metà sec. XIX; costr. E.M.Clarke, London)
- 234.** *Anello di Pacinotti*
(fine sec. XIX; costr. ignoto)

235-236. *Due induttori terrestri*

(seconda metà sec. XIX; costr. ignoto)

237. *Apparecchio elettromedicale*

(c. 1860; costr. Ruhmkorff, Paris)

238. *Apparecchio elettromedicale*

(fine sec. XIX; costr. Gaiffe, Paris)

239. *Bussola marina*

(prima metà sec. XIX; costr. Gregory & Wright, London)

240. *Bussola marina di declinazione*

(prima metà sec. XIX; costr. Troughton & Simms, London)

Iniziative culturali del Museo - Bibliografia

- (1) **E.Ragozzino ed E.Schettino** , “La collezione degli antichi apparecchi dell’Istituto di Fisica - Gli strumenti ottici”, Università degli Studi di Napoli, luglio 1984.
- (2) **E.Ragozzino ed E.Schettino** , “La collezione degli antichi apparecchi dell’Istituto di Fisica - Meccanica dei fluidi e termologia”, Università degli Studi di Napoli, febbraio 1985.
- (3) **E.Ragozzino ed E.Schettino** , “La collezione degli antichi apparecchi dell’Istituto di Fisica - Elettricità e magnetismo”, Università degli Studi di Napoli, dicembre 1985.
- (4) **E.Ragozzino ed E.Schettino** , “Early Instruments of the Institute of Physics”, University of Naples, marzo 1988.
- (5) **R.Rinzivillo, E.Schettino ed E.Ragozzino** , “Una esposizione di strumenti di fisica di Macedonio Melloni”, Atti dell’VIII Congresso Nazionale di Storia della Fisica, Editoriale Overseas, 1988.
- (6) **E.Ragozzino, R.Rinzivillo ed E.Schettino** , “Una grande figura di scienziato a Napoli: Macedonio Melloni, pioniere dell’infrarosso”, in “Scienziati a Napoli, 1830-1845”, CUEN, Napoli, 1989.
- (7) **E.Ragozzino, R.Rinzivillo ed E.Schettino** , “La rivelazione della radiazione termica nella strumentazione di Macedonio Melloni”, Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Università di Napoli, novembre 1989.

MUSEO DEL DIPARTIMENTO DI SCIENZE FISICHE

SCHEDA DI CLASSIFICAZIONE

Progressivo **86**

Numero inventario attuale **5**

tipologia **Elettromagnetismo**

ente di appartenenza **Dip.Scienze Fisiche Univ.Napoli**

datazione **1857**

costruttore **S.Gargiulo**

paese **Italia**

collocazione **Aula Rodi**

descrizione **Galvanometro astatico di Nobili.**

A un lungo e sottile filo di seta è sospeso un sistema astatico costituito da due lunghi aghi magnetici eguali, fra loro rigidamente collegati in modo che siano paralleli in un piano verticale e rivolgano dalla stessa parte i poli eteronimi. L'ago inferiore è all'interno di un telaio su cui è avvolto il filo percorso dalla corrente da misurare. L'ago superiore, che funge da indice, è al di fuori della bobina ed al di sopra di un disco di rame sul cui bordo è riportata una scala. La piattaforma circolare, su cui poggiano bobina e quadrante, è girevole intorno ad un asse verticale ed è sostenuta da piedi a viti calanti. Lo strumento è dotato di campana protettiva.

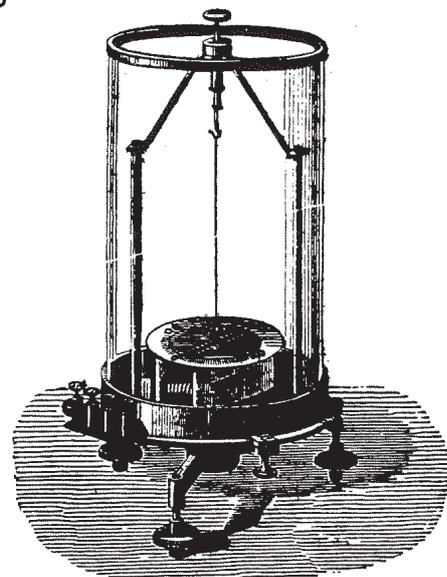
materiali **ottone, rame, rame rivestito, acciaio, avorio, vetro**

dimensioni **altezza: 26 cm**

stato di conservazione **ottimo**

annessi

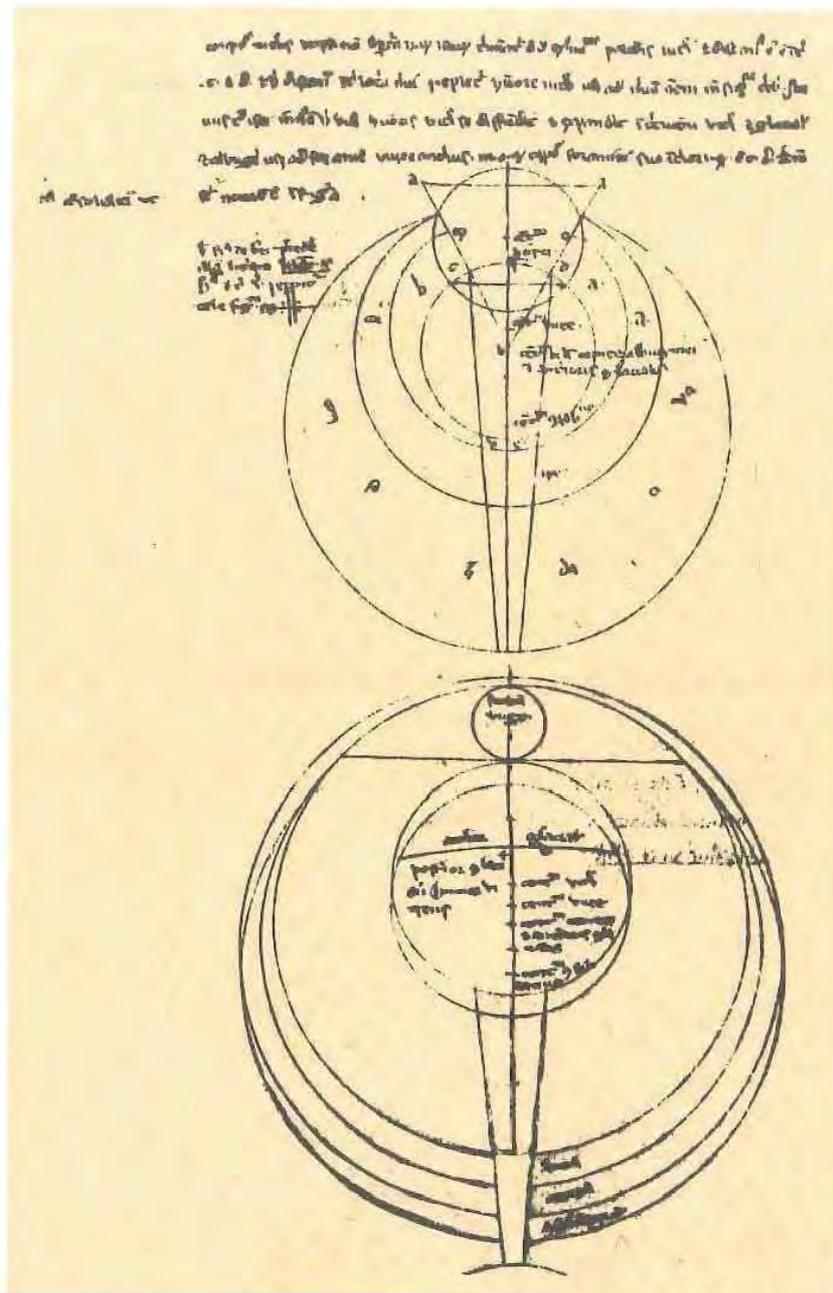
foto
foto



E. Ragozzino - R. Rinzivillo - E. Schettino

I MICROSCOPI DEL PASSATO

UNA INTRODUZIONE ALLO STUDIO DELLE QUALITÀ OTTICHE E
MECCANICHE DEI MICROSCOPI DEL MUSEO



MUSEO DEL DIPARTIMENTO DI SCIENZE FISICHE
UNIVERSITÀ DI NAPOLI FEDERICO II

E. Ragozzino - R. Rinzivillo - E. Schettino

I MICROSCOPI DEL PASSATO

*UNA INTRODUZIONE ALLO STUDIO DELLE QUALITÀ OTTICHE E
MECCANICHE DEI MICROSCOPI DEL MUSEO*

**MUSEO DEL DIPARTIMENTO DI SCIENZE FISICHE
UNIVERSITÀ DI NAPOLI FEDERICO II**

Questa pubblicazione è stata realizzata grazie ad un finanziamento concesso dal CNR - Comitato Nazionale Scienza e Tecnologia Beni Culturali - per il 1989.

Numerosi disegni e riproduzioni sono ripresi dal libro "The Microscope, Past and Present" del prof. S. Bradbury (Pergamon Press, 1968).
Ringraziamo l'Autore del libro per averci concesso di pubblicarli.

In copertina: Modello di occhio di Roger Bacon da *Opus majus*, XIII secolo.

© CUEN 1991
(Cooperativa Universitaria Editrice Napoletana)
Facoltà di Ingegneria - P.le V. Tecchio, 80
80125 NAPOLI

tel. 081/610426 5936667 7682337
fax 081/5936667

Finito di stampare nel mese di luglio 1991
dalla Litorama - Napoli

Sommario

Presentazione	5
1. Dalle prime lenti rudimentali all'invenzione degli occhiali correttivi	7
2. La nascita della microscopia ottica	9
3. L'ottica nei primi decenni del Seicento	13
4. Lo sviluppo della microscopia nella seconda metà del Seicento	17
5. I microscopi del Settecento	29
6. I primi obiettivi acromatici per microscopi	51
7. I microscopi del Museo	57
Note	69
Bibliografia	71

Presentazione

Nei quattro cataloghi museali sinora pubblicati* sono stati presentati e descritti gli apparecchi del Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli più rappresentativi per valore storico e stato di conservazione. Ci siamo successivamente proposti di realizzare altre pubblicazioni in cui gli strumenti del Museo fossero inseriti in un più ampio discorso sulla evoluzione delle conoscenze scientifiche. Una prima pubblicazione rispondente a questa impostazione è stata dedicata alle apparecchiature utilizzate da Macedonio Melloni per i suoi studi sulla radiazione termica;** esse non sono state considerate come strumentazione a se stante ma viste in stretto rapporto con quel generale processo evolutivo che, dalle iniziali esperienze sul "calore radiante", condusse, nella prima metà del secolo scorso, a svelare le proprietà che la radiazione termica ha in comune con la luce.

Proseguendo su questa strada abbiamo realizzato una seconda pubblicazione che proponiamo come introduzione allo studio delle qualità ottiche e meccaniche dei microscopi del Museo. Un'ampia parte di essa è dedicata a una ricostruzione storica nella quale, rifacendoci a fonti autorevoli, abbiamo voluto fissare, in una concatenazione logica di fatti e personaggi, le tappe fondamentali e i momenti più significativi della evoluzione della microscopia ottica dalle origini ai primi decenni dell'Ottocento; a integrazione della esposizione sono state inserite numerose schede monografiche fuori testo. Segue una rassegna dei microscopi del Museo le cui caratteristiche generali vengono esaminate anche in rapporto a problematiche, personaggi e proposte tecniche che a quella evoluzione sono strettamente legati.

* E. Ragozzino ed E. Schettino, "La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica - Gli strumenti ottici", Università degli Studi di Napoli, 1984.

E. Ragozzino ed E. Schettino, "La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica - Meccanica dei fluidi e termologia", Università degli Studi di Napoli, 1985.

E. Ragozzino ed E. Schettino, "La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica - Elettricità e magnetismo", Università degli Studi di Napoli, 1985.

E. Ragozzino ed E. Schettino, "Early Instruments of the Institute of Physics", University of Naples, 1988.

** E. Ragozzino, R. Rinziavillo ed E. Schettino, "La rivelazione della radiazione termica nella strumentazione di Macedonio Melloni", Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli, 1989.

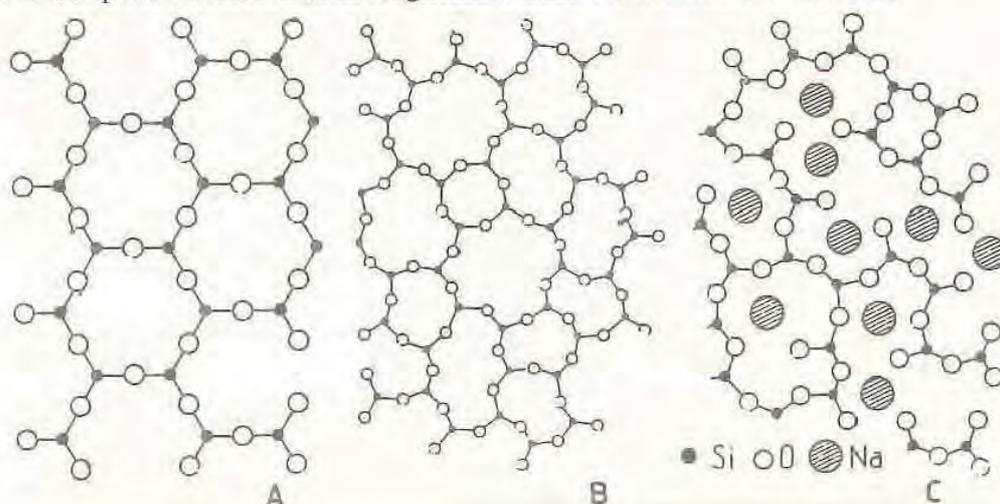
Il vetro

Una definizione di *sostanza vetrosa* riesce ancora difficile. Poiché molte sue caratteristiche (durezza, tenacità, ecc.) sono proprie di una sostanza solida mentre altre (struttura disordinata, isotropia) sono proprie dei liquidi, essa viene di solito definita come un liquido ad elevata viscosità, cioè un materiale fuso che col raffreddamento ha acquistato rigidità ma non l'ordinamento regolare che caratterizza i cristalli; a differenza di questi non presenta una ben definita temperatura di fusione: riscaldato, passa allo stato fuso rammollendo gradualmente.

Tra i composti che, fusi, possono dar luogo a sostanze vetrose quello di gran lunga più usato è la silice (SiO_2) nella cui struttura cristallina ciascuno degli atomi di ossigeno occupa uno dei vertici di un tetraedro conservando una valenza libera; di conseguenza i singoli tetraedri si legano tra loro mediante i vertici così che ogni atomo di ossigeno è comune a due tetraedri vicini (figura A). A seconda delle diverse distribuzioni spaziali dei tetraedri si hanno le varie forme cristalline della silice (quarzo, tridimite, cristobalite). Fondendo questi aggregati cristallini si ottiene un "liquido" nel quale i singoli elementi strutturali, pur collegati ancora l'uno all'altro, sono fortemente deformati; nel successivo raffreddamento il sistema presenta una notevole inerzia a riassumere la distribuzione ordinata che aveva prima della fusione. L'indurimento interviene senza che i singoli elementi abbiano assunto la disposizione tetraedrica ordinata (figura B): si ottiene così il *vetro di silice* o *silice vetrosa* che è un materiale molto costoso e di difficile lavorazione per la sua elevata temperatura di fusione.

La struttura della sostanza fusa risulta assai più disordinata, con i legami della catena spezzati in moltissimi punti (figura C), se prima della fusione alla silice si mescolano degli ossidi (di calcio, di sodio, di potassio, di piombo, ecc.). Si ottiene così una massa che inizia a rammollire a temperatura più bassa ed è meno viscosa e più facilmente lavorabile.

Il *vetro d'ottica*, cioè il vetro destinato alla costruzione degli elementi che compongono i sistemi ottici di pregio, deve rispondere a numerosi requisiti: ottima trasparenza, isotropia, omogeneità (con assenza di bolle e strie), assenza di tensioni interne e capacità di subire la lavorazione a freddo fino a perfetta pulitura; le asperità superficiali, in particolare, devono essere ridotte a una piccola frazione della lunghezza d'onda della radiazione incidente.



1. Dalle prime lenti rudimentali all'invenzione degli occhiali correttivi

La scoperta del vetro si è rivelata di grande portata per l'umanità. Potendo essere modellato nelle forme più varie, esso è stato impiegato nella fabbricazione di oggetti di larghissimo uso e con applicazioni diversissime; per il progredire delle scienze, in particolare, il vetro ha svolto un ruolo importantissimo perché ha consentito la realizzazione di strumenti grazie ai quali, a partire dal secolo XVII, si è determinata una rapida evoluzione delle conoscenze in molti campi.

Le lenti erano certamente note nell'antichità, nel senso che era conosciuta a molti la capacità di globuli di sostanze vetrose e di bocce riempite di acqua di produrre immagini ingrandite; un riferimento a tale effetto vi è, ad esempio, in uno scritto di Seneca (primo secolo d.C.). Ma anche l'impiego della lente come lente ustoria e come lente d'ingrandimento doveva essere noto, come si rileva da alcuni testi classici (Aristofane, Plinio il Vecchio) e come provano alcuni ritrovamenti di lenti in tombe romane e l'esistenza di lavori di tale finezza da indurci a pensare che essi non sarebbero stati possibili senza l'aiuto di una lente d'ingrandimento.

Queste prime lenti erano rudimentali, di sostanza vetrosa o di cristallo di rocca, lontane dall'avere qualità ottiche sufficienti a produrre delle buone immagini. Manca tuttavia negli antichi testi classici a noi noti qualsiasi riferimento al fatto che venissero tagliate delle lenti con lo scopo ben preciso di determinare un ingrandimento; non si sapeva, del resto, con quali criteri si dovesse operare per ottenere un buon ingrandimento dal momento che il principio fisico alla base del fenomeno non era, a quel tempo, conosciuto.

Bisogna attendere la fine del secolo XIII per i primi espliciti riferimenti all'utilizzazione pratica delle lenti; una testimonianza illustre è del grande filosofo e scienziato inglese Roger Bacon il quale, constatando che attraverso un mezzo trasparente delimitato da una superficie sferica gli oggetti appaiono più grandi, osserva che "questo strumento è utile per le persone anziane e per quanti hanno la vista debole". Questa affermazione ci fa capire che egli aveva già delle idee chiare sull'uso delle lenti per la correzione dei difetti dell'occhio; del resto il suo grande interesse per le scienze naturali lo portò a

precorrere altre scoperte o invenzioni che si sarebbero realizzate alquanto più tardi.

Sull'invenzione degli occhiali correttivi non si hanno notizie sicure. Già attribuito da tutta una tradizione di studiosi al frate Alessandro della Spina, morto nel 1313, il merito dell'invenzione fu poi erroneamente rivendicato al fiorentino Salvino degli Armati, anch'egli vissuto intorno al 1300. Oggi si propende a credere che il merito sia stato di un ignoto vetraio veneziano del secolo XIII pur riconoscendosi che fra' Alessandro si adoperò molto per propagandare e diffondere gli occhiali. Questi divennero di uso comune già nel secolo XIV, come è testimoniato da un affresco del 1352, nella Chiesa gotica di S. Nicolò in Treviso, ove si vede un religioso che legge con gli occhiali.

2. La nascita della microscopia ottica

Nei secoli XIII e XIV era ormai nota la proprietà delle lenti più spesse al centro che al bordo, cioè delle lenti che oggi chiamiamo “convergenti”, di produrre un effetto di ingrandimento e di correggere alcuni difetti dell’occhio. Non si può tuttavia affermare che fosse nata la microscopia ottica dal momento che queste lenti avevano una curvatura relativamente piccola, con una distanza focale di 10 cm ed oltre, così che ne risultava un ingrandimento visuale molto debole. Perché l’osservazione di insetti, foglie e fiori attraverso una lente potesse suscitare un vero interesse scientifico occorre che ingrandimenti ben più rilevanti; e questo, verosimilmente, non avvenne sino ai primi anni del secolo XVII.

Ci si chiede inevitabilmente a questo punto perché siano trascorsi circa tre secoli fra l’invenzione degli occhiali e l’inizio dell’era della microscopia ottica. Che l’ingrandimento visuale prodotto da una singola lente convergente è tanto più elevato quanto più grande è la curvatura delle superfici che la delimitano è un fatto a noi ben noto, ma nei secoli XV e XVI, in assenza di studi teorici sulle proprietà delle lenti¹, questo concetto fu acquisito solo gradualmente ed empiricamente.

Una volta compreso il principio, si cercò di costruire piccole lenti a curvatura via via maggiore, il che richiedeva un lungo lavoro di molatura del vetro, operazione a quel tempo tutt’altro che facile. Una soluzione più semplice consisteva nell’utilizzare come lente la piccola perla di vetro che si forma durante l’operazione di soffiatura, ma l’uso di una lente di tal genere comportava immagini notevolmente distorte per via delle forti aberrazioni introdotte.

L’osservazione del “molto piccolo”, e l’interpretazione dei risultati che tale osservazione fornisce, sono legati all’uso di due distinti strumenti: il *microscopio semplice* e il *microscopio composto*. Il primo è costituito da un unico sistema ottico convergente, il secondo da due distinti sistemi convergenti, l’*obiettivo* e l’*oculare*, disposti sullo stesso asse ottico, ad una distanza notevolmente maggiore della somma delle due distanze focali. Per i principi alla base del funzionamento di questi apparecchi rimandiamo alle schede relative.

Risalire alle origini della microscopia ottica è impresa ardua perché i documenti storici sono scarsi, imprecisi e spesso contraddittori. Si può dire con certezza che l'origine del microscopio composto è strettamente connessa con quella del cannocchiale dal momento che i primi rudimentali microscopi composti non erano che cannocchiali accomodati per l'osservazione da vicino.

Il primo cannocchiale sarebbe stato costruito in Olanda, all'inizio del XVII secolo, da occhialai fiamminghi, forse Hans Lippershey insieme con Zacharias Janssen. Si conserva ancora il documento, del 1608, con il quale gli Stati Generali dei Paesi Bassi accolsero la domanda di brevetto presentata dal Lippershey. La notizia della nuova invenzione corse rapidamente e giunse a Galileo che, solo sulla base di vaghe indicazioni ricevute, costruì i suoi primi telescopi. In questi l'oculare era costituito da una lente divergente ed è molto probabile che egli, così facendo, non abbia che ripreso il sistema olandese.

Sebbene si sia quasi certi che Galileo non ne fu l'inventore, è invalso l'uso di indicare come "galileiano" ogni strumento ottico in cui l'oculare sia costituito da una lente divergente; è questa, tuttavia, una denominazione tutt'altro che impropria dal momento che Galileo fu il primo a servirsi di uno strumento di questo tipo per osservazioni in campo astronomico². Egli, inoltre, fu il primo a scoprire che lo strumento può essere adattato all'osservazione da vicino con un aumento opportuno della distanza fra l'obiettivo e l'oculare, ed il primo ad utilizzare l'apparecchio, così aggiustato, per osservazioni microscopiche, sia pure discontinue e occasionali. Le testimonianze al riguardo non mancano. Lo stesso Galileo, nel *Saggiatore*, scritto a partire dal 1619 e pubblicato nel 1623, accenna a "un telescopio accomodato per vedere oggetti vicinissimi".

Usato come microscopio, il sistema galileiano presentava gravi inconvenienti: grande distanza fra le due lenti, con l'obbligo di usare tubi molto lunghi, e quindi assai scomodi, e un campo di visione molto ristretto. Essi fecero sì che questo tipo di strumento cadesse presto in disuso, superato nettamente in prestazioni dal microscopio "kepleriano", e non avesse più un posto di rilievo nello sviluppo ulteriore della microscopia ottica.

I cannocchiali a visione rovesciata, nei quali l'oculare è costituito da un sistema ottico convergente, realizzarono una notevole riduzione nelle dimensioni del tubo e un considerevole aumento del campo di visione e dell'ingrandimento visuale. Il sistema fu ideato da Johannes Kepler che ne formulò la

teoria geometrica suggerendo anche il primo metodo per il raddrizzamento delle immagini. Anche con uno strumento “kepleriano” un aumento progressivo della distanza fra l’obiettivo e l’oculare, in rapporto alle due distanze focali, consente l’osservazione di oggetti via via più vicini; opportunamente adattato, esso può dunque funzionare da microscopio composto. Pare che il primo a realizzare un microscopio di questo tipo sia stato, intorno al 1619, l’olandese Cornelius Drebbel. È certo che non pochi strumenti da lui costruiti circolarono in Europa e che Galileo ebbe modo di esaminarne uno a Roma nel 1624. Testimonianze scritte fanno riferimento all’ingrandimento, notevole per quei tempi, prodotto da questi apparecchi ed al fatto che essi erano di tipo diverso da quello “galileiano”.

Anche alla diffusione ed al perfezionamento di questi primi microscopi kepleriani, ed alla loro utilizzazione come strumenti di studio, Galileo diede un considerevole contributo. Egli costruì numerosi strumenti di questo tipo dei quali fece dono a vari personaggi. La lettera del 23 settembre 1624, con la quale accompagnò lo strumento inviato all’accademico dei Lincei Federico Cesi³, costituisce, in assenza di prove più dirette (nessuno dei microscopi costruiti da Drebbel o da Galileo è giunto sino a noi) un documento di grande interesse. In essa lo strumento viene definito come “un occhialino per vedere da vicino le cose minime” e vengono fornite istruzioni sul modo di usarlo correttamente⁴. Dalla stessa lettera apprendiamo che con i microscopi da lui costruiti Galileo si dilettava a osservare gli insetti più diversi: sono queste le prime osservazioni microanatomiche di cui si abbia notizia. E sono merito di un altro studioso italiano, Francesco Stelluti, i primi studi in tal senso condotti, intorno al 1625, con intendimenti più dichiaratamente scientifici⁵.

In quanto all’origine del nome “microscopio” sembra certo che sia stato un altro Linceo, Johannes Faber⁶, a suggerire questo nome per lo strumento che Galileo, il quale rifuggiva dai neologismi, chiamava “occhiale”, “occhialino” e “cannoncino” e che altri chiamavano anche “perspicillum” (dal latino “perspicere”, vedere attraverso).

Per le caratteristiche stesse dello strumento assai meno definibili nel tempo sono le origini del microscopio semplice. È stato ricordato che l’effetto di ingrandimento prodotto da una lente più spessa al centro che al bordo era già noto nel secolo XIII; ma perché si realizzasse il primo vero microscopio semplice bisognò che una lente biconvessa o piano-convessa, con curvatura relativamente grande, venisse fissata all’estremità di un corto tubo montato

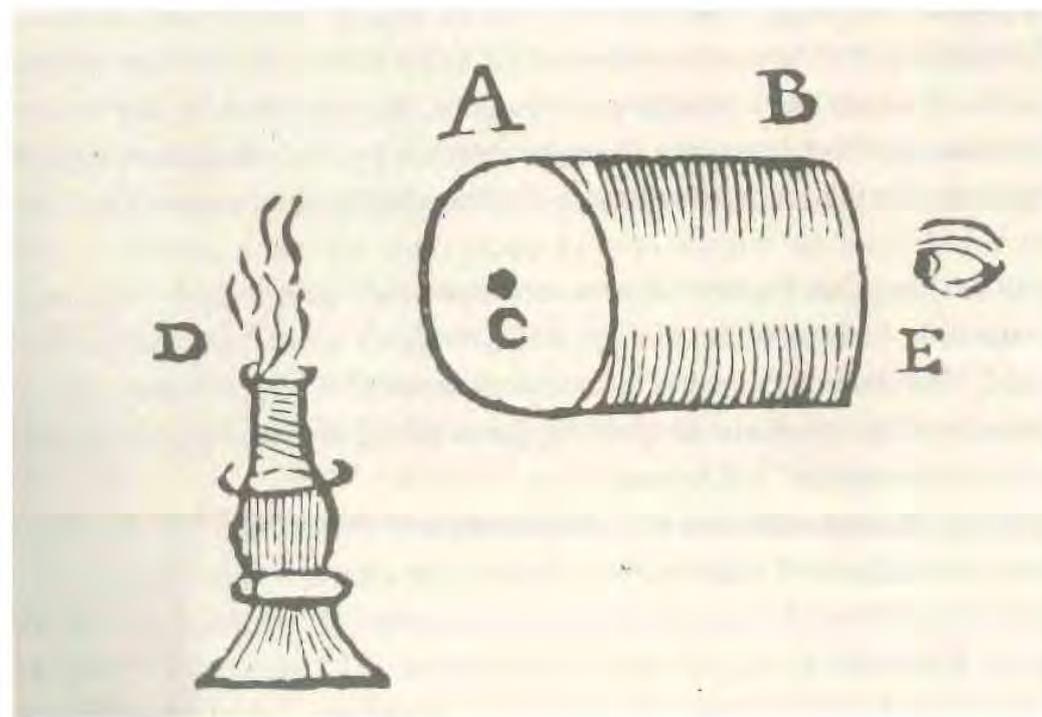


Fig. 1

su di un supporto. E non abbiamo alcun elemento per stabilire quando questo sia avvenuto, e ad opera di chi. I primi microscopi semplici di cui si abbia notizia sicura risalgono alla prima metà del secolo XVII e furono chiamati “vitra pulicaria” (letteralmente: “vetri per pulci”) perché comunemente usati per esaminare insetti. La denominazione fu mantenuta per i piccoli microscopi semplici costruiti sino alla fine del secolo XVIII. Una delle prime raffigurazioni di uno strumento di tal genere è in *Ars magna lucis et umbrae*, del 1646, una delle moltissime opere dell’erudito gesuita Athanasius Kircher (fig. 1).

3. L'ottica nei primi decenni del Seicento

Agli inizi del secolo XVII, immediatamente prima che Kepler gettasse le basi per una scienza nuova, le conoscenze di ottica non erano molto più avanzate delle nozioni empiriche contenute nell'ottica di Euclide (c. 300 a.C.) e in quella di Tolomeo (c. 150 d.C.) ove sono enunciate alcune semplici proposizioni (ad esempio sulla propagazione rettilinea della luce) e descritte alcune esperienze con i prismi e gli specchi piani e sferici. Sino alla fine del Cinquecento non si fecero sostanziali progressi; molti secoli trascorsero quasi invano dal momento che i pochi tentativi di interpretare i fenomeni di riflessione e rifrazione non portarono, di fatto, ad alcuna conclusione⁷.

Le conoscenze di ottica agli inizi del Seicento non andavano dunque al di là di alcune nozioni sostanzialmente qualitative. La semplice legge geometrica della riflessione era nota⁸ ed erano conosciute alcune proprietà degli specchi sferici, in particolare quelle ustorie; era però del tutto ignoto il meccanismo legato alla formazione delle immagini da parte di una superficie riflettente, sia sferica che piana. Il fenomeno della rifrazione era ben conosciuto ma non erano note le leggi che lo regolano; di conseguenza il principio fisico alla base del funzionamento di una lente era completamente sconosciuto e, del resto, le lenti erano note solo come mezzo per correggere la miopia e la presbiopia; peraltro non si aveva alcuna idea sulla natura e sulle cause di questi difetti visivi. Da tali considerazioni scaturisce una prima riflessione: la scoperta che un sistema di lenti, opportunamente combinate, consente una visione "ingrandita" di oggetti lontani e vicini, scoperta che aveva condotto in quegli anni alla invenzione del cannocchiale e del microscopio composto, non poteva che essere stata casuale.

Secoli di studi e di discussioni avevano condotto la scienza ufficiale del Cinquecento a considerare la luce come un'entità "passiva" del tutto condizionata dai corpi che la emettono. Questi la proietterebbero tutt'intorno sotto forma di "specie" o "simulacri" che, entrando *direttamente* nella pupilla, consentirebbero di vedere ciò che è realmente intorno a noi. La teoria godeva ancora di larghissimo credito agli inizi del Seicento e conduceva, inevitabilmente, al rifiuto delle lenti: porre una lente sul cammino delle "specie" non poteva avere altro effetto che quello di deformare la visione, così come

rimpicciolite, ingrandite, capovolte o distorte appaiono le figure cui danno luogo gli specchi curvi. Tali idee fecero sì che, almeno in un primo tempo, il cannocchiale ed il microscopio venissero considerati con diffidenza se non con ostilità.

Se di lì a poco le cose sarebbero mutate, molto merito va a Galileo. Egli fu il primo a concludere che si doveva “credere” in ciò che si vedeva nel cannocchiale e, nel *Sidereus Nuncius*, edito nel marzo del 1610, esponendo i risultati delle sue prime osservazioni astronomiche effettuate con il nuovo strumento, rese pubblica questa sua convinzione. Di fronte all’ambiente accademico che, quasi compatto, si schierò contro di lui, Galileo difese con tenacia le sue idee trovando presto un alleato in Kepler. Questi, avendo effettuato delle osservazioni con il cannocchiale “galileiano”, si rese conto della “verità” delle nuove scoperte e riconobbe ufficialmente che Galileo aveva ragione.

Le conferme teoriche non tardarono a giungere, per merito dello stesso Kepler. Nel 1604 egli aveva già fornito una prima corretta interpretazione del meccanismo della visione, considerando l’occhio come una camera oscura ed il cristallino come la lente che proietta sulla retina le immagini rovesciate degli oggetti osservati; era giunto inoltre molto vicino alla scoperta della legge fondamentale della rifrazione che sarebbe stata enunciata poco più tardi dal matematico olandese Willebrord Snell. Nella *Dioptrice*, pubblicata nel 1611, Kepler portò a termine la sua opera di profonda revisione dando una teoria geometrica delle lenti della quale si servì per spiegare il funzionamento dei due tipi di cannocchiale. Queste nuove concezioni finirono con il modificare, sia pure gradualmente, le idee dominanti così che, nel giro di qualche decennio, il cambiamento fu radicale.

Del generale progresso teorico-scientifico trassero vantaggio gli strumenti ottici in generale e quelli destinati alla osservazione microscopica in particolare. La possibilità di avvalersi di un supporto teorico fece sì che dall’empirismo puro dei primi decenni dell’era della microscopia si passasse a tentativi di perfezionamento via via più “ragionati”, che però, inevitabilmente, dovevano misurarsi con la povertà tecnologica di quei tempi. I primi cannocchiali e microscopi del XVII secolo offrivano, dal punto di vista ottico, prestazioni molto mediocri, sia per la imperfetta lavorazione delle lenti sia per la presenza di bolle d’aria nel vetro che rendeva questo di qualità molto scadente. Non migliori erano le qualità meccaniche; i tubi erano in legno o

in cartone, i sistemi per la messa a fuoco rudimentali, la stabilità dello strumento molto precaria; mancava inoltre nei microscopi un sistema autonomo per la illuminazione dell'oggetto così che immagini sufficientemente luminose potevano ottenersi solo esponendo l'oggetto alla luce del sole.

Furono questi i problemi tecnici che, a partire dalla metà del secolo XVII, i progettisti ed i costruttori di microscopi dovettero affrontare e cercare di risolvere.

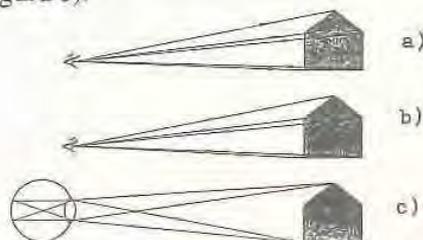
Le prime teorie della luce e della visione

La qualità principale che i filosofi greci riconoscevano alla luce era quella di eccitare la visione. La teoria dominante faceva capo alla Scuola Pitagorica ed era fondata sui "raggi visuali" che, balzando fuori dell'occhio, ricadrebbero sugli oggetti rilevandone la forma ed il colore. Essa trovò consacrazione ufficiale nelle due opere-guida che influenzarono grandemente la scienza della luce nei secoli successivi: l'*Ottica* di Euclide (circa 300 a.c.) e l'*Ottica* di Tolomeo (circa 150 d.c.). Per spiegare perché un oggetto venisse visto in tutto il suo insieme si ricorreva al concetto della *piramide visuale*, costituita da un fascio omocentrico di raggi visuali avente il vertice nell'occhio e la base nell'oggetto osservato (figura a).

Lo scienziato arabo Alhazen, vissuto a cavallo dei secoli X e XI, respinge la concezione pitagorica ed euclidea dei raggi visuali emessi dall'occhio. Egli afferma che la luce è una qualità oggettiva delle cose e, come tale, è capace di manifestarsi "all'esterno". La luce "avvolge" l'occhio e la visione non è determinata da raggi visuali che partono dall'occhio ma dalla luce che entra in esso. In ogni direzione la luce è emessa dai corpi luminosi e riflessa da quelli illuminati; di conseguenza, un osservatore che volga lo sguardo verso un corpo riceve raggi da ogni punto di esso. Benché la sua concezione della luce sia diversa da quella euclidea, l'Alhazen adotta ancora la *piramide visuale*; in essa, però, i raggi visuali che, partendo dall'occhio, giungono sull'oggetto vengono sostituiti da raggi luminosi che compiono il percorso inverso (figura b).

Nel Medioevo fioriscono in Europa autorevoli scuole di ottica che, rifacendosi all'opera dell'Alhazen, ne rielaborano le idee in termini metafisici. La propagazione della luce viene vista come il mezzo con cui tutti gli agenti attivi, ossia i corpi luminosi o illuminati, diffondono la loro "forza" o "virtù". Una rielaborazione ulteriore di queste idee conduce nei secoli XV e XVI alla teoria delle "specie" o "simulacri" che i corpi luminosi e illuminati proietterebbero tutt'intorno e che introdurrebbero nell'occhio le forme ed i colori degli oggetti osservati. I tentativi di Giambattista Della Porta e di altri di interpretare, sulla base di tali idee, i fenomeni di riflessione e rifrazione, e il meccanismo della visione, poggiano su argomentazioni fumose e complicate, pressoché incomprensibili per uno studioso moderno.

Si deve attendere l'inizio del secolo XVII perché, con Johannes Kepler, l'ottica cambi completamente volto. Egli è il primo a fornire una interpretazione corretta dei fenomeni di riflessione e rifrazione e del meccanismo della visione; l'occhio è considerato come una camera oscura sulla cui superficie interna si formano le immagini rovesciate degli oggetti osservati. Tutti i punti di un corpo luminoso sono sorgenti di raggi divergenti in ogni direzione così che alla *piramide visuale* si sostituisce un insieme di fasci omocentrici avente ciascuno il vertice in un punto dell'oggetto e la base nella pupilla dell'occhio (figura c).



4. Lo sviluppo della microscopia nella seconda metà del Seicento

Nella seconda metà del secolo XVII contributi molto significativi alla evoluzione tecnica della microscopia ottica vennero dal fisico e matematico inglese Robert Hooke (1635-1703) e dal naturalista olandese Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723). Benché contemporanei, essi si dedicarono a studi, progettazioni e realizzazioni diversi perché avevano idee differenti sul microscopio ottico; mentre l'inglese fissò la sua attenzione soprattutto sul microscopio composto, l'olandese, mettendo a frutto anche esperienze fatte da Hooke e da altri, preferì occuparsi di quello semplice. Pur procedendo su strade diverse, entrambi diedero un grandissimo impulso alla microscopia in generale perché, oltre a costruire strumenti di notevole pregio (quelli di Hooke soprattutto per le caratteristiche meccaniche, quelli di Leeuwenhoek per la qualità delle lenti), furono, insieme con il grande anatomista italiano Marcello Malpighi (1627-1694)⁹ e con il medico e naturalista inglese Nehemiah Grew (1641-1712)¹⁰, i primi ad effettuare con il microscopio osservazioni sistematiche. I risultati di queste ricerche ebbero vasta risonanza e stimolarono grandemente l'interesse degli studiosi verso il nuovo mezzo d'indagine.

Hooke, una delle più eminenti personalità scientifiche inglesi del XVII secolo, riscosse nel campo della meccanica i suoi maggiori successi studiando diversi fenomeni e ideando e perfezionando un gran numero di strumenti e dispositivi vari¹¹. Divenuto membro della Royal Society nel 1662, fu nominato "curatore di esperimenti" l'anno successivo e in questa veste fu invitato a proseguire nei suoi studi di microscopia, che egli aveva da poco intrapreso, e a presentare nel più breve tempo possibile i risultati delle sue osservazioni. Il lavoro fu condotto a termine nel 1665, anno in cui fu pubblicata la *Micrographia*, uno dei primi documenti iconografici prodotti per mezzo del microscopio. In essa vengono presentati un certo numero di disegni riproduttori con fedeltà le immagini osservate al microscopio¹²; i disegni, eseguiti da Hooke medesimo, ritraggono insetti, foglie e piccoli oggetti. L'apparecchio con cui le osservazioni furono effettuate fu ideato dallo stesso Hooke ed era, rispetto ai microscopi realizzati in quel periodo nel Continente, di concezione totalmente nuova.

Lo strumento non è giunto sino a noi; ne abbiamo però un disegno molto dettagliato pubblicato nella stessa *Micrographia* (fig. 2). Il corpo del microscopio, lungo circa 15 cm e probabilmente in cartone rivestito, era lateralmente montato, per mezzo di un giunto a sfera, su di una barretta verticale mobile lungo una guida; l'oculare era munito di un paraluce che proteggeva l'occhio dalla luce laterale che disturba la visione, tenendolo al tempo stesso alla giusta distanza dal sistema ottico; l'obiettivo, costituito da un'unica piccola lente, era collegato con un cilindretto filettato, girevole in una madrevite, che consentiva la realizzazione della messa a fuoco.



Fig. 2

Ma gli elementi più interessanti sono rappresentati dal portaoggetti, piuttosto sofisticato, e dal sistema di illuminazione. L'oggetto veniva fissato a una puntina montata su di una colonnina sostenuta eccentricamente da un disco rotante; la rotazione del disco e lo spostamento lungo la guida dello stativo permettevano di modificare in larga misura la direzione di osservazione. Il sistema di illuminazione era costituito da una lampada, da un globo di vetro pieno d'acqua e da una lente piano-convessa portata da un braccio

snodabile: la luce concentrata sulla lente dal globo poteva essere focalizzata nel punto in cui era situato l'oggetto.

Gli elementi innovativi rispetto ai microscopi del Continente appaiono ben evidenti se si fa il confronto con alcuni tipici strumenti realizzati nello stesso periodo dai microscopisti italiani, i quali, fra i costruttori continentali di quel tempo, si distinsero per la ricchezza e l'originalità della loro produzione, acquistando presto fama europea. Essi operarono soprattutto a Roma ove, a iniziare da Galileo e dai Lincei, l'interesse per la microscopia era stato sempre molto vivo.

La *fig. 3* riproduce un microscopio di Eustachio Divini (1610-1685)¹³ ancora piuttosto rudimentale. Lo strumento, databile intorno al 1665, è sostenuto da un piccolo treppiede ed è costituito da una serie di tubi di cartone scorrevoli l'uno nell'altro. Di epoca posteriore, e più raffinato, è l'apparecchio di *fig. 4*, anch'esso italiano ma di incerta attribuzione. Il corpo, in legno tornito, termina inferiormente con un cilindro filettato la cui madrevite è costituita dal collare formante la parte superiore del treppiede di sostegno; la rotazione del cilindro consentiva di modificare la distanza fra l'oggetto e l'obiettivo e quindi di realizzare la messa a fuoco.

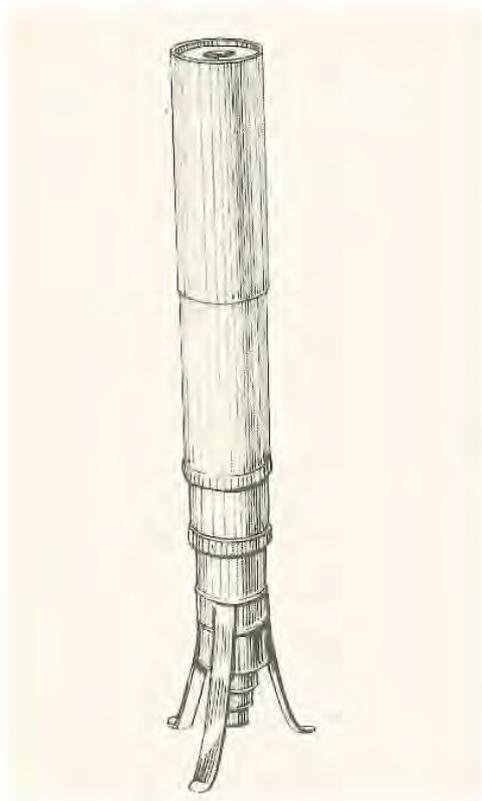


Fig. 3



Fig. 4

Caratteristiche pressoché eguali hanno i microscopi di *fig. 5*, erroneamente attribuiti a Galileo, e risalenti, più verosimilmente, alla seconda metà del secolo¹⁴. Con tutti questi apparecchi, prototipi dei *microscopi a treppiede* del Settecento, l'osservazione era possibile per diffusione; mancavano però un portaoggetti e un sistema di illuminazione integrato nello strumento¹⁵.

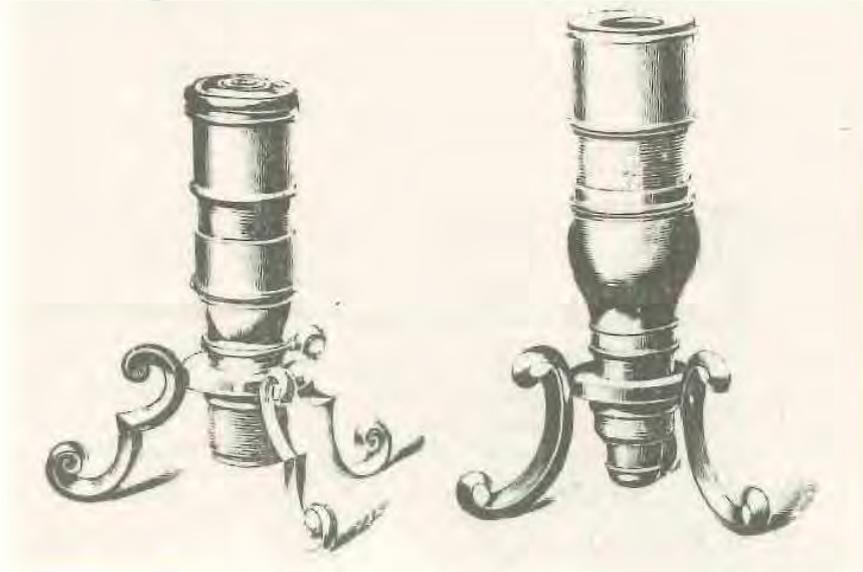


Fig. 5

Di concezione più avanzata appaiono i microscopi costruiti da Giuseppe Campani (1635-1715)¹⁶. La maggior parte degli strumenti da lui prodotti possono considerarsi come i prototipi dei *microscopi a tamburo* o *a cilindro* del Settecento. Di essi sono giunti sino a noi numerosi esemplari; sono apparecchi con caratteristiche non molto dissimili e dimensioni piuttosto ridotte (lunghezza intorno a 10-15 cm). L'esemplare riprodotto in *fig. 6* è descritto negli *Acta Eruditorum* del 1686 e mostra chiaramente le qualità tipiche di questi strumenti.



Fig. 6

Gli elementi più interessanti sono costituiti dalla doppia filettatura, che consentiva di modificare sia la distanza fra l'oculare e l'oggetto sia la distanza fra l'oculare e l'obiettivo, e il piatto circolare su cui poggiava il microscopio e che fungeva da portaoggetti; su questo i campioni venivano fissati mediante dei ganci a molla. L'osservazione era possibile sia per diffusione che in trasparenza; i preparati trasparenti si potevano esaminare attraverso il foro, al centro del piatto, con lo strumento rivolto verso una sorgente di luce. Una tavola pubblicata negli stessi *Acta* mostra come questo microscopio potesse essere impiegato anche in studi di anatomia umana (fig. 7).



Fig. 7

In fig. 8 è riprodotto un esemplare di datazione più recente; come si vede, i tubi filettati sono sostituiti da tubi telescopici, ossia scorrevoli l'uno nell'altro.

Il microscopio di Hooke che abbiamo descritto, e gli altri che furono da lui successivamente progettati, sono i prototipi dei *microscopi a colonna laterale* del Settecento e dei primi decenni dell'Ottocento. Delle tre soluzioni tecniche adottate a partire dalla seconda metà del secolo XVII (a treppiede,

a cilindro, a colonna laterale) la terza finì con il prevalere verso la fine del Settecento. Si può dire che i moderni apparecchi derivino, per evoluzione graduale, dai microscopi a colonna laterale.



Fig. 8

Non possiamo concludere queste note sui microscopi composti della seconda metà del Seicento senza ricordare l'interessantissima strumentazione ideata e realizzata da Filippo Bonanni verso la fine del secolo. Dell'apparecchio, che è andato perduto, abbiamo una dettagliata rappresentazione grafica in *Micrographia curiosa*, opera dello stesso Bonanni edita nel 1691 (fig. 9).

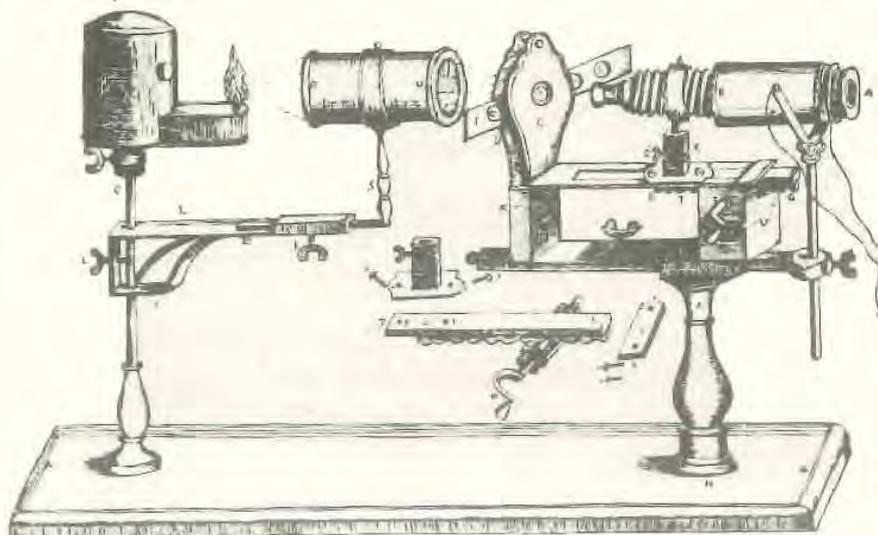


Fig. 9

È indubbio che esso è di concezione rivoluzionaria, presentando, nella meccanica e nel sistema di illuminazione, soluzioni tecniche d'avanguardia. Il microscopio aveva l'asse ottico orizzontale ed era tenuto da un sostegno mobile lungo una guida grazie a un meccanismo a cremagliera; la disposizione dello strumento ottico assicurava comode condizioni per l'osservazione mentre lo spostamento lungo la guida consentiva di non perdere l'allineamento con il campione durante l'operazione di messa a fuoco. Nel sistema di illuminazione veniva per la prima volta introdotto il condensatore ottico, realizzato mediante due lenti convergenti eguali, in condizioni telescopiche, poste alle estremità di un tubo cilindrico orizzontale. Faceva anche la sua comparsa il portacampioni nella forma in cui sarebbe stato in seguito largamente usato: una piastrina recante una serie di fori allineati destinati a incapsulare preparati trasparenti. L'apparecchio di Bonanni, molto sofisticato, è assai più avanzato del microscopio di Hooke anche per i materiali utilizzati: vengono largamente impiegati legno e metalli, come del resto era richiesto dalla complessa struttura dello strumento.

Con i microscopi composti costruiti nella seconda metà del secolo XVII si realizzò certamente un notevole progresso rispetto a quelli dell'era pionieristica, ma il miglioramento riguardò essenzialmente la struttura meccanica. Benché si fosse determinato un certo avanzamento nelle tecniche di lavorazione delle lenti, le prestazioni ottiche erano ancora scadenti sia per la qualità del vetro sia per i fenomeni di distorsione e cromatismo cui le lenti, non corrette, davano luogo e dei quali erano responsabili soprattutto gli obiettivi. Infatti l'obiettivo di un microscopio composto è un sistema ottico che riceve fasci luminosi di grande apertura così che l'aberrazione di sfericità e quella cromatica sono molto forti a meno che non siano opportunamente corrette; l'ingrandimento dell'oculare non fa che esaltare la distorsione e il cromatismo prodotti dall'obiettivo.

Le considerazioni da fare per il microscopio semplice sono differenti e partono dalla constatazione che all'aberrazione cromatica e a quella di sfericità vi è un rimedio molto semplice, consistente nel diaframmare la lente, cioè nel porre molto vicino ad essa uno schermo con un foro al centro; in questo modo i raggi periferici vengono intercettati e non contribuiscono alla formazione dell'immagine, che risulta così praticamente esente da aberrazione sferica; ma anche il cromatismo è sensibilmente ridotto¹⁷. Nel microscopio semplice a ridurre le aberrazioni provvede la pupilla dell'occhio; anche se la

lente non è corretta, la qualità dell'immagine può risultare molto buona, almeno in corrispondenza dell'asse ottico; perifericamente, invece, può esservi notevole distorsione a causa dell'astigmatismo e della curvatura del campo determinati dai raggi più inclinati che partono dall'oggetto e attraversano la pupilla.

Si trae da queste considerazioni la conclusione che, con lenti non corrette, un microscopio semplice può fornire prestazioni ottiche migliori di un microscopio composto. Questa conclusione, certamente valida per gli strumenti prodotti nella seconda metà del Seicento e in quasi tutto il secolo successivo, giustifica le scelte di molti costruttori di quel tempo che, a partire da van Leeuwenhoek, rivolsero prevalentemente la loro attenzione al microscopio semplice, e la predilezione che molti studiosi dello stesso periodo ebbero per tale strumento; naturalmente queste scelte, che non erano fondate su considerazioni teoriche (i primi studi teorici sui difetti delle lenti sarebbero stati condotti intorno alla metà del secolo XVIII) ma dettate solo da riscontri empirici, furono suggerite anche dagli altri vantaggi che il microscopio semplice presentava: il piccolo ingombro e il costo molto contenuto.

Il microscopio semplice conobbe così un lungo periodo di grande fortuna, malgrado alcuni seri inconvenienti che il suo uso comportava. Infatti, perché si potesse ottenere, con un'unica lente, un forte ingrandimento, bisognava che la lente avesse una piccolissima distanza focale, risultato raggiungibile solo con lenti molto piccole e a forte curvatura. La lente andava quindi posta vicinissima al preparato, con l'occhio addossato ad essa, e queste condizioni di osservazione, oltre a interferire con una buona illuminazione dell'oggetto, nel caso in cui questo fosse opaco, rendeva molto scomoda l'osservazione stessa e stancava l'occhio del microscopista. Di ciò si rese conto Hooke che, avendo provato ad utilizzare il microscopio semplice, rinunciò definitivamente ad usarlo, pur non disconoscendone le qualità ottiche.

Le lenti usate da van Leeuwenhoek per i suoi microscopi semplici erano di qualità eccellente ed erano da lui stesso prodotte usando come materia prima granelli di sabbia silicea mescolati a quarzo¹⁸. Piuttosto che semplici globuli di vetro soffiato egli preferì usare lenti in forma biconvessa, ottenute dopo accurato e paziente lavoro di molatura, operazione in cui si dimostrò particolarmente abile. Le sue convinzioni poggiavano solo su osservazioni empiriche ma erano del tutto legittime ed avrebbero trovato in seguito ampia

conferma teorica. La *fig. 10* ce ne dà una semplice e immediata giustificazione. La lente biconvessa *b* soddisfa alle approssimazioni di Gauss assai meglio che la lente sferica *a*, benché le superfici che la delimitano abbiano la stessa curvatura della sfera; di conseguenza, mentre l'ingrandimento visuale è per le due lenti pressappoco lo stesso, nell'immagine l'area con aberrazioni

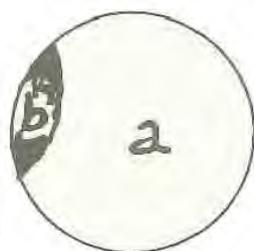


Fig. 10

accettabili è molto più ampia per la prima che per la seconda lente.

Le lenti costruite da van Leeuwenhoek, con procedure che non sono del tutto note, poiché egli fu sempre molto restio a pubblicizzarle, avevano dimensioni estremamente ridotte, con un raggio di curvatura di qualche millimetro; l'ingrandimento era, di conseguenza, molto elevato. Degli oltre cinquecento microscopi costruiti da van Leeuwenhoek solo nove, sicuramente attribuibili a lui, sono giunti sino a noi. Avendone esaminato attentamente le lenti, si è potuto stabilire che essi forniscono ingrandimenti visuali compresi fra 80 e 300 circa, con distorsioni abbastanza piccole ed un potere risolutivo sorprendentemente alto (2-3 μm), assai prossimo al massimo valore teorico calcolabile per questo tipo di lente!

Le qualità meccaniche dei microscopi di van Leeuwenhoek non erano pari a quelle ottiche. In *fig. 11* è riprodotto, a grandezza quasi naturale, uno di questi apparecchi. La piccola lente è incastrata in una piastrina metallica, in corrispondenza di una puntina cui veniva fissato il campione. La vite più lunga regolava gli spostamenti verticali mentre la piccola vite orizzontale consentiva la messa a fuoco, modificando in qualche misura la distanza dell'oggetto dalla lente; il sistema, anche se piuttosto rudimentale, costituisce uno dei primi esempi di regolazione micrometrica.

Le prestazioni ottiche dei microscopi semplici di van Leeuwenhoek andavano ben al di là di quelle che i "vitra pulicaria" dell'epoca erano in grado di fornire. Uno di tali strumenti è descritto in *Oculus artificialis*, opera dello Zahn edita nel 1685 (*fig. 12*). Sono ben visibili la lente montata su di un sostegno poggiate su base circolare e l'asticina verticale appuntita alla quale

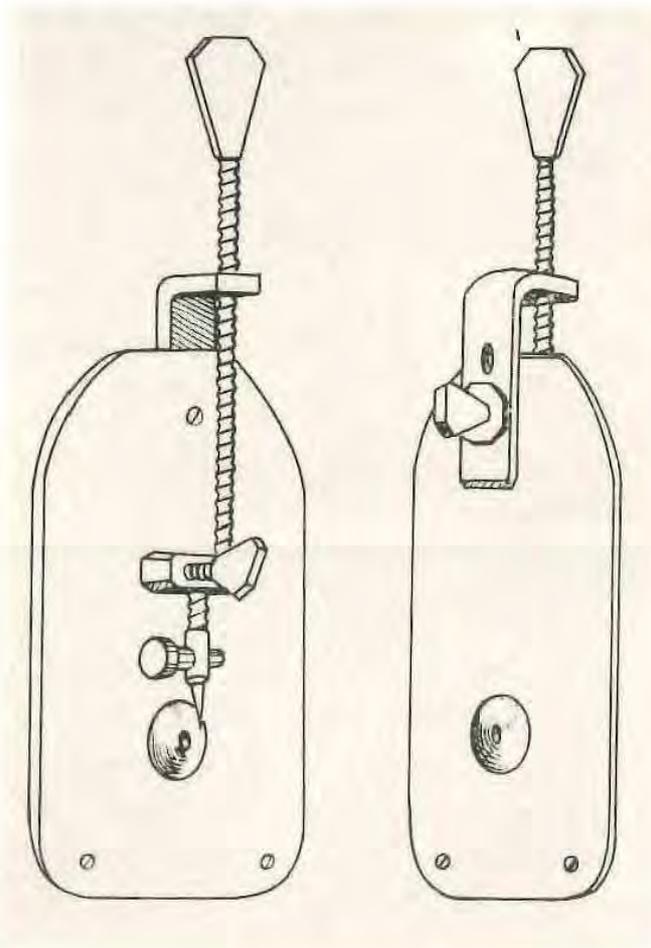


Fig. 11

veniva fissato il campione; la messa a fuoco veniva realizzata facendo variare, con lieve pressione della mano, la distanza fra il campione e la lente.

Molti esemplari di "vitru pulicaria" sono giunti sino a noi. Sono oggetti



Fig. 12

molto piccoli e alquanto sofisticati, di incerta datazione ma di fattura sicuramente non anteriore al secolo XVIII; in essi la lente ed il supporto per il campione sono alloggiati in un piccolo astuccio cilindrico con coperchio a vite.

Aberrazione di sfericità, coma e astigmatismo

La teoria che per una lente sottile conduce a prevedere che a ogni punto luminoso corrisponda un ben definito punto immagine fa riferimento a tre condizioni geometriche molto restrittive, note come *approssimazioni di Gauss*: (a) punti luminosi sull'asse ottico, o poco discosti da esso; (b) raggi luminosi poco inclinati rispetto all'asse; (c) piccola apertura dei fasci luminosi incidenti sulla lente. Aberrazioni ottiche intervengono quando uno o più di tali condizioni non sono soddisfatte.

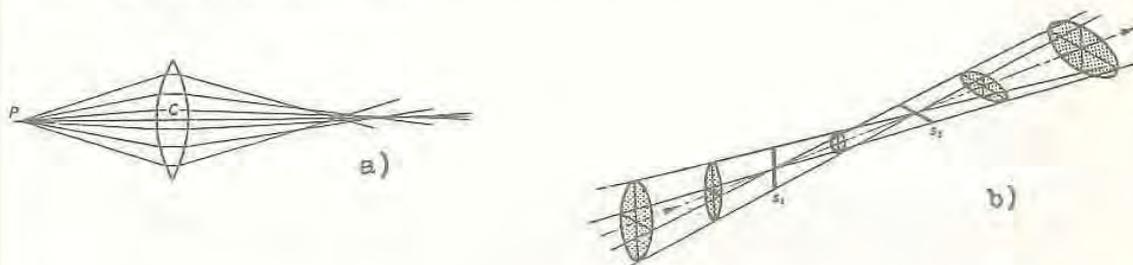
L'*aberrazione di sfericità* si osserva per punti luminosi sull'asse, o prossimi all'asse, quando la lente è vista da essi sotto angoli non piccoli, cioè quando è grande l'apertura dei fasci che incidono sulla lente. Mediante un diaframma, disposto in modo che il foro, abbastanza piccolo, sia in corrispondenza dell'asse ottico, si isolano i raggi *para-assiali* i quali danno luogo ad una immagine praticamente puntiforme. Comportamento diverso hanno i raggi *extra-assiali* i quali concorrono in punti tanto più vicini alla lente quanto più discosto dall'asse è il punto in cui essi incidono sulla lente (figura a).

Il *coma* si presenta quando la lente è attraversata da un fascio di grande apertura e molto inclinato rispetto all'asse ottico. Su di uno schermo piano perpendicolare all'asse non si osserva un'immagine puntiforme ma una caratteristica figura il cui aspetto ricorda quello di certe comete.

L'*astigmatismo* si osserva con punti luminosi, a sensibile distanza dall'asse ottico della lente, che, per la presenza di un diaframma, inviino su di essa fasci di piccola apertura ma piuttosto inclinati. I fasci rifratti non si riuniscono in un punto ma si concentrano successivamente in due piccoli segmenti *stigmatici* s_1 ed s_2 , detti *focali di Sturm*, perpendicolari all'asse del fascio e fra di loro (figura b). Le due lineette si vanno avvicinando ed accorciando a mano a mano che la sorgente si approssima all'asse ottico.

Se davanti a una lente diaframmata vi è una sorgente piana estesa, per ogni punto di essa si hanno due segmenti stigmatici che vanno a distribuirsi su due superfici curve tangenti fra loro in corrispondenza dell'asse ottico. Per correggere l'astigmatismo bisogna cercare di far coincidere le due superfici in una, ma, se questa non è piana, si ha ancora un'aberrazione, la *curvatura del campo*, per la quale l'immagine di una sorgente piana è curva.

Un sistema ottico *planetico*, cioè corretto per l'astigmatismo e la curvatura del campo, non è detto che sia anche *ortoscopico*, cioè tale che l'immagine risulti simile all'oggetto: si ha in generale una *distorsione* delle immagini. Sul tipo e sull'entità della distorsione influisce molto la posizione dei diaframmi.



Aberrazione di sfericità, coma e astigmatismo

La teoria che per una lente sottile conduce a prevedere che a ogni punto luminoso corrisponda un ben definito punto immagine fa riferimento a tre condizioni geometriche molto restrittive, note come *approssimazioni di Gauss*: (a) punti luminosi sull'asse ottico, o poco discosti da esso; (b) raggi luminosi poco inclinati rispetto all'asse; (c) piccola apertura dei fasci luminosi incidenti sulla lente. Aberrazioni ottiche intervengono quando uno o più di tali condizioni non sono soddisfatte.

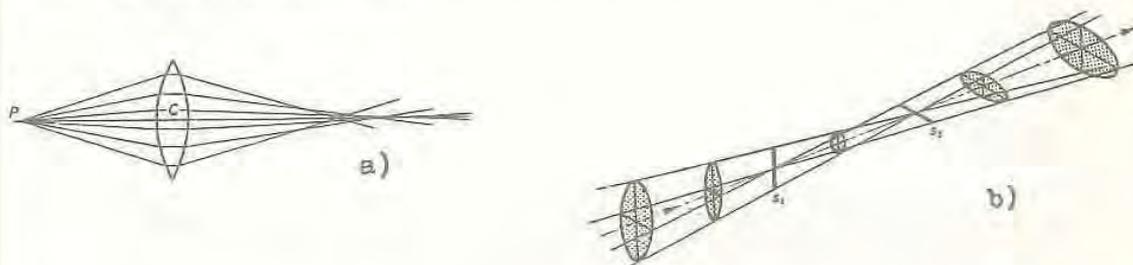
L'*aberrazione di sfericità* si osserva per punti luminosi sull'asse, o prossimi all'asse, quando la lente è vista da essi sotto angoli non piccoli, cioè quando è grande l'apertura dei fasci che incidono sulla lente. Mediante un diaframma, disposto in modo che il foro, abbastanza piccolo, sia in corrispondenza dell'asse ottico, si isolano i raggi *para-assiali* i quali danno luogo ad una immagine praticamente puntiforme. Comportamento diverso hanno i raggi *extra-assiali* i quali concorrono in punti tanto più vicini alla lente quanto più discosto dall'asse è il punto in cui essi incidono sulla lente (figura a).

Il *coma* si presenta quando la lente è attraversata da un fascio di grande apertura e molto inclinato rispetto all'asse ottico. Su di uno schermo piano perpendicolare all'asse non si osserva un'immagine puntiforme ma una caratteristica figura il cui aspetto ricorda quello di certe comete.

L'*astigmatismo* si osserva con punti luminosi, a sensibile distanza dall'asse ottico della lente, che, per la presenza di un diaframma, inviino su di essa fasci di piccola apertura ma piuttosto inclinati. I fasci rifratti non si riuniscono in un punto ma si concentrano successivamente in due piccoli segmenti *stigmatici* s_1 ed s_2 , detti *focali di Sturm*, perpendicolari all'asse del fascio e fra di loro (figura b). Le due lineette si vanno avvicinando ed accorciando a mano a mano che la sorgente si approssima all'asse ottico.

Se davanti a una lente diaframmata vi è una sorgente piana estesa, per ogni punto di essa si hanno due segmenti stigmatici che vanno a distribuirsi su due superfici curve tangenti fra loro in corrispondenza dell'asse ottico. Per correggere l'astigmatismo bisogna cercare di far coincidere le due superfici in una, ma, se questa non è piana, si ha ancora un'aberrazione, la *curvatura del campo*, per la quale l'immagine di una sorgente piana è curva.

Un sistema ottico *planetico*, cioè corretto per l'astigmatismo e la curvatura del campo, non è detto che sia anche *ortoscopico*, cioè tale che l'immagine risulti simile all'oggetto: si ha in generale una *distorsione* delle immagini. Sul tipo e sull'entità della distorsione influisce molto la posizione dei diaframmi.



5. I microscopi del Settecento

Verso la fine del Seicento ebbe termine un periodo molto felice per i costruttori italiani di strumenti ottici. L'iniziativa passò decisamente nelle mani dei costruttori inglesi che dominarono il mercato britannico e continentale con un'ampia gamma di prodotti e di proposte tecniche. Essi diedero vita a un'industria fiorente di apparecchi ottici, dai microscopi semplici a quelli composti, dai telescopi ai cannocchiali terrestri, dalle lenti d'ingrandimento, con cornice e manico, da usare nella lettura, agli occhiali correttivi a stringinaso. Costruttori italiani, tedeschi, olandesi e francesi continuarono ad operare nel Settecento, pur con scarso peso a livello internazionale; i soli fabbricanti di Norimberga acquistarono una certa rinomanza. Soltanto una parte della produzione di microscopi era destinata a studiosi ed a indagini scientifiche; molti strumenti venivano acquistati da aristocratici e ricchi borghesi, per i quali il microscopio era non solo un passatempo ma anche un oggetto alla moda e una sorta di "status symbol".

L'evoluzione tecnica del microscopio composto si realizzò nel Settecento secondo le linee costruttive già ricordate: a treppiede, a cilindro e a colonna laterale. A differenza degli strumenti a colonna laterale, per i quali furono proposte forme e soluzioni tecniche assai diversificate, sia pure limitate essenzialmente alla struttura meccanica, i microscopi a treppiede e a cilindro furono caratterizzati da una struttura pressoché costante, con varianti generalmente poco significative. Costruttivamente più semplici e quasi sempre di aspetto elegante e raffinato, essi richiamarono prevalentemente un pubblico di amatori e di collezionisti.

Microscopi a treppiede venivano costruiti in Gran Bretagna già alla fine del XVII secolo; l'apparecchio di *fig. 13* è uno dei pochi esemplari superstiti di quel periodo ed è attribuito a John Yarwell (1648-1712). Un tubo cilindrico di cartone rivestito di pelle, con fregi e decorazioni del tutto simili a quelli delle rilegature dell'epoca, fungeva da supporto per l'obiettivo e l'oculare, portati da tubi di diametro più piccolo. Per realizzare la messa a fuoco era necessario ruotare il portaobiettivo filettato in un collare; da questo si dipartivano tre gambe poggianti su di un'ampia base circolare di legno. Al di sopra del cilindro l'oculare era portato da un tubo di legno tornito. La base di

*Fig. 13*

appoggio svolgeva anche la funzione di portaoggetti ed era spesso munita di un foro centrale, che consentiva l'osservazione in trasparenza se lo strumento veniva rivolto verso una sorgente di luce. In assenza del foro l'osservazione era possibile solo per diffusione.

Il più famoso costruttore di microscopi a treppiede fu certamente Edmund Culpeper (1666-1738 c.). Artigiano bravissimo, iniziò a lavorare come incisore per poi occuparsi di piccoli microscopi semplici. Rivolse infine la sua attenzione ai microscopi composti a treppiede nei quali introdusse alcune modifiche e perfezionamenti.

La *fig. 14* riproduce un tipico microscopio di Culpeper, databile intorno al 1730. Le particolarità più significative che lo differenziano dal modello precedentemente descritto sono il doppio treppiede e lo specchio concavo al

*Fig. 14*

centro della base di appoggio; altro elemento interessante è il portaoggetti forato, collocato al centro del ripiano circolare su cui poggia il treppiede superiore che sorregge il sistema ottico. Lo specchio concavo è la vera grande innovazione tecnica introdotta dal costruttore inglese. Ancora oggi esso è largamente usato, costituendo, pur nella sua semplicità, un mezzo molto efficiente per l'illuminazione dei preparati da osservare in trasparenza; grazie ad un giunto snodato, che lo rende mobile intorno al suo asse diametrale orizzontale, consente infatti di concentrare sul preparato la luce emessa da una sorgente laterale o quella diffusa dall'ambiente, agendo come un vero e proprio condensatore ottico.

Nei microscopi di Culpeper, e negli altri microscopi composti della stessa epoca, il sistema oculare era costituito da due lenti convergenti, la lente oculare vera e propria e la *lente di campo* o *lente collettrice*, di diametro notevolmente più grande. Ideato dal grande fisico e matematico olandese Christiaan Huygens (1629-1695), e già utilizzato da Hooke, sia pure in maniera discontinua, questo sistema è tuttora molto usato nei microscopi e nei cannocchiali; grazie alla lente collettrice, che raccoglie i raggi periferici uscenti dall'obiettivo e li converge verso la lente oculare, si ottiene un duplice risultato: una notevole riduzione delle dimensioni della lente oculare e una considerevole diminuzione della distanza fra la lente stessa e il punto in cui va collocato l'occhio dell'osservatore perché il campo abbracciato dall'obiettivo sia visibile per intero. Negli oculari dei moderni microscopi alla lente collettrice è affidato anche il compito di correggere alcune delle aberrazioni residue dell'obiettivo, ma nei primi microscopi essa non poteva avere altra funzione che quella di ridurre le dimensioni della lente oculare e di accrescere il campo di visione.

I microscopi di Culpeper erano dotati di obiettivi intercambiabili e di una caratteristica custodia piramidale in legno, di forma assai simile a quella di un moderno metronomo; i numerosi accessori comprendevano pinzette e portacampioni in osso o in avorio. Sul ripiano circolare, fra i due treppiedi, era spesso montata una lente convergente da utilizzare per l'illuminazione di oggetti opachi. Dopo che lo strumento era stato usato gli obiettivi venivano riposti in uno scatolino di legno che, avvitato sul portaoculare del microscopio, fungeva anche da cappuccio antipolvere; questo elemento protettivo fu presente in microscopi di tipo diverso dello stesso periodo.

Sino ai primi decenni dell'Ottocento il microscopio a treppiede mantenne

sostanzialmente la struttura datagli da Culpeper. Le modificazioni più significative riguardarono lo stile del treppiede e della base di appoggio, che nella seconda metà del Settecento si esprime con forme decisamente barocche, e la qualità dei materiali usati. Nei microscopi della prima metà del secolo XVIII il tubo esterno centrale era in cartone rivestito di pelle, i treppiedi erano in ottone e il portaoculare in legno (generalmente mogano); gradualmente l'ottone sostituì gli altri materiali, tranne che nella base di appoggio che fu quasi sempre in legno. Essa ebbe spesso un cassetto per la custodia degli accessori. I tre microscopi a treppiede riprodotti in *fig. 15* risalgono alla seconda metà del Settecento e sono, da sinistra a destra, di datazione via via più recente.

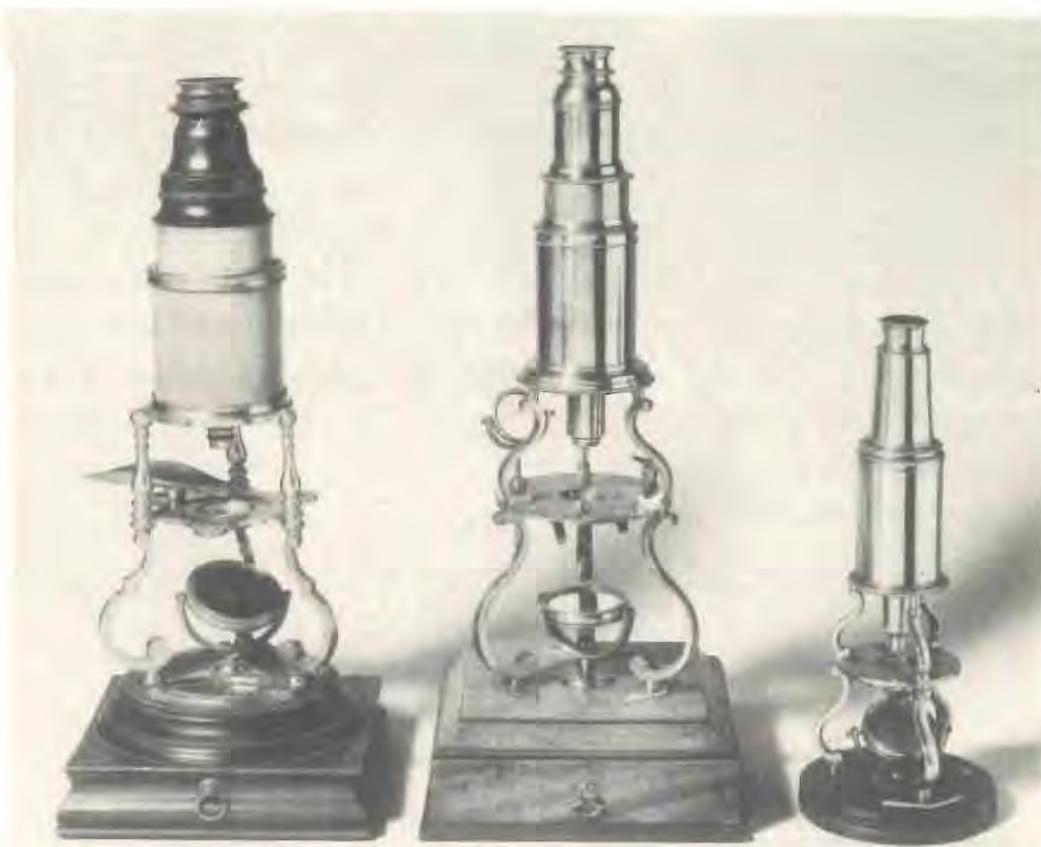


Fig. 15

Nei microscopi a cilindro lo strumento ottico vero e proprio era portato da un tubo scorrevole in un cilindro che, in corrispondenza dell'obiettivo, presentava un'ampia apertura per il passaggio della luce necessaria alle

osservazioni per diffusione. I tre microscopi presentati in *fig. 16*, anch'essi della seconda metà del secolo XVIII, sono dovuti a Benjamin Martin (? - 1782), il più famoso costruttore di strumenti di questo tipo; le caratteristiche meccaniche comuni con il microscopio di *fig. 8* sono ben evidenti.



Fig. 16

In una tavola riprodotta in *Micrographia nova*, opera dello stesso Martin edita nel 1742, sono mostrati in sezione gli elementi ottici di un microscopio a cilindro, peraltro comuni a quasi tutti i microscopi composti dello stesso periodo (*fig. 17*). Nel disegno sono chiaramente visibili la lente oculare e la lente colletttrice; un elemento interessante è rappresentato dal micrometro inserito nel portaoculare, fra le due lenti.

La denominazione “a tamburo” riferita ai microscopi a cilindro non fu data da Martin e fu suggerita dall’elemento cilindrico situato alla base dell’apparecchio, immediatamente al di sotto del portaoggetti; la sua forma richiamava appunto quella di un tamburo. Martin preferì la denominazione



Fig. 17

“a riflessione”, con riferimento allo specchio concavo alloggiato nel tamburo e destinato all’illuminazione dei preparati da osservare in trasparenza. In quanto ai materiali impiegati, i microscopi a cilindro seguirono la stessa evoluzione degli strumenti a treppiede; costruiti in un primo tempo in cartone rivestito, legno e ottone, furono più tardi prodotti interamente in ottone. Di struttura compatta e spesso di dimensioni piuttosto ridotte (l’apparecchio di fig. 17 è un modello tascabile), i microscopi a tamburo riscossero un notevole successo.

I microscopi a colonna laterale ebbero uno stativo di struttura del tutto differente da quelli dei microscopi a treppiede e a cilindro. Essi si caratterizzarono infatti per la presenza di una barra metallica, verticale o inclinata, che sorreggeva lateralmente il sistema ottico ed era sostenuta da una base di legno



Fig. 18

o da un ampio e basso treppiede di ottone. Questa soluzione, ispirata ai modelli ideati da Hooke e a quelli successivamente realizzati, tra la fine del Seicento e i primi decenni del Settecento, da John Marshall (1663-1725) e da Yarwell, consentì al microscopio a colonna laterale di assumere strutture complesse e assi differenziate, e di avere una grande duttilità di impiego.

Dopo la realizzazione del suo primo microscopio, da noi ampiamente descritto, è certo che Hooke cercò di migliorarlo disegnando modelli via via più perfezionati. Lo strumento di *fig. 18*, già di ottima fattura, pare sia stato costruito per lui da Christopher Cock intorno al 1678. Il collare in cui si avvita il portaobiettivo è collegato, per mezzo di un morsetto a vite e di una corta barretta, a una slitta scorrevole lungo un'asta verticale; la sostituzione del giunto a sfera con il morsetto a vite, pur consentendo ancora all'asse ottico di assumere diverse inclinazioni, fa sì che il corpo del microscopio possa essere fissato in maniera più stabile. Un altro perfezionamento è introdotto

nel portaobiettivo che, avendo un diametro maggiore ed una filettatura più fine, permette una messa a fuoco migliore. Il portaoggetti, invece, è quello stesso del primitivo microscopio; evidentemente esso aveva fornito prestazioni soddisfacenti e non si era ritenuto di doverlo modificare. Il tubo cilindrico che fa da supporto al sistema ottico è in cartone rivestito di pelle decorata secondo il gusto dell'epoca.

A differenza di Yarwell, che costruì sia microscopi a colonna laterale che a treppiede, Marshall volse il suo interesse prevalentemente verso quelli a colonna laterale che sviluppò sulla base dei modelli progettati da Hooke. In *fig. 19* viene mostrato uno strumento da lui costruito intorno al 1700. Una delle particolarità più interessanti è costituita dalla ricomparsa del giunto a sfera su cui si innesta l'asta che sostiene lateralmente il microscopio e che ora consente all'asse dello strumento di assumere inclinazioni sino a 45°; inoltre, poiché il portaoggetti è fissato alla stessa asta, la posizione reciproca dell'obiettivo e del campione non viene modificata, quale che sia l'inclinazione dell'asse ottico.



Fig. 19

L'apparecchio aveva numerosi obiettivi intercambiabili ed un ricco corredo di accessori. Per le osservazioni in trasparenza il microscopio veniva ruotato rispetto alla pesante base ottagonale di legno che fungeva così da contrappeso. Una piccola lente convergente veniva usata per concentrare sul preparato la luce emessa da una sorgente luminosa collocata sul piano di lavoro.

Con i microscopi di Marshall si realizzò indubbiamente un notevole progresso per quel che riguarda le qualità meccaniche; ma le difficoltà legate all'impiego di strumenti così complessi fecero sì che nei primi decenni del secolo XVIII i microscopi composti usati per indagini scientifiche fossero soprattutto quelli a treppiede, meno ingombranti, più maneggevoli e facilmente trasportabili. A determinare la scelta contribuirono anche il costo piuttosto contenuto di questi apparecchi e lo specchio concavo che, montato

*Fig. 20*

per la prima volta sui microscopi a treppiede, aveva risolto in maniera brillante e definitiva il problema dell'illuminazione dei preparati da osservare in trasparenza.

Il microscopio a colonna laterale ebbe una improvvisa e definitiva rivalutazione verso la metà del Settecento per merito di Henry Baker (1698-1774), uno scienziato inglese cui si deve una decisiva opera promozionale in favore del microscopio. I suoi libri (*The microscope made easy* del 1742 ed *Employment of the microscope* del 1753) ebbero numerose edizioni inglesi, olandesi e francesi e costituirono un grande successo editoriale.

Intendendo seguire al microscopio i processi di cristallizzazione dei sali, Baker iniziò a servirsi di strumenti a treppiede ma si rese subito conto che i piedi gli erano di impaccio per la realizzazione degli esperimenti cui era interessato. Si fece così costruire da John Cuff (1708-1772), uno dei migliori artigiani dell'epoca, un microscopio a colonna laterale di concezione totalmente nuova. Interamente in ottone (ad eccezione della base di legno, munita di cassetto), lo strumento di Cuff si distinse per la struttura solida ed elegante al tempo stesso. Nell'evoluzione del microscopio esso costituì una tappa importante, sebbene le qualità ottiche non fossero sostanzialmente diverse da quelle degli apparecchi che lo avevano preceduto. Il robusto e composito stativo, che conferiva rigidità all'insieme pur consentendo un agevole accesso al portaoggetti, e l'efficiente sistema di messa a fuoco, ne decretarono un immediato successo. Con forme sostanzialmente identiche il microscopio di Cuff fu riprodotto da artigiani inglesi e continentali sino alla fine del Settecento. In *fig. 20* ne viene mostrata una copia francese, databile intorno al 1750, mentre in *fig. 21* vengono presentate due copie continentali della



Fig. 21

seconda metà del secolo. Rispetto ai microscopi di Marshall vi è un vero salto di qualità.

Una variante del microscopio di Cuff fu il modello “a cassetta”, progettato per rendere lo strumento facilmente trasportabile. Alla sua base l’asta era incernierata all’interno di una cassetta di legno in maniera tale che, abbassandola, lo strumento potesse essere riposto per intero nella scatola. Una volta aperto il coperchio della custodia, l’asta poteva essere sollevata e fissata con l’inclinazione voluta. L’idea fu di Edward Nairne (1726-1806), uno dei più affermati costruttori londinesi di strumenti scientifici. L’esemplare riprodotto in *fig. 22*, databile intorno al 1770, reca la sua firma.

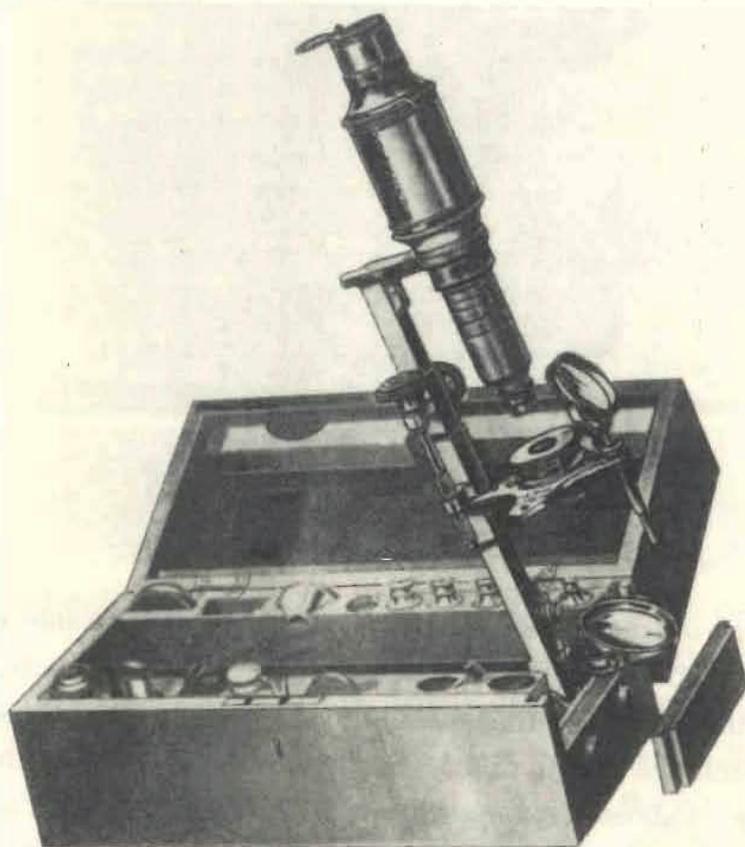


Fig. 22

Nella seconda metà del secolo XVIII le forme e le soluzioni tecniche proposte per il microscopio a colonna laterale furono innumerevoli; ci limiteremo pertanto a ricordarne alcune altre fra le più significative.

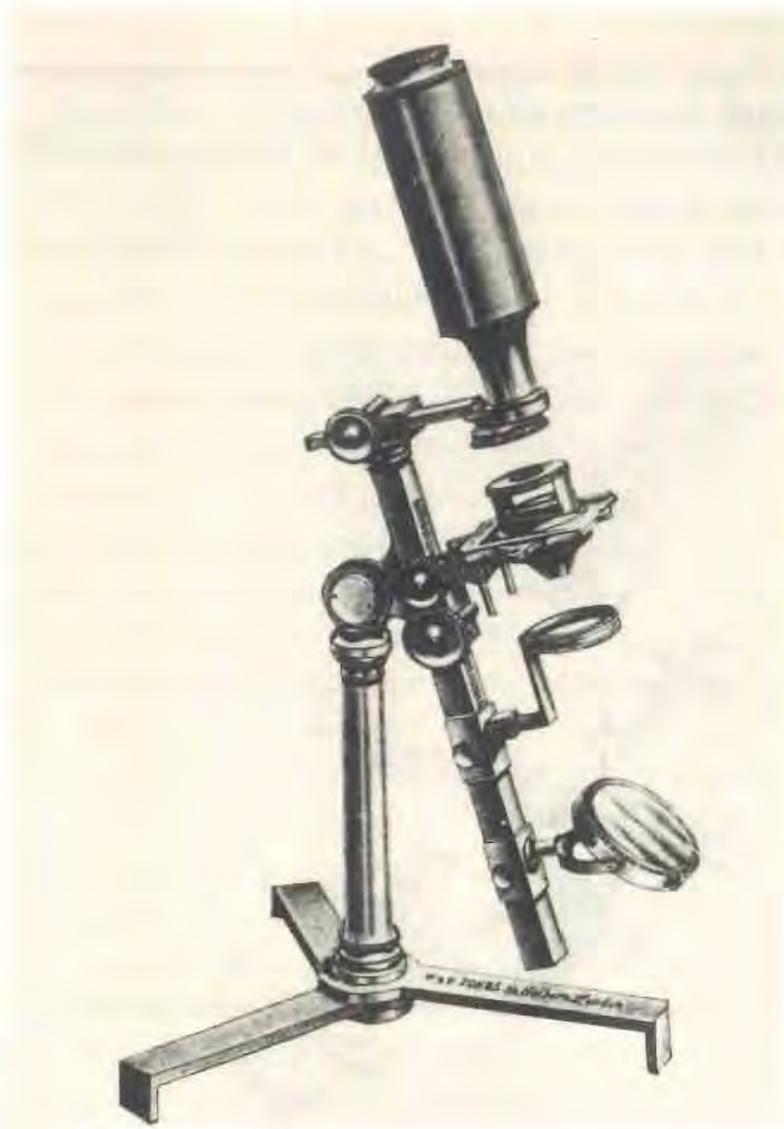
In *fig. 23* è riprodotto un esemplare del “New universal double microscope” di George Adams senior (? - 1773), da lui presentato per la prima volta in



Fig. 23

Micrographia illustrata del 1746. La particolarità più interessante di questo strumento è costituita dal sistema ideato per rendere gli obiettivi intercambiabili e realizzato mediante un disco orizzontale girevole, recante otto occhielli in cui sono incastrate altrettante lenti di diverso potere diottrico. Il sistema ebbe poche imitazioni e fu presto abbandonato poiché non conferiva sufficiente stabilità al tubo ottico; merita tuttavia di essere ricordato perché costituisce molto probabilmente il primo esempio di portaobiettivi “a revolver”. Lo strumento poggiava su di un basso treppiede le cui gambe, ripiegabili, consentivano che l'apparecchio venisse raccolto per intero in una custodia di legno.

La fig. 24 mostra una versione dell’“Universal compound microscope” di George Adams junior (1750-1795), autore dell’opera *Essays on the microscope* (prima edizione: 1787), in cui sono presentati e descritti i migliori

*Fig. 24*

microscopi dell'epoca. La particolarità meccanica più rilevante dello strumento, che Adams jr realizzò riprendendo un progetto del padre, consiste nell'innesto a snodo mediante il quale la barra che sorregge il tubo ottico, il portaoggetti ed il condensatore è collegata ad un'asta verticale sostenuta da un treppiede; lo snodo consente alla barra, e quindi all'asse ottico del microscopio, di assumere tutte le possibili orientazioni senza che si perda l'allineamento con il campione. Il condensatore è costituito da uno specchio concavo e da una lente convergente che concentra sul preparato la luce diffusa dallo specchio; un'altra lente convergente, innestata sul portaoggetti, convoglia sul campione la luce necessaria per le osservazioni per diffusione. Le gambe del treppiede sono ripiegabili e lo strumento può esser riposto in una cassetta di legno.

Questo tipo di strumento ebbe molte versioni (l'esemplare di fig. 24 è del 1790 circa) e fu ripreso, con alcune varianti, da altri costruttori fra i quali i fratelli William e Samuel Jones, che verso la fine del secolo proposero il "Most improved compound microscope", e il già ricordato Benjamin Martin che intorno al 1780 lanciò il "Grand Universal Model" (fig. 25).



Fig. 25

La meccanica ed i sistemi di illuminazione dei microscopi a colonna laterale della seconda metà del Settecento erano certamente molto avanzati. La presenza della colonna consentì di mettere a punto sistemi di messa a fuoco molto efficienti che, oltre ad offrire una regolazione fine, garantivano un costante allineamento del sistema ottico con il campione e non obbligavano ad agire direttamente sul microscopio. Questi risultati erano ottenuti grazie

ad una slitta mobile lungo l'asta e collegata al tubo ottico o al portaoggetti; nel primo caso una vite micrometrica comandava lo spostamento della slitta rispetto al portaoggetti fisso (cfr. fig. 20), nel secondo caso il portaoggetti veniva mosso rispetto al microscopio con un meccanismo generalmente a cremagliera (cfr. fig. 21, microscopio a destra). Gli strumenti avevano un ampio corredo di obiettivi intercambiabili, portacampioni e accessori vari. La struttura del portaoggetti, piuttosto sofisticato, era studiata in funzione del tipo di osservazioni microscopiche da effettuare. Lo specchio concavo, divenuto ormai un elemento insostituibile per le osservazioni in trasparenza, era spesso usato in unione con una lente condensatrice.

Se per le caratteristiche meccaniche ed i sistemi di illuminazione si era giunti ad un elevato grado di tecnologia, nessun sostanziale miglioramento si era determinato nella qualità delle immagini, non essendovi ancora un valido rimedio alle distorsioni ed al cromatismo. Vi furono alcuni tentativi di ridurre tali difetti con l'interposizione fra l'obiettivo e la lente di campo dell'oculare di una o due lenti intermedie, ma i sistemi ottici a quattro o cinque lenti montati su alcuni modelli costruiti da George Adams senior e da Benjamin Martin non diedero risultati apprezzabili.

I migliori microscopi semplici erano dunque, ancora nel Settecento, più affidabili dei microscopi composti per quel che riguarda le prestazioni ottiche. La preferenza per il microscopio semplice era naturalmente determinata anche dagli altri vantaggi che questo apparecchio offriva e che abbiamo già ricordato: facile impiego, basso costo e piccolo ingombro.

Nella seconda metà del XVII secolo e nei primi decenni del successivo l'Olanda fu all'avanguardia nella progettazione di microscopi semplici. Una figura di grande rilievo fu Johann van Musschenbroek (1660-1707) che, oltre a costruire microscopi per van Leeuwenhoek, produsse apparecchi di sua ideazione. Merita una particolare citazione un tipo di strumento che dagli storici della microscopia e dai collezionisti è conosciuto come "microscopio a compasso" per la notevole somiglianza con questo apparecchio.

Un modello di microscopio a compasso costruito da van Musschenbroek intorno al 1700 è riprodotto in *fig. 26*; la figura successiva ne mostra le parti costituenti. Il portacampioni, a forma di doppia punta, è collocato all'estremità superiore di una barretta di ottone che funge da impugnatura. Dalla parte inferiore di essa si diparte una piastra incernierata che una molla tiene discosta dalla barretta. La lente è montata in una piastrina rettangolare metallica che

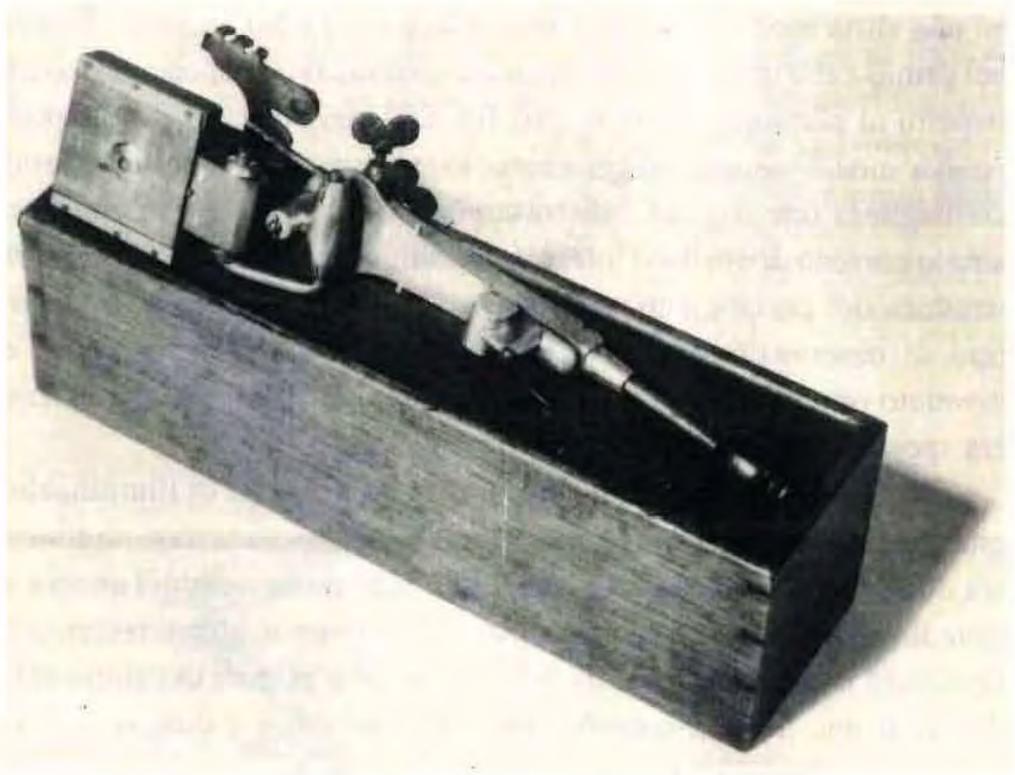


Fig. 26

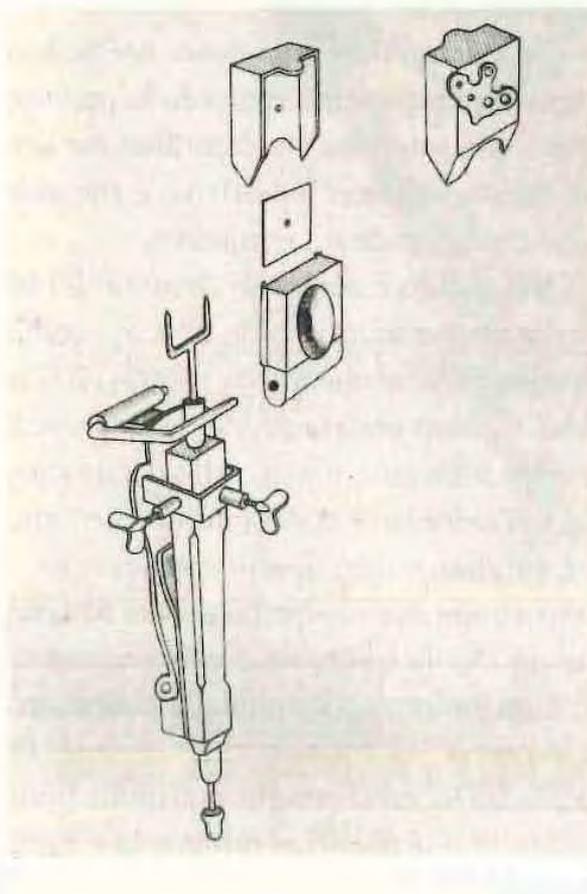


Fig. 27

può scorrere in un piccolo supporto di legno collegabile alla piastra per mezzo di un'asticina ad U. Una vite serve a spostare lateralmente il portacampione, una seconda vite a modificare la distanza dell'oggetto dalla lente, consentendo così la messa a fuoco. Al supporto di legno si adatta una copertura metallica forata (in alto, nella figura), la cui funzione è quella di eliminare la luce laterale indesiderata. Sull'apparecchio venivano montate lenti di diversa distanza focale ma sempre di grande potenza e di qualità eccellente. Vi era anche un corredo di portacampioni intercambiabili.

Van Musschenbroek fu pure l'ideatore di speciali giunti a sfera, noti come "dadi di Musschenbroek", che, collegati l'uno all'altro in numero diverso, consentivano di realizzare bracci più o meno lunghi, e facilmente regolabili, destinati a sostenere lenti o portacampioni. Il dispositivo "a dadi" fu adottato da molti costruttori e montato su di un gran numero di microscopi semplici e composti. La *fig. 28* riproduce un microscopio semplice di piccola potenza costruito da van Musschenbroek; il portacampione, costituito da un'asticina appuntita, è, come si vede, all'estremità di un braccio regolabile "a dadi".

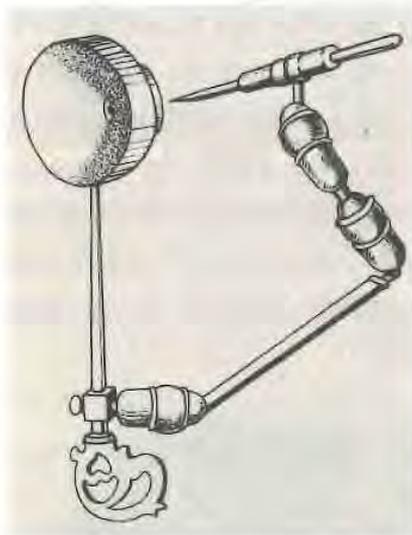


Fig. 28

Il microscopio a compasso fu ripreso dai costruttori inglesi che ne semplificarono la struttura migliorandone al tempo stesso l'efficienza. In *fig. 29* è riprodotto un modello inglese del 1745 circa. La struttura è in ottone, con impugnatura in avorio. È ben visibile il portacampioni, costituito da una pinzetta posta all'estremità di un'asticina. Lo strumento ha un corredo di lenti intercambiabili ciascuna delle quali è collocata al centro di una coppa argentata la cui funzione è quella di illuminare i campioni opachi grazie alla luce

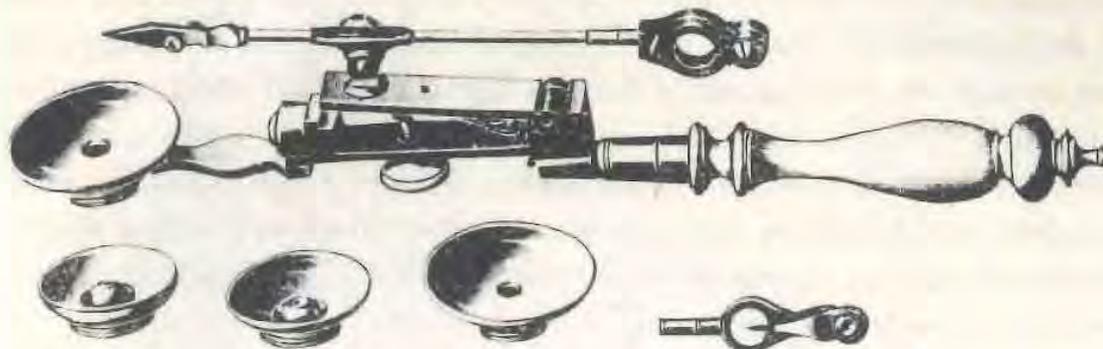


Fig. 29

da essa riflessa. Questo tipo di riflettore fu chiamato “lieberkühn”, dal nome dell’anatomista tedesco che lo aveva adottato per la prima volta nel 1738, e fu montato su tipi diversi di microscopi semplici.

Un altro microscopio semplice molto popolare nel Settecento fu quello “con cilindro a vite” che James Wilson mise a punto riprendendo e perfezionando la primitiva struttura realizzata dal costruttore olandese Nicolaas Hartsoeker verso la fine del XVII secolo. La lente era montata al centro di un disco collocato ad una delle estremità di un piccolo cilindro munito di impugnatura. All’interno di questo il portacampioni poteva scorrere fra due piastrine poste trasversalmente al cilindro. Dalla parte opposta della lente un secondo cilindretto filettato si avvitava nel cilindro principale sino a premere contro le due piastrine; questa operazione consentiva di realizzare la messa a fuoco. In *fig. 30* è riprodotto un esemplare inglese di microscopio con cilindro a vite databile intorno al 1746.



Fig. 30

Il già ricordato Edmund Culpeper costruì microscopi con cilindro a vite montati su di uno stativo costituito da un'asta verticale fissata a un treppiedi. Un tubo munito di lente oculare poteva avvitarsi nel cilindro permettendo di convertire lo strumento in microscopio composto.

Il "microscopio acquatico" ideato dal naturalista inglese John Ellis (1710-1776) costituì una tappa importante nella evoluzione del microscopio semplice. Lo strumento fu progettato per osservare i movimenti dei minuscoli organismi acquatici contenuti in un vetrino concavo ma fu anche il prototipo dei microscopi per dissezione. Un esemplare del microscopio di Ellis, del quale furono realizzate versioni ad opera di Cuff e di altri, è mostrato in *fig. 31*. All'estremità superiore di una barretta verticale, fissata alla custodia dello strumento, un'asta orizzontale può scorrere longitudinalmente e ruotare su se stessa; essa sostiene la lente la quale reca inferiormente un "lieberkühn" con la superficie riflettente rivolta verso il basso. Sono chiaramente visibili il



Fig. 31

portaoggetti, formato da una lastrina circolare di vetro portata da un anello, e lo specchio concavo orientabile.



Fig. 32

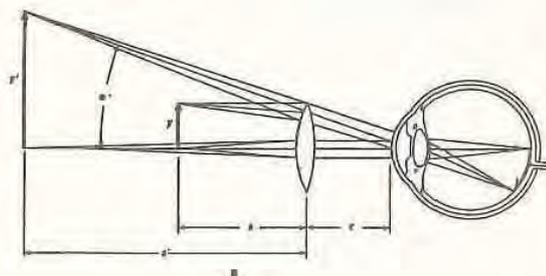
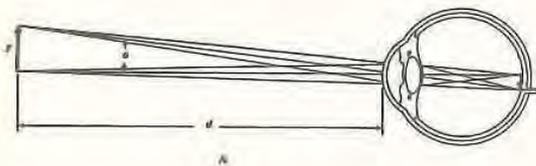
Il primo microscopio semplice progettato specificamente per la dissezione fu quello descritto dall'olandese Pieter Lyonet (1707-1789) in un trattato di anatomia e successivamente perfezionato da costruttori inglesi. L'esemplare mostrato in *fig. 32* è forse di George Adams jr ed è del 1787 circa. Ad una scatola parallelepipedica di legno, munita di cassetto, è fissata una colonnina di ottone che sostiene un ripiano ovale di legno; in questo è incastrato un disco di vetro che funge da portaoggetti e da piccolo banco di dissezione. La lente è all'estremità di un braccio regolabile costituito da una serie di "dadi" di Musschenbroek. Sulla base, proprio al di sotto del disco di vetro, è collocato uno specchio concavo orientabile.

Il microscopio semplice

La possibilità di percepire particolari di un oggetto aumenta al crescere dell'angolo sotto cui esso è visto dall'occhio; infatti, più grande è questo angolo maggiori sono le dimensioni dell'immagine retinica. Nelle osservazioni ad occhio nudo si potrà dunque trarre vantaggio dalla riduzione della distanza dall'occhio dell'oggetto; questa, tuttavia, non può rendersi arbitrariamente piccola perché al di sotto di un certo valore l'occhio non riesce più a focalizzare (per tale valore lo sforzo di accomodazione è massimo). La distanza minima è, per un occhio normale, di circa 10 cm; abitualmente, però, gli oggetti vengono osservati (così come accade, per esempio, nella lettura) alla *distanza della visione distinta* che per un occhio normale è di 25 cm circa. L'angolo più conveniente sotto cui può essere osservata ad occhio nudo la dimensione lineare y di un oggetto è dunque l'angolo α per cui è $\text{tg}\alpha = y/d$, essendo d la distanza della visione distinta (figura A).

Per ottenere, nell'osservazione di oggetti vicini, un angolo di visione superiore a quelli ottenibili ad occhio nudo si ricorre al *microscopio semplice* ed al *microscopio composto*. Il primo è costituito da un unico sistema ottico convergente, nel caso più semplice da un'unica lente convergente (*lente di ingrandimento*). Se l'oggetto viene posto a una distanza s dalla lente inferiore alla distanza focale f , essa ne darà un'immagine virtuale che viene osservata dall'occhio sotto un angolo $\alpha' > \alpha$ (figura B). Con il microscopio interposto le dimensioni dell'immagine retinica sono quindi maggiori di quelle che si determinano nella visione ad occhio nudo. Nelle abituali condizioni di osservazione l'occhio è addossato alla lente ($c = 0$) e l'oggetto è quasi nel piano focale anteriore ($s \approx f$) così che è $\text{tg}\alpha' = y'/s' = y/f$. Se è $s \approx f$ l'immagine "si forma" a distanza grandissima e l'occhio può osservarla con sforzo di accomodazione minimo.

Si definisce *ingrandimento visuale* di uno strumento ottico di osservazione il rapporto fra le tangenti degli angoli sotto i quali l'oggetto è rispettivamente visto attraverso lo strumento e ad occhio nudo. Per un microscopio semplice, in particolare, l'ingrandimento visuale è $J = \text{tg}\alpha'/\text{tg}\alpha = d/f$. A parità di d , l'ingrandimento è dunque inversamente proporzionale alla distanza focale della lente: il limite è posto dall'entità delle aberrazioni. A ridurre le aberrazioni cromatiche e di sfericità provvede in ogni caso la pupilla dell'occhio.

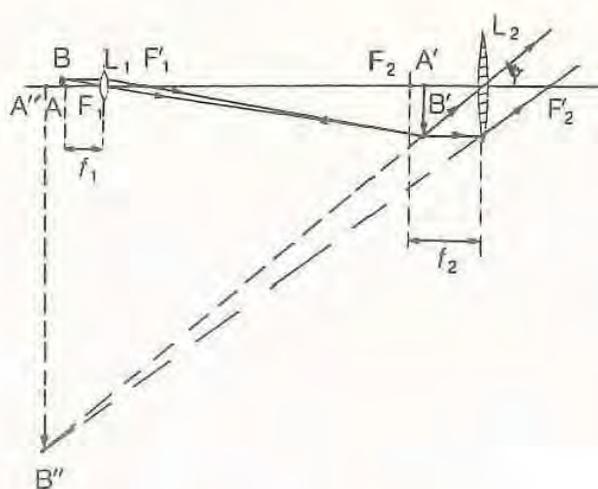


Il microscopio composto

È costituito da due distinti sistemi ottici convergenti, l'*obiettivo* e l'*oculare*, aventi l'asse ottico comune e collegati mediante un tubo. La distanza focale f_1 dell'obiettivo e quella f_2 dell'oculare sono piccole rispetto alla *lunghezza ottica* dello strumento, cioè rispetto alla distanza fra il fuoco posteriore F_1' dell'obiettivo e il fuoco anteriore F_2 dell'oculare. Senza che nulla cambi sul piano concettuale i due sistemi ottici si possono immaginare sostituiti ciascuno da una sola lente sottile, secondo lo schema indicato in figura. L'oggetto AB viene disposto di fronte all'obiettivo L_1 , ad una distanza di poco superiore alla sua distanza focale, in modo che di AB si formi un'immagine $A'B'$ reale, capovolta e notevolmente ingrandita quasi nel piano focale anteriore dell'oculare L_2 . Questo darà di $A'B'$ un'immagine virtuale $A''B''$, egualmente orientata, con un ingrandimento ulteriore.

L'ingrandimento lineare dell'obiettivo è l/f_1 , l'ingrandimento visuale dell'oculare è d/f_2 , essendo d la distanza della visione distinta (vedi scheda precedente) ed l la lunghezza ottica; l'ingrandimento complessivo è, con buona approssimazione, eguale a d/lf_1f_2 , cioè pari al prodotto dei due ingrandimenti parziali. Il segreto degli strumenti composti, microscopio e cannocchiale, risiede dunque nel fatto che con due sistemi ottici opportunamente disposti gli effetti si moltiplicano.

L'obiettivo di un microscopio composto è un sistema ottico che riceve fasci luminosi di grande apertura; le aberrazioni da considerare sono soprattutto l'aberrazione di sfericità e il cromatismo che vanno opportunamente corretti: la correzione può essere limitata ai punti di una piccola area in prossimità del fuoco. Le altre aberrazioni intervengono in misura molto più ridotta. L'oculare riceve invece fasci di apertura minore ma più inclinati rispetto all'asse ottico; le esigenze di correzione sono pertanto più limitate nei riguardi delle aberrazioni cromatiche e di sfericità, maggiori per l'astigmatismo e la curvatura del campo.



6. I primi obiettivi acromatici per microscopi

Abbiamo già accennato ai tentativi degli Adams e di Martin di correggere la distorsione ed il cromatismo prodotti dall'obiettivo con l'interposizione fra di esso e la lente di campo di una o più lenti convergenti. Martin, in particolare, pensava che le aberrazioni potessero ridursi "diluendo" la rifrazione della luce su diverse superfici rifrangenti di potenza via via minore. Non sappiamo se egli seguisse una propria convinzione o fosse influenzato da un'idea errata del famoso matematico Leonhard Euler (1707-1783) secondo cui l'acromatismo poteva realizzarsi mediante oculari a più lenti. È certo che il suggerimento di Euler fu seguito dal francese Dellebarre il quale, intorno al 1780, costruì microscopi la cui peculiare caratteristica era il sistema oculare, costituito da più lenti biconvesse separate. Studi condotti sugli strumenti di Dellebarre hanno mostrato che essi non sono affatto acromatici e che anzi la qualità delle immagini da essi fornite è piuttosto scadente.

Nei primi anni del secolo XIX William Cary (? - 1825) realizzò un tipo di microscopio che, nella sua semplicità costruttiva, presentava tutte le caratteristiche di un buon apparecchio (*fig. 33*). Questo strumento, nelle

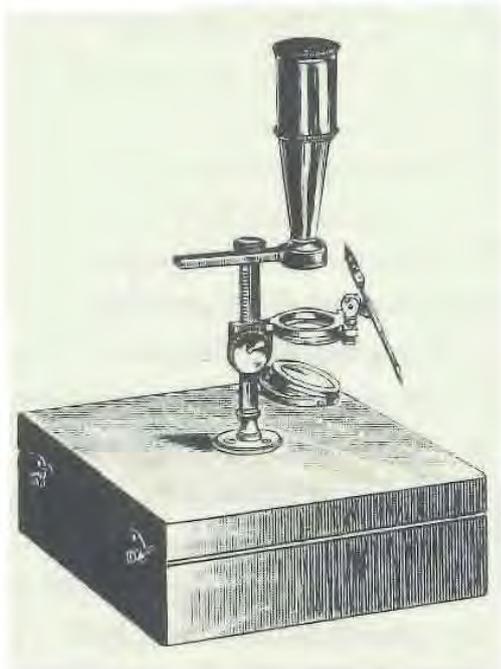


Fig. 33

versioni realizzate a partire dal 1830, presentò un'ottica piuttosto elaborata, con una piccolissima lente obiettiva e un oculare di struttura complessa formato da una grande lente di campo e da due vere e proprie lenti oculari (fig. 34). La particolarità per noi più interessante è però rappresentata da un diaframma interposto fra le lenti oculari e la lente collettrice, con la funzione di limitare l'ampiezza del fascio luminoso emergente dalla lente di campo e di ridurre quindi l'aberrazione di sfericità¹⁹.

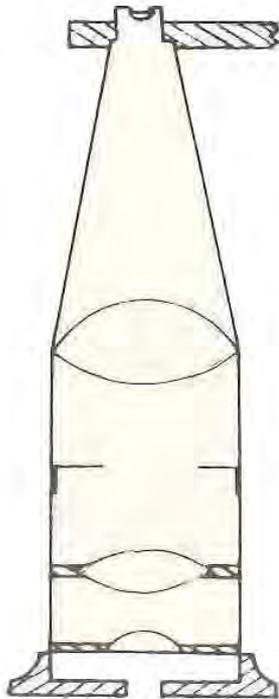


Fig. 34

Può a prima vista apparire strano che tra la fine del secolo XVIII e l'inizio del successivo si cercasse di correggere le aberrazioni prodotte dagli obiettivi dei microscopi ricorrendo ancora ad espedienti, dal momento che lenti praticamente esenti da cromatismo e da aberrazione sferica erano già state realizzate e da alcuni decenni impiegate nei telescopi. Nella prima metà del secolo XVIII Chester Moor Hall (1703-1771) aveva condotto degli esperimenti tesi a scoprire se fosse possibile eliminare nelle lenti gli inconvenienti derivanti dal cromatismo, diretta conseguenza della dispersione della luce. Egli fu il primo a concludere che era possibile realizzare lenti convergenti acromatiche unendo una lente divergente a una convergente di diverso potere

dispersivo. Aiutato dai notevoli progressi che nel frattempo si erano compiuti nella fabbricazione di vetri con differenti proprietà ottiche, nel 1729 egli scoprì, dopo numerosi tentativi, che vi erano due tipi di vetro il cui diverso potere dispersivo poteva consentirgli di attuare la sua idea. E, a partire dal 1733, seguendo le sue istruzioni, fu possibile costruire i primi sistemi ottici convergenti praticamente acromatici combinando una lente divergente in vetro "flint" con una convergente in vetro "crown". Il primo è un vetro molto dispersivo con elevata percentuale di ossido di piombo, il secondo un vetro a base di ossidi di metalli alcalini e di calcio, con potere dispersivo relativamente piccolo.

Moor Hall non seppe trarre profitto dalla sua scoperta; fu invece un ottico esperto, John Dollond (1706-1761), a darle pratica applicazione nel 1758 utilizzando per la prima volta doppietti acromatici flint-crown per gli obiettivi dei suoi telescopi. A stimolare l'interesse di Dollond verso le problematiche legate alla possibilità di correggere le aberrazioni delle lenti fu il matematico svedese Samuel Klingenstierna (1698-1765). Questi nel 1755 gli scrisse per comunicargli che nutriva dei dubbi sulla validità della relazione fra rifrazione e dispersione, quale era stata teorizzata da Newton, e che sarebbe stato opportuno condurre in merito ulteriori esperimenti. Dollond, che nel frattempo era venuto a conoscenza della scoperta di Moor Hall, eseguì una serie di esperienze, prima con prismi e poi con lenti, mediante le quali poté dimostrare che era possibile realizzare la rifrazione senza che si determinasse dispersione. Questi risultati provarono l'infondatezza di quanto la maggioranza degli scienziati del XVIII secolo, che si rifacevano alle opere di Newton, andavano sostenendo, cioè che, essendo la rifrazione accompagnata sempre dalla dispersione, non era possibile ottenere sistemi ottici esenti da cromatismo ricorrendo a sole lenti.

Nella storia dell'evoluzione degli strumenti ottici la realizzazione dei primi sistemi acromatici costituisce una pietra miliare. Dovettero però trascorrere ancora parecchi decenni perché questa innovazione si rivelasse utile anche per gli obiettivi dei microscopi. Il ritardo fu determinato solo da difficoltà tecniche. La costruzione di obiettivi di piccolissima distanza focale, necessari in un microscopio per ottenere un elevato ingrandimento, mal si conciliava con l'acromatismo dal momento che l'accoppiamento di una lente convergente e di una divergente determinava un allungamento della distanza focale, portando ad una riduzione del potere diottrico complessivo e quindi

dell'ingrandimento²⁰. Inoltre la realizzazione di piccoli sistemi acromatici per gli obiettivi dei microscopi comportava elevate difficoltà nella lavorazione delle lenti. Questi problemi non si presentavano per gli obiettivi dei telescopi, caratterizzati da grande lunghezza focale e costituiti da lenti di notevoli dimensioni e a debole curvatura.

I quattro sistemi ottici mostrati in *fig. 35* riproducono alcuni dei primi obiettivi acromatici realizzati per i microscopi. Il loro esame è istruttivo perché ci aiuta a capire quali difficoltà si siano dovute affrontare per la realizzazione di un sistema acromatico soddisfacente e a comprendere quindi i motivi per cui furono di volta in volta proposte soluzioni tecniche diverse.

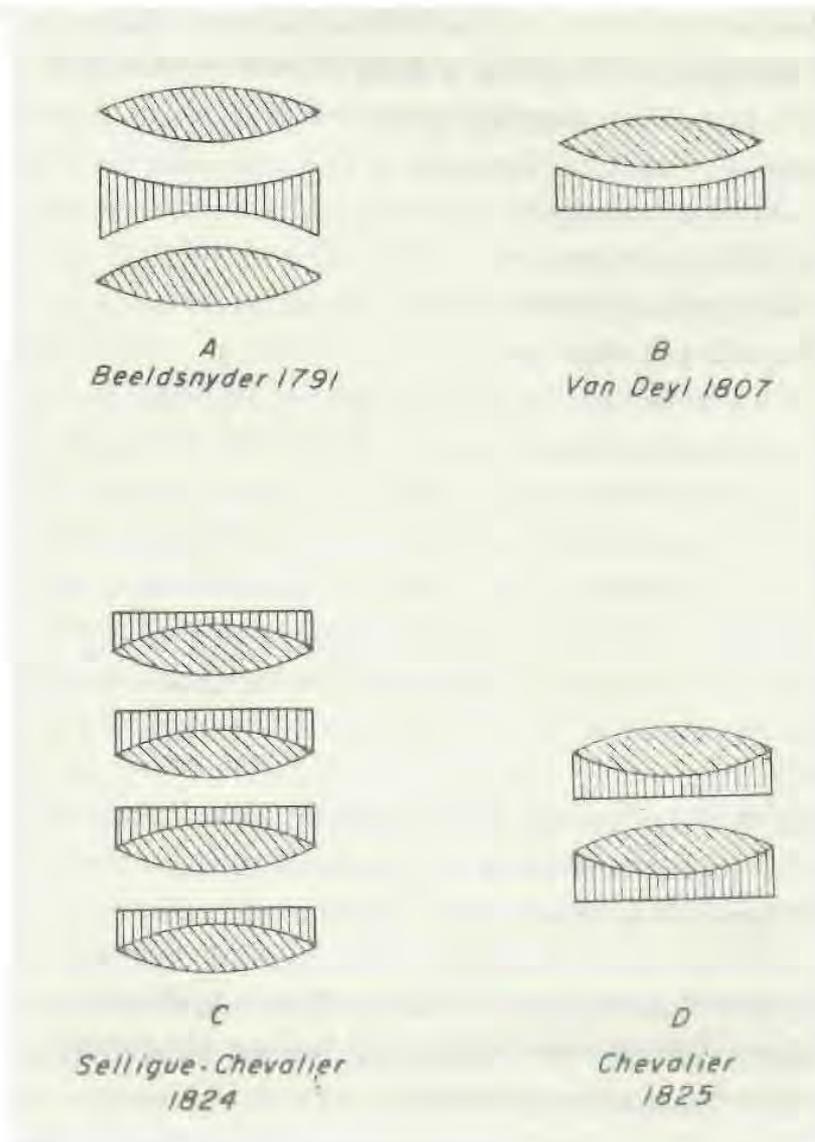


Fig. 35

Il sistema riprodotto in A è del 1791. L'effetto acromatico è prodotto dall'unione di due lenti convergenti con una divergente ed è ottenuto a discapito del potere diottrico e dell'ingrandimento che è piuttosto debole. I tre elementi costituenti il sistema sono separati perché non era ancora entrato nell'uso corrente cementare le lenti fra loro mediante balsamo del Canada o altri collanti. L'accorgimento consistente nel saldare le lenti con un adatto collante migliorò molto le prestazioni ottiche dei sistemi costituiti da lenti addossate.

Il sistema mostrato in B è del 1807 ed è formato dall'unione di una lente piano-concava in vetro flint con una biconvessa in vetro crown. Questa combinazione ebbe molto successo perché con la superficie piana rivolta verso l'oggetto da osservare essa assicurava anche una buona correzione per l'aberrazione di sfericità. Le lenti sono ancora separate e il potere diottrico è ancora piuttosto limitato.

Per annullare l'effetto negativo che l'unione di una lente convergente e di una divergente aveva sull'ingrandimento si pensò di ricorrere a un sistema costituito da più doppietti acromatici (C); in tal modo il potere diottrico complessivo è elevato, essendo la somma dei poteri diottrici singoli. Con combinazioni di questo tipo si otteneva realmente un elevato ingrandimento ma si determinavano anche gravi inconvenienti: una riduzione del campo di visione e, soprattutto, un'"accumulazione" dell'aberrazione di sfericità sui singoli doppietti con il risultato di annullare in pratica i benefici derivanti dalla correzione dell'aberrazione cromatica.

Charles e Vincent Chevalier compresero che gli inconvenienti derivavano in larga misura dal numero e dalla posizione delle lenti. Mantenendo gli stessi criteri costruttivi (la saldatura delle lenti mediante un adatto collante era divenuta nel frattempo una pratica consolidata), essi ridussero i doppietti da quattro a due, accorciarono lievemente la distanza focale di ognuno di essi e montarono il sistema in modo che rivolgesse le superfici piane verso l'oggetto da osservare; riuscirono così a realizzare un buon ingrandimento e, al tempo stesso, a ottenere un notevole miglioramento nella qualità dell'immagine, conseguente a una buona correzione del cromatismo e dell'aberrazione di sfericità. In D è mostrato il sistema ottico da essi realizzato nel 1825.

I sistemi acromatici che abbiamo analizzato, e gli altri che vennero proposti nello stesso periodo, furono il risultato di ricerche condotte su base empirica. I primi studi riguardanti la progettazione di obiettivi per microscopi

praticamente esenti da cromatismo e da aberrazione sferica, e fondati su considerazioni strettamente teoriche, furono pubblicati nel 1830 da J.J. Lister. Da quel momento studi teorici e progresso tecnologico procedettero di pari passo. Contributi significativi vennero da numerosi studiosi fra i quali il modenese Giovanni Battista Amici (1786-1863). La figura più rappresentativa in questo campo è il tedesco Ernst Abbe (1840-1905); a lui sono dovuti molti dei principi che sono alla base della moderna tecnologia dell'ottica dei microscopi e delle lenti in generale.

7. I microscopi del Museo

Nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli sono custoditi un microscopio semplice, quattro microscopi composti, un microscopio solare, un microscopio binoculare e due esemplari del microscopio polarizzante di Amici. Per l'età e la qualità degli strumenti, quasi tutti opera di costruttori prestigiosi, lo stato di conservazione complessivamente molto buono, e le soluzioni tecniche proposte, questa collezione è di notevole interesse storico. È nostro intendimento condurre uno studio approfondito sulle qualità ottiche e meccaniche di questi apparecchi, dal quale escluderemo il microscopio polarizzante di Amici che, per la sua particolarissima struttura e la sua funzione molto specifica, è difficilmente inseribile in un discorso generale sulla evoluzione della microscopia ottica. In questa breve rassegna, intanto, le caratteristiche degli strumenti vengono esaminate anche in rapporto a problematiche e a soluzioni tecniche presentate nella nostra precedente ricostruzione storica.

MICROSCOPIO SEMPLICE DI RASPAIL



Fig. 36

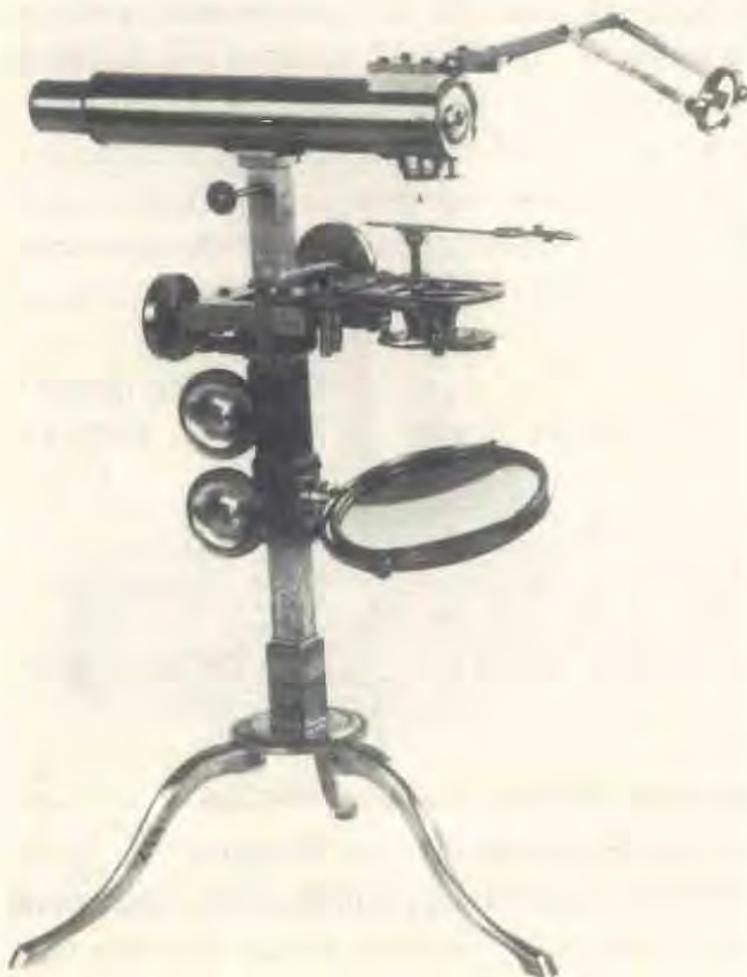
È uno dei migliori esempi di microscopi semplici costruiti tra la fine del secolo XVIII e l'inizio del successivo (fig. 36). Le caratteristiche costruttive sono molto simili a quelle del microscopio acquatico di Ellis (v. paragr. 5, fig. 31).

Una lente convergente incastrata in un diaframma a occhiello è disposta all'estremità di un sostegno orizzontale fissato ad un'asta verticale. Questa è avvitata su di una piccola cassetta di legno che funge sia da base di appoggio che da custodia. Al di sotto della lente è disposto il portaoggetti, costituito da un'ampia lastrina circolare di vetro, incastrata in un anello. Spostamenti verticali del portaoggetti sono comandati da una vite. Il preparato poteva essere osservato in trasparenza con illuminazione dal basso mediante luce diffusa da uno specchio concavo, andato perduto. Lo strumento ha in dotazione quattro lenti di differente potere diottrico; la lente con il potere diottrico più basso ha una distanza focale di 15 mm circa.

Altezza complessiva: 23 cm
Stato di conservazione: buono

Costruttore: Deleuil, Parigi
Datazione: 1830 circa

MICROSCOPIO COMPOSTO DI AMICI

*Fig. 37*

Per le originali soluzioni tecniche adottate questo tipo di strumento, ideato da Giovanni Battista Amici (Modena 1786, Firenze 1863), ha un posto di grande rilievo nella storia della microscopia ottica della prima metà dell'Ottocento. La particolarità più interessante è costituita dalla disposizione orizzontale del tubo ottico (*fig. 37*). Questa soluzione fu adottata per qualche tempo da Amici e da altri costruttori dell'epoca che in tal modo si proponevano di rendere più agevole l'osservazione. Ricordiamo che il primo ad adottare la disposizione orizzontale per il tubo ottico fu Filippo Bonanni alla fine del secolo XVII (v. paragr. 4, *fig. 9*).

Lo strumento qui presentato ha le stesse caratteristiche dell'esemplare custodito nel Museo di Storia della Scienza di Firenze. I raggi luminosi uscenti

dall'obiettivo, il cui asse ottico è verticale, subiscono riflessione totale sulla faccia ipotenusale di un prisma rettangolare isoscele, disposto immediatamente al di sopra dell'obiettivo, e quindi rinviiati nella direzione orizzontale corrispondente all'asse ottico dell'oculare. Il campione poteva essere osservato sia in trasparenza, se lo si illuminava dal basso con la luce riflessa da un grande specchio concavo, sia per diffusione, se lo si illuminava dall'alto con la luce focalizzata da una lente convergente montata all'estremità di un braccio snodabile fissato al tubo del microscopio. Da stativo funge un'asta verticale parallelepipedica, sostenuta da uno stabile treppiede; ad essa sono applicati sofisticati dispositivi che consentono spostamenti laterali e verticali dello specchio concavo e del portaoggetti.

Altezza: 36 cm

Stato di conservazione: ottimo

Costruttore: ignoto

Datazione: 1850 circa

MICROSCOPIO ORIZZONTALE CATÒTTRICO DI JECKER

Questo microscopio composto adotta la disposizione orizzontale come il microscopio di Amici precedentemente descritto. La particolarità più significativa dello strumento consiste però nel fatto che esso è un microscopio "catòttrico", cioè con obiettivo costituito da uno specchio concavo. Tale soluzione, mutuata dai telescopi catòttrici, fu adottata da Amici nei primi decenni del secolo scorso per tentare di risolvere in maniera soddisfacente il problema legato all'aberrazione cromatica prodotta da un obiettivo "diottrico". Ricordiamo che nella seconda metà del secolo XVIII e nei primi decenni del successivo il microscopio composto occupava una posizione tecnicamente arretrata rispetto ai telescopi diottrici che avevano tratto molto vantaggio dall'impiego delle lenti acromatiche introdotte da John Dollond (v. paragr. 6). Abbiamo già esposto le difficoltà tecniche legate, in quel periodo, alla realizzazione di lenti acromatiche, di corta distanza focale, da usare per gli obiettivi dei microscopi. I microscopi catòttrici diedero buoni risultati ma si dimostrarono poco pratici; appena si determinarono progressi notevoli nella



Fig. 38

realizzazione di obiettivi diottrici acromatici per microscopi, essi furono presto abbandonati.

Lo strumento qui presentato (*fig. 38*) ha un valore storico notevole, sia per le sue peculiari caratteristiche sia perché è uno dei pochi esemplari esistenti attribuibili alla Casa costruttrice parigina Jecker, che pure aveva prodotto numerosi microscopi²¹.

I raggi luminosi provenienti dal preparato, dopo aver attraversato il foro d'ingresso, vengono deflessi dalla faccia ipotenusale di un prisma rettangolare isoscele e rinviati sullo specchio concavo che fornisce del preparato un'immagine reale e acromatica nel piano focale anteriore dell'oculare. Il tubo del microscopio è sostenuto da due aste cilindriche verticali fissate ciascuna ad una piastrina avvitata al coperchio della cassetta di legno in cui vengono custoditi gli accessori

dello strumento. Una vite laterale, applicata ad una delle aste di sostegno determina spostamenti verticali del portaoggetti, consentendo così la messa a fuoco. Le osservazioni sono possibili solo in trasparenza.

*Altezza complessiva: 39 cm
Stato di conservazione: ottimo*

*Costruttore: Jecker, Parigi
Datazione: 1830 circa*



Fig. 39

MICROSCOPIO ACROMATICO DI CHEVALIER

È uno dei primi microscopi ad adottare come obiettivo un sistema di lenti in grado di correggere in maniera soddisfacente l'aberrazione cromatica. Uno studio sulle prestazioni ottiche di questo obiettivo (ingrandimento, apertura numerica, potere risolutivo) si presenta particolarmente interessante. Lo strumento è opera di un ottico e costruttore illustre che abbiamo già ricordato, Vincent Chevalier (v. paragr. 6).

Il tubo del microscopio è verticale ed è sostenuto da un anello collegato, mediante un corto braccio, ad un'asta verticale che funge da stativo (*fig. 39*). Il portaoggetti è costituito da una piastrina circolare con un foro al centro; un dischetto orizzontale con quattro fori di diverso diametro consente di delimitare, nella misura ritenuta più idonea, il campo di osservazione in trasparenza. Un analogo dispositivo è montato sul microscopio di Amici precedentemente descritto. Un sistema a cremagliera, applicato all'asta di sostegno del microscopio, determina spostamenti verticali del portaoggetti consentendo così la messa a fuoco. I sistemi di illuminazione, per le osservazioni in trasparenza e per diffusione, sono analoghi a quelli del microscopio di Amici. L'oculare è portato da un tubo che può essere sfilato dal corpo del microscopio; l'intero strumento ottico può esser tolto dall'anello di sostegno. Il microscopio è corredato di due oculari intercambiabili mentre l'obiettivo è unico. L'estremità inferiore dell'asta di sostegno viene avvitata alla cassetta di legno che serve a custodire l'apparecchio.

Altezza complessiva: 45 cm

Costruttore: Vincent Chevalier,
Parigi

Stato di conservazione: ottimo

Datazione: 1830 circa

MICROSCOPIO COMPOSTO DI DOLLOND

Questo strumento fu realizzato dalla Casa costruttrice londinese Dollond, fondata dal già ricordato John Dollond, sul modello dell'"Universal com-

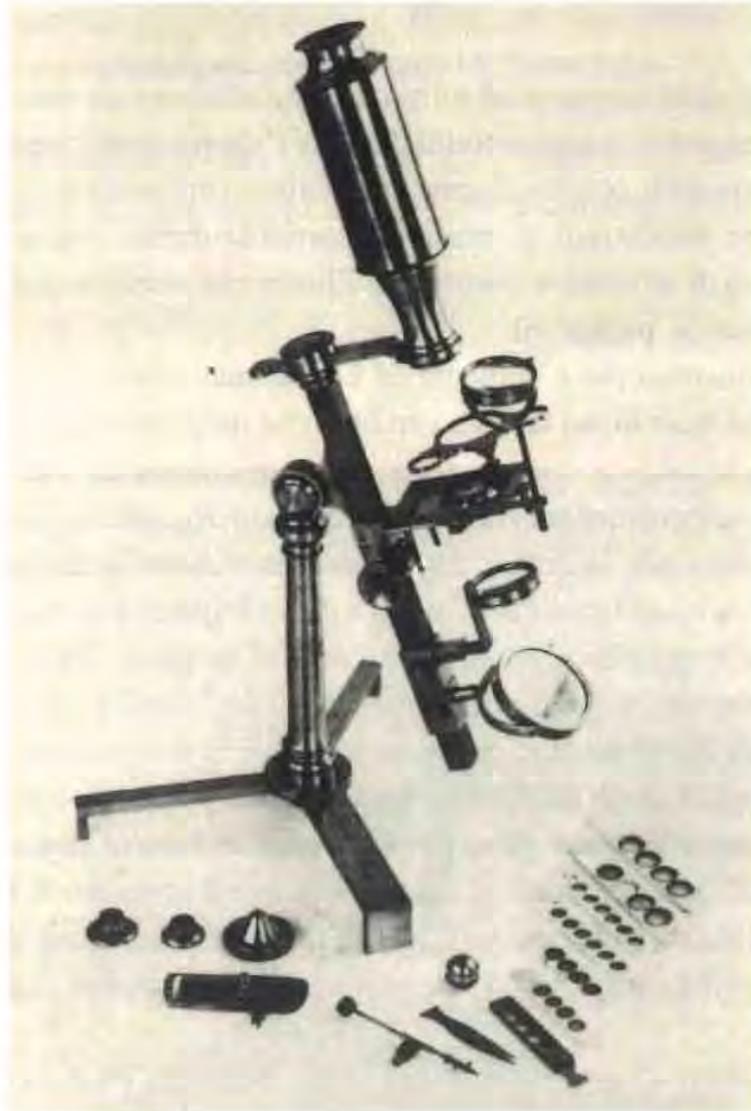


Fig. 40

"pound microscope" che George Adams jr realizzò riprendendo un progetto del padre (v. paragr. 5, fig. 24). Come è già stato ricordato, la particolarità meccanica più rilevante consiste nell'innesto a snodo mediante il quale la barra che sorregge il tubo ottico, il portaoggetti ed il condensatore è collegata ad un'asta verticale sostenuta da un treppiede; lo snodo consente alla barra, e quindi all'asse ottico del microscopio, di assumere tutte le possibili orientazioni senza che si perda l'allineamento con il campione. Grazie alla luce convogliata sul preparato da una lente convergente portata da un braccio innestato sul portaoggetti, l'osservazione è possibile anche per diffusione. Il modello qui presentato (fig. 40) ha in dotazione tre obiettivi di diversa

distanza focale, sei portacampioni in osso, uno in ottone e vari accessori utili per l'osservazione microscopica. L'apparecchio può essere raccolto per intero in una cassetta di legno.

Altezza: 45 cm, con la barra
disposta verticalmente

Stato di conservazione: ottimo

Costruttore: Dollond, Londra

Datazione: 1830 circa

MICROSCOPIO SOLARE

Il microscopio solare, ideato intorno al 1740 dal tedesco Lieberkühn, già ricordato (v. paragr. 5), era destinato a mostrare a un pubblico numeroso dettagli molto ingranditi di preparati trasparenti. Strutturalmente simile a un microscopio, svolgeva in realtà la funzione di proiettore. Perché i dettagli apparissero ben chiari, bisognava usare una sorgente luminosa molto intensa. Poteva in particolare impiegarsi luce solare e, a tal fine, lo strumento veniva fissato per la base maggiore in un foro circolare praticato nel battente di una finestra. Una lente convergente, di diametro pari a quello della base maggiore, ed un'altra lente convergente più piccola, disposta immediatamente prima del portaoggetti, fungevano da condensatore. La luce solare veniva raccolta da uno specchio piano, posto all'esterno, e convogliata sulla lente più grande. Il fascio, reso da questa convergente, veniva raccolto dalla seconda lente e concentrato sul preparato disposto, tra due placchette tenute serrate l'una all'altra, ad una distanza dall'obiettivo un po' più grande della distanza focale; l'immagine, molto luminosa e ingrandita, veniva proiettata su di uno schermo.

Se, per l'esemplare qui presentato, si fa riferimento alla riproduzione fotografica (*fig. 41*), l'obiettivo è all'estremità inferiore del tubo più piccolo in alto. Il tubo inferiore, costituito da tre cilindri di diverso diametro, reca agli estremi le due lenti condensatrici. La messa a fuoco è regolata da un sistema a cremagliera che consente di modificare la distanza dell'obiettivo dal preparato.

*Fig.41*

*Altezza: 35 cm
Stato di conservazione: ottimo*

*Costruttore: J. Duboscq, Parigi
Datazione: 1860 circa*

MICROSCOPIO BINOCULARE

Fra i microscopi della collezione questo è il più recente. Si intravede già in esso la struttura di un microscopio moderno (*fig. 42*).

Dall'obiettivo si dipartono due tubi lievemente inclinati e disposti a V,

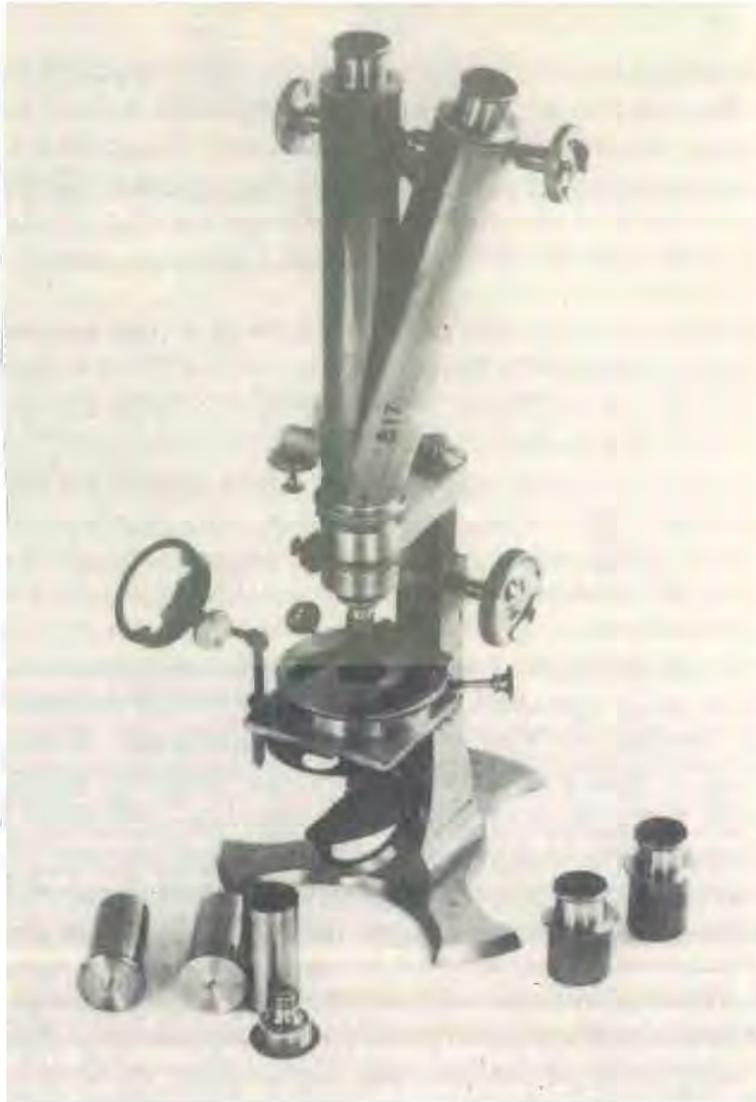


Fig. 42

secondo un piano di simmetria pressoché verticale. Alle due estremità superiori sono collocati due oculari del tipo Huygens (v. paragr. 5 e scheda sugli oculari). I raggi uscenti da uno stesso punto del preparato vengono, mediante un sistema di prismi, scissi in due fascetti che, dopo aver attraversato i tubi, incidono sugli oculari; da ciò nasce l'effetto stereoscopico.

L'apparecchio ha in dotazione oculari di diverso potere diottrico e una custodia di legno. Esso termina inferiormente con una robusta lamina sagomata che, mediante dei fermi, può essere fissata ad una tavoletta.

Altezza: 37 cm

Stato di conservazione: ottimo

Costruttore: ignoto

Datazione: 1870 circa

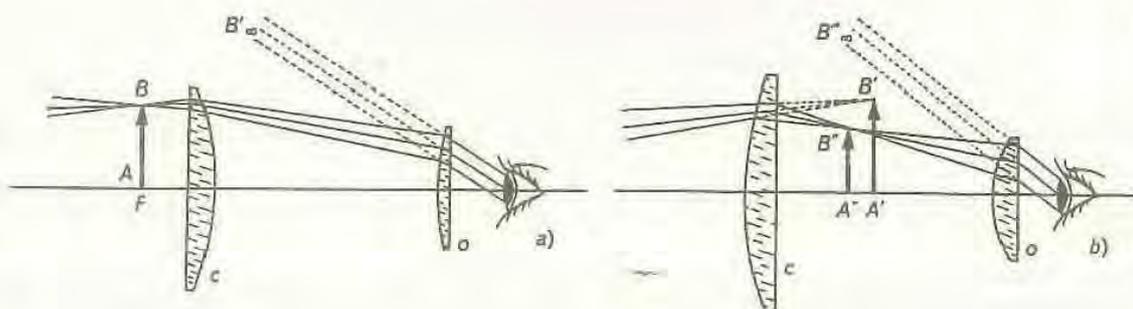
Gli oculari

In un cannocchiale e in un microscopio composto l'oculare è la lente, o il sistema di lenti, cui si accosta l'occhio per osservare l'immagine reale e ingrandita prodotta dall'obiettivo, in modo che in tale osservazione si determini un ulteriore ingrandimento (visuale questa volta). L'oculare deve risultare il più possibile esente da aberrazioni ed essere in grado di fornire un buon ingrandimento e di assicurare un campo di visione corrispondente a quello abbracciato dall'obiettivo; da tali esigenze nasce la necessità di costituire gli oculari come sistemi ottici composti da più lenti.

Gli oculari più usati nei cannocchiali astronomici e nei microscopi composti sono quelli di Ramsden e di Huygens, entrambi costituiti da due lenti, la *lente di campo* o *lente collettrice* e la *lente dell'occhio* o *lente oculare* vera e propria. Alla lente collettrice è affidato il compito di correggere alcune delle aberrazioni residue dell'obiettivo e di convergere verso la lente oculare il fascio di raggi uscenti dall'obiettivo: questo secondo effetto consente una notevole riduzione delle dimensioni della lente dell'occhio e fa sì che il campo abbracciato dall'obiettivo sia visibile per intero con l'occhio nella posizione più comoda, cioè addossato alla lente oculare.

Il tipo di oculare che meglio corrisponde alla impostazione schematica che abbiamo adottato nella scheda riguardante il microscopio composto è quello di Ramsden (figura a); in esso la lente collettrice c e la lente dell'occhio o hanno egual distanza focale f e sono poste a una distanza pari a $(2/3)f$. L'oculare di Ramsden è *positivo*, nel senso che esso può funzionare da solo come microscopio semplice. Nei microscopi a forte ingrandimento si preferisce l'oculare di Huygens (figura b); in esso la lente collettrice è disposta in modo che i raggi uscenti dall'obiettivo vengano raccolti prima che formino l'immagine reale $A'B'$. Le distanze focali delle due lenti c ed o e la distanza mutua fra di esse stanno tra di loro, di solito, come $3 : 1 : 2$. Questo secondo tipo di oculare è *negativo*; esso si comporta come una lente divergente e non può essere usato come microscopio semplice.

I due oculari descritti danno luogo a un'immagine virtuale che ha la stessa orientazione dell'immagine, rovesciata, prodotta dall'obiettivo; essi possono essere usati solo nei microscopi composti e nei cannocchiali astronomici, e si dicono perciò essi stessi *astronomici*. Gli oculari dei cannocchiali terrestri danno luogo ad una immagine diritta; questo effetto si ottiene associando a un oculare astronomico un opportuno *sistema di inversione*.



Note

¹ Come vedremo, i primi studi in tal senso furono condotti nei primi anni del secolo XVII dal grande Johannes Kepler.

² Galileo costruì numerosi cannocchiali con tali caratteristiche, migliorandone via via le prestazioni, e con essi, intorno al 1610, fece importanti rilevazioni e scoperte che ebbero grande risonanza. Scopri numerose stelle e quattro satelliti di Giove, osservò gli anelli di Saturno e le fasi di Venere, definì per primo la struttura della Via Lattea e la natura della superficie lunare.

³ Federico Cesi, naturalista, fu uno dei quattro fondatori, nel 1603, dell'Accademia dei Lincei. Dell'Accademia entrò a far parte, nel 1611, lo stesso Galileo della cui opera "Il Saggiatore" essa curò la pubblicazione (1623).

⁴ L'oggetto andava fissato a un cerchio mobile, alla base dello strumento, dalla cui rotazione dipendeva che si potessero osservare via via le varie parti dell'oggetto stesso; e infatti, precisa Galileo, "quello che si vede in un'occhiata è piccola parte". E poiché, egli aggiunge, "la distanza fra la lente e l'oggetto vuol essere puntualissima", abbiamo la conferma che l'ingrandimento doveva essere notevole. Un "post scriptum" ci informa che "il cannoncino" era di due pezzi e che poteva essere allungato o accorciato a piacimento; sembra dunque che la messa a fuoco si realizzasse grazie allo scorrimento in un tubo dei due sistemi ottici.

⁵ Francesco Stelluti, naturalista e letterato, fu, con Federico Cesi, uno dei fondatori dell'Accademia dei Lincei. I risultati delle sue osservazioni condotte sull'ape con l'ausilio del microscopio furono pubblicati nella splendida *Melissographia*, edita nel 1625 a cura dell'Accademia.

⁶ Nato in Baviera nel 1574, Johannes Faber venne giovanissimo in Italia e vi rimase tutta la vita. Entrò a far parte dell'Accademia dei Lincei nel 1611, ne fu successivamente segretario.

⁷ Degni di menzione, tuttavia, sono gli studi condotti dallo scienziato arabo al-Hasan Ibn al-Haytham (c. 965 - c. 1039), noto agli studiosi europei del Medioevo e del Rinascimento con il nome abbreviato Alhazen, e dallo scienziato e letterato italiano Giambattista Della Porta (1535-1615). All'Alhazen, autore di numerose opere di matematica, astronomia, medicina, filosofia e scienze varie e, in particolare, di un trattato di ottica che ebbe successivamente in Europa larga diffusione, essendo stato tradotto e pubblicato in Italia nel 1572 con il titolo *Opticae thesaurus*, si deve il primo tentativo di trattazione dei fenomeni di riflessione e rifrazione con metodi matematici e geometrici. Interessante è la sua teoria della visione con la quale rovescia la concezione pitagorica ed euclidea secondo cui la visione è determinata da raggi che partono dall'occhio e cadono sull'oggetto. Il Della Porta, dal canto suo, acquistò fama europea con l'opera *Magia naturalis*, pubblicata in forma definitiva nel 1589, nella quale sono descritte un gran numero di esperienze di vario tipo, in particolare esperimenti con gli specchi concavi, la camera oscura, di cui è ritenuto lo scopritore, e con le lenti; le sue osservazioni, spesso geniali, sono volte prevalentemente alla fenomenologia, e nella interpretazione dei fenomeni di riflessione e rifrazione, e del meccanismo della visione, egli non è altrettanto felice, per la nebulosità dei concetti e delle nozioni cui fa ricorso.

⁸ La legge, già esposta da Euclide, era ben nota a Dante (cfr. "Purgatorio", XV, 16-21).

⁹ Marcello Malpighi, uno dei più geniali e coraggiosi innovatori della medicina, fu il primo a ricorrere al microscopio per lo studio sistematico e comparato delle strutture animali e vegetali, e come tale è considerato il fondatore dell'anatomia microscopica. Fu anche un pioniere della dissezione.

¹⁰ Nehemiah Grew fu, insieme con Malpighi, il primo a effettuare analisi microscopiche di vegetali (*Anatomy of Plants*, 1685) e a valersi del metodo comparativo nello studio delle strutture esaminate. Usò per primo il termine "cellula".

¹¹ A Hooke sono dovuti fra l'altro lo scappamento ad ancora, l'invenzione del barometro a quadrante e la scoperta della legge di proporzionalità fra deformazione elastica e causa deformante.

¹² Prima dell'avvento della microfotografia, per pubblicizzare le immagini osservate al microscopio non si poteva che riprodurle con il disegno.

¹³ Eustachio Divini, ottico ed astronomo, fu costruttore di lenti e di strumenti ottici. Con cannocchiali da lui prodotti fece osservazioni astronomiche di un certo rilievo, grazie alle quali poté, fra l'altro, delineare una carta lunare. Gli spetterebbe il merito di aver introdotto l'uso del micrometro oculare.

¹⁴ Sembra che con microscopi di questo tipo abbia operato Malpighi il quale però, come Grew, si servì frequentemente anche di microscopi semplici.

¹⁵ Nei primi microscopi privi di un sistema di illuminazione integrato l'illuminazione dell'oggetto poteva ottenersi concentrando su di esso, mediante una lente convergente tenuta in mano dall'operatore o da un suo assistente, la luce emessa da una lampada o da una candela.

¹⁶ Giuseppe Campani, ottico e astronomo, fu abilissimo costruttore di cannocchiali e microscopi. Fu diviso da Divini da un'accesa rivalità. Gli si deve l'invenzione del sistema di inversione che da lui ha preso il nome e che in un cannocchiale "kepleriano" consente il raddrizzamento dell'immagine. Esso viene associato a un oculare astronomico del tipo Huygens (vedi scheda) ed è costituito da due lenti convergenti, di eguale distanza focale, in condizioni telescopiche. Posteriore di circa un secolo è l'altro tipo di oculare terrestre, quello di Fraunhofer-Ramsden.

¹⁷ Si può pensare di ricorrere allo stesso espediente per correggere le aberrazioni dell'obiettivo di un microscopio composto; ma in questo modo la correzione va a discapito della luminosità dell'immagine che ne risulta molto ridotta, soprattutto in presenza di forte ingrandimento.

¹⁸ Antoni van Leeuwenhoek fu un autodidatta. Si dedicò a diverse attività, ricoprendo anche un modesto impiego nella cittadina di Delft, ove era nato e dove visse a lungo, e nel tempo libero cominciò a interessarsi di lenti e di questioni legate alla microscopia. Acquistò fama europea non solo per la qualità dei suoi microscopi semplici ma anche per le sue osservazioni microscopiche che lo portarono a importanti scoperte come quella dei globuli rossi, degli infusori e degli spermatozoi. Divenne membro della Royal Society nel 1680.

¹⁹ Già nel secolo XVIII alcuni costruttori, come Culpeper, avevano fatto ricorso a un diaframma per ridurre l'aberrazione sferica.

²⁰ La lunghezza focale dei primi obiettivi acromatici per microscopi non era generalmente inferiore a 20 mm.

²¹ Questa Casa costruttrice fu fondata, intorno al 1800, da François-Antoine Jecker, coadiuvato dai suoi due fratelli.

Bibliografia

“Scritti vari di Galileo Galilei” ordinati da A. Conti, Barbera, Firenze, 1864.

P.A. Daguin, “Traité élémentaire de physique théorique et expérimentale”, Delegrave, Paris, 1878.

M. Daumas, “Les instruments scientifiques aux XVII et XVIII siècles”, Presses Universitaires de France, Paris, 1953.

V. Ronchi, “Sull’invenzione degli occhiali”, Atti della Fondazione Giorgio Ronchi, XI, 6, 1956.

S.A. Bedini, “The Optical Workshop of Giuseppe Campani”, Journal of the History of Medicine and Allied Sciences, 16, 1961.

V. Ronchi, “Giovan Battista Amici, Optician”, Atti della Fondazione Giorgio Ronchi, XVIII, 5, 1963.

S.A. Bedini, “Seventeenth Century Italian Compound Microscopes”, Physis, 5, 1963.

R. Kingslake, “Applied Optics and Optical Engineering”, Academic Press, 1965.

J. Terrien, “La microscopie”, Presses Universitaires de France, Paris, 1968.

S. Bradbury, “The Microscope, Past and Present”, Pergamon Press, 1968.

G. Buchdahl, “Methodological Aspects of Kepler’s Theory of Refraction”, Studies in History and Philosophy of Science, 3, 1972.

“Dictionary of Scientific Biography”, a cura di C.C. Gillispie, Charles Scribner’s sons, New York, 1970.

P.H. Sydenham, “Measuring Instruments: Tools of Knowledge and Control”, Peter Peregrinus in association with Science Museum, London, 1979.

B. Gille, "Histoire des techniques", Gallimard, Paris, 1978

"Maison Nachet - Catalogues des Fondes de 1854 à 1910", Alain Brioux, Paris, 1979.

M. Daumas, "Scientific Instruments of the 17th and 18th Centuries and their Makers", Bats Ford, London, 1972.

G.L'E. Turner, "Collecting Microscopes", Cassell, London, 1981.

V. Ronchi, "Il Keplero conosceva l'ottica del Maurolico?" Atti della Fondazione Giorgio Ronchi, XXXVII, 2, 1982.

L. Belloni, "Il microscopio: un esempio di interdipendenza tra strumenti e sviluppi teorici in Biologia", *Epistemologia*, VIII, 1985.

R.G. Mazzolini, "Dall'occhialino al microscopio", Mostra su Galilei, sezione VIII, Firenze, 1987.

G. Dragoni, G. Matteucci e G.F. Missiroli, "Progressi in microscopia dalle origini ai giorni nostri", *Il Nuovo Saggiatore*, 3, 1987.

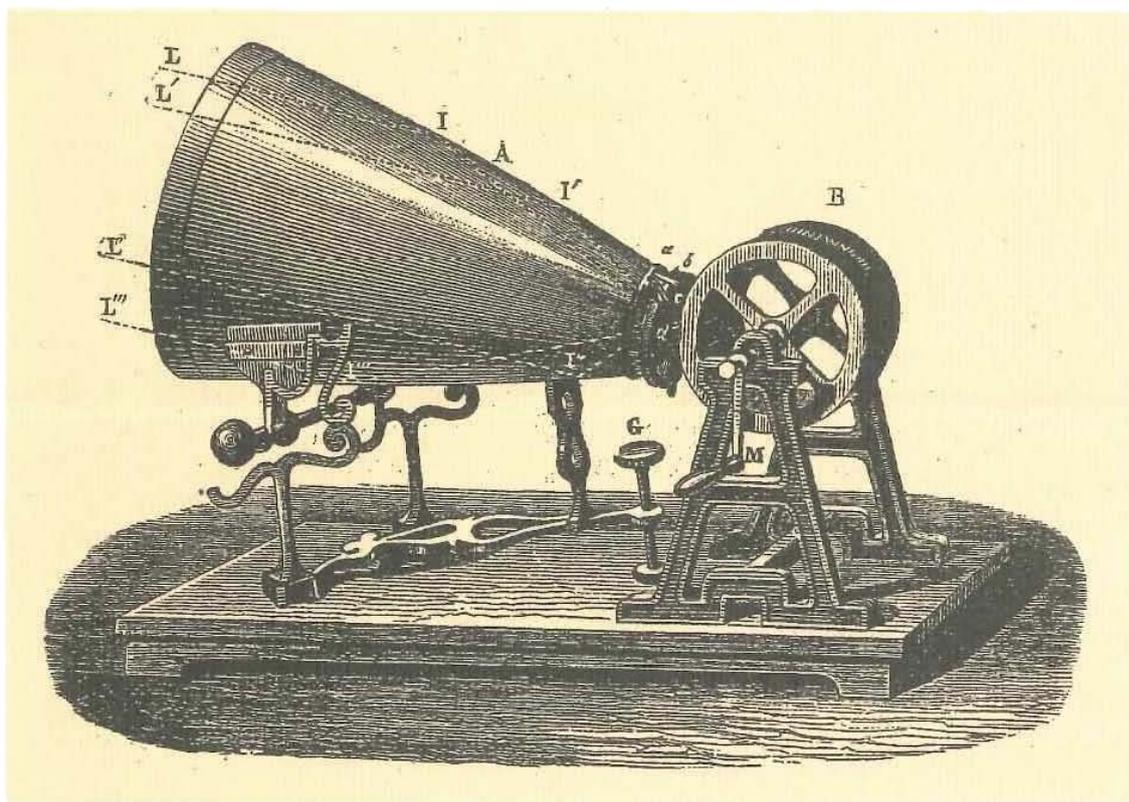
G. Dragoni, "G.B. Amici e il microscopio a riflessione", *Giornale di Fisica*, XXIX, 1988.

S. Butler, R.H. Nuttall & O. Brown, "The Social History of the Microscope", Whipple Museum of the History of Science, Free School Lane, Cambridge.

E. Ragozzino - G. Paternoster - E. Schettino

L'ACUSTICA, SCIENZA DIMENTICATA

LA SCIENZA DEL SUONO NEGLI STRUMENTI DEL MUSEO



Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche
Università di Napoli Federico II

E. Ragozzino - G. Paternoster - E. Schettino

L'ACUSTICA, SCIENZA DIMENTICATA

LA SCIENZA DEL SUONO NEGLI STRUMENTI DEL MUSEO

Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche
Università di Napoli Federico II

Questa pubblicazione è stata realizzata grazie a speciali “fondi museali” dell’Università di Napoli Federico II.

In copertina : Il *fonoautografo*, strumento registratore di suoni messo a punto, intorno alla metà del secolo scorso, con l’impiego di tecnologie introdotte da diversi studiosi. Le onde sonore, raccolte da un imbuto tronco-conico, vengono convogliate su di una membrana tesa; una punta, posta in oscillazione dalle vibrazioni della membrana, lascia una traccia su di un cartoncino annerito avvolto su di un tamburo girevole.
(Da Tyndall, *Le son*, Gauthier-Villars, Paris, 1869).

Indice

Presentazione	5
Introduzione	7
Apparecchi per lo studio di proprietà generali delle onde elastiche	8
Sorgenti sonore	11
Apparecchi per l'interferenza acustica e per l'analisi armonica dei suoni	29
Note	34
Scheda I	
<i>L'evoluzione della scienza del suono: breve nota storica</i>	36
Scheda II	
<i>Caratteristiche comuni dei fenomeni ondulatorii.</i> <i>Onde trasversali e longitudinali</i>	38
Scheda III	
<i>Natura e caratteri distintivi del suono</i>	40
Scheda IV	
<i>Meccanismo di produzione dei suoni</i>	42
Scheda V	
<i>Determinazione della velocità del suono nei fluidi</i>	44
Bibliografia	46
Elenco delle pubblicazioni museali sinora edite	47

Presentazione

Questa pubblicazione è dedicata agli strumenti di acustica custoditi nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli dei quali costituisce una sorta di "catalogo ragionato".¹ Non ristretta ad una pura enumerazione e descrizione degli apparecchi, ripropone, con l'ausilio di schede monografiche fuori testo, fenomeni ed esperienze legati alla produzione ed alla propagazione delle onde acustiche; con tale impostazione abbiamo inteso fornire un contributo al rilancio della scienza del suono sul piano didattico-culturale. Voci e suoni sono parte irrinunciabile della nostra vita quotidiana, eppure l'acustica è oggi una scienza quasi dimenticata: pressoché ignorata nei testi e nei corsi di fisica generale, è confinata in settori estremamente specialistici come quelli riguardanti l'analisi, la sintesi e la riproduzione dei suoni. Ci auguriamo che il contenuto della pubblicazione possa concorrere ad una rivalutazione delle esperienze di acustica sia come saggi di autonomo valore culturale sia come utile introduzione allo studio più generale dei fenomeni ondulatorii.

¹ Un elenco delle pubblicazioni museali sinora edite è riportato in appendice.

1. Introduzione

Il recupero degli antichi strumenti di fisica, realizzato attraverso l'identificazione, l'inventario e la catalogazione degli apparecchi, il restauro degli oggetti danneggiati e la creazione di adeguate strutture ove gli strumenti possano essere custoditi ed esposti, è un'opera che va sostenuta ed incoraggiata perché altamente significativa sul piano storico-culturale. Una raccolta di tali oggetti offre una testimonianza diretta della evoluzione delle scienze fisiche, in campo teorico e in campo strumentale, e consente agli studiosi della storia della scienza non solo di prendere atto di questo progressivo rinnovamento ma anche di rileggerlo ed interpretarlo alla luce dei possibili legami fra sviluppo delle teorie scientifiche ed evoluzione tecnologica. Le collezioni di apparecchi antichi costituiscono inoltre un mezzo di divulgazione scientifica di straordinaria efficacia; l'apertura al pubblico dei locali ove esse sono custodite e l'allestimento di mostre tematiche sono iniziative delle quali possono fruire anche persone poco esperte se esse vengono assistite con supporti informativi adeguati.

Sotto l'aspetto dell'interesse storico-culturale è spesso impossibile operare, per gli strumenti antichi, una distinzione fra quelli ideati specificamente per la ricerca e quelli costruiti in funzione didattica e dimostrativa; giacché questi, frequentemente, non sono che la riproduzione di apparecchi realizzati inizialmente per la ricerca. In ogni caso, il fatto che questi strumenti, quali che fossero le loro finalità, descrivano dei fenomeni, o mettano in evidenza delle proprietà fisiche, attribuisce loro, oggi, la stessa validità che avevano al tempo in cui furono costruiti, anche se, con il trascorrere degli anni, si è determinata una evoluzione nella interpretazione teorica dell'esperimento. Per di più, la verifica di leggi o proprietà in campi della fisica quasi dimenticati ha, per gli studenti e per gli stessi docenti, il significato di una riscoperta; l'esperienza può riuscire, proprio per questo, particolarmente suggestiva e culturalmente produttiva.

In tale contesto si collocano gli apparecchi di acustica custoditi nelle Università e nei gabinetti di fisica di tanti Istituti scolastici. La loro rivalutazione appare opportuna anche alla luce delle considerazioni seguenti: (a) le esperienze che questi apparecchi consentono di ricostruire hanno segnato tappe importanti nella evoluzione della scienza del suono e, più in generale, dei fenomeni vibratorii; (b) nei testi e nei corsi di lezioni di fisica generale l'acustica non è più considerata come un argomento a se stante ma come un aspetto marginale della più globale scienza delle onde che, peraltro, viene generalmente esposta in maniera astratta e formale, senza alcun supporto sperimentale; le esperienze di acustica possono allora acquistare una valenza particolare se esse non vengono considerate solo come mezzo per illustrare le proprietà del suono ma intese anche come un'utilissima introduzione allo studio più generale dei fenomeni ondulatorii.

Nei paragrafi successivi descriveremo le caratteristiche degli apparecchi di acustica custoditi nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli e mostreremo quali esperienze si possano con essi condurre e quali informazioni se ne possano trarre. Inizieremo con gli strumenti destinati allo studio della propagazione delle onde elastiche e di alcuni fenomeni con essa connessi; esamineremo poi le sorgenti sonore (sirene, tubi, piastre, campane e diapason) e concluderemo con gli apparecchi destinati allo studio della interferenza acustica e all'analisi armonica dei suoni.

2. Apparecchi per lo studio di proprietà generali delle onde elastiche

Il primo apparecchio sul quale fisseremo la nostra attenzione è quello mostrato in fig. 1. Ad un sistema di anelli affiancati sono saldate altrettante asticine verticali ciascuna delle quali termina in alto con una sferetta bianca. Gli anelli sono fissati ad una barretta orizzontale in maniera tale che, facendo ruotare questa su se stessa mediante una manovella, le sferette si muovano in su e in giù fuori fase e la linea che le congiunge disegni una sinusoide mobile. Il movimento delle palline visualizza con immediatezza il propagarsi di un'onda progressiva trasversale in una corda indefinita, in conformità con quanto è espresso dall'equazione d'onda $s = a \cos 2 \pi [(t/T - x/\lambda)]$. L'esperienza consente di verificare, fra l'altro, che nell'intervallo di tempo T necessario perché una pallina, corrispondente a un punto della corda, compia un'intera oscillazione (periodo), l'onda viaggia lungo le sferette coprendo un percorso pari alla lunghezza d'onda λ , ossia eguale alla distanza che intercorre ad ogni istante fra due creste d'onda. In senso più lato l'apparecchio descrive il propagarsi di una qualsiasi onda unidimensionale; ciò che il movimento delle sferette vuol rappresentare in questo caso è il fatto che ciascun punto del mezzo oscilla armonicamente intorno alla sua posizione di quiete e che in ogni istante la distribuzione degli spostamenti dei diversi punti lungo la direzione di propagazione dell'onda è di tipo sinusoidale.



fig. 1 - Apparecchio per la visualizzazione del moto ondoso. Costruttore: E. M. Clarke, London. Datazione: c. 1860. Altezza: 94 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

Apparati come quello descritto furono ideati e realizzati, intorno alla metà del secolo scorso, da Charles Woodward, presidente della Islington Scientific Society di Londra. Egli ideò anche un apparecchio più complesso, che, grazie ad un accorgimento semplice e geniale al tempo stesso, consentiva di mostrare i risultati prodotti dall'interferenza di due onde unidimensionali¹.

I meccanismi di propagazione delle onde elastiche vengono ricordati nelle schede II e III. Essi corrispondono alla trasmissione di una vibrazione in un mezzo materiale e quindi richiedono necessariamente la presenza di questo. Da una sorgente sonora posta in aria, o in qualsiasi altro mezzo fluido, si dipartono onde longitudinali che, grazie alle successive compressioni e rarefazioni trasmesse al fluido, possono giungere al nostro orecchio e dar luogo alla caratteristica sensazione uditiva se la frequenza di vibrazione assume valori opportuni; la trasmissione del suono non è possibile se la sorgente è nel vuoto.

La proprietà ora ricordata può essere messa in evidenza mediante l'apparecchio riprodotto in fig. 2. Una campanella è sospesa all'interno di un globo di vetro poggiante su di una base di legno e chiuso in alto da una ghiera di ottone munita di rubinetto e collegabile con una macchina pneumatica in grado di realizzare un vuoto molto spinto. Se si scuote il globo mentre la ghiera è direttamente collegata con l'esterno, si avverte distintamente il suono della campanella; se si danno al globo dei ripetuti scossoni dopo che la connessione con l'esterno sia stata chiusa ed aperta quella con la pompa per il vuoto, il suono, inizialmente ben distinto, si va via via indebolendo sino a divenire quasi impercettibile. I risultati ottenuti si possono più correttamente interpretare in termini di energia trasmessa, per unità di tempo e di superficie, dalla sorgente sonora all'aria che la circonda. Questa energia esprime l'intensità della perturbazione che si propaga nel fluido (vedi scheda III) ed è, per una vibrazione di determinata frequenza, direttamente proporzionale alla densità dell'aria nel pallone e quindi alla pressione del fluido². A mano a mano che l'aria viene estratta il suono diviene via via più debole.

L'esperienza descritta fu eseguita da numerosi studiosi nei secoli XVII e XVIII. Particolare menzione merita quella condotta nel 1705 dal fisico inglese Francis Hawksbee (? - 1713)³ dinanzi ai membri della Royal Society di Londra.

Il suono, in quanto fenomeno di natura ondulatoria, può dar luogo a riflessione, rifrazione, interferenza e diffrazione. Una percentuale più o meno elevata dell'energia sonora viene riflessa alla superficie di separazione fra due mezzi distinti con le stesse modalità con



fig. 2 - Apparecchio destinato a mostrare che il suono non si propaga nel vuoto. Datazione: c.1870. Altezza: 45 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

cui vengono riflesse onde elettromagnetiche. Per mettere in evidenza questa proprietà possono essere usati due specchi coniugati, cioè due riflettori concavi disposti l'uno di fronte all'altro e sullo stesso asse. Tale è la funzione delle due calotte sferiche di ottone riprodotte in fig. 3. Avvicinando l'orecchio al fuoco di uno dei due riflettori si può avvertire il ticchettio di un orologio da taschino posto nel fuoco dell'altro specchio, anche se le due superfici riflettenti sono piuttosto distanti. Il meccanismo alla base del fenomeno è mostrato in fig. 4(a). In realtà, come mostra lo studio della riflessione condotto con criteri geometrici, il parallelismo dei raggi riflessi dalla prima superficie speculare e l'omocentricità dei raggi riflessi dalla seconda



fig.3 - Specchi concavi in ottone. Datazione: c.1880. Diametro: 65 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

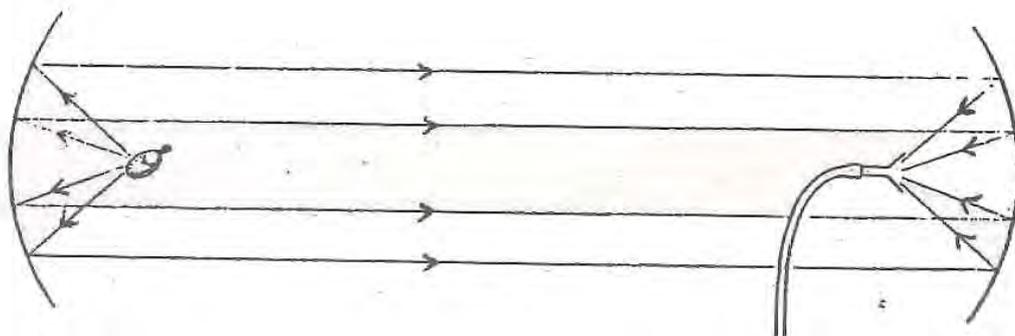


fig. 4(a)

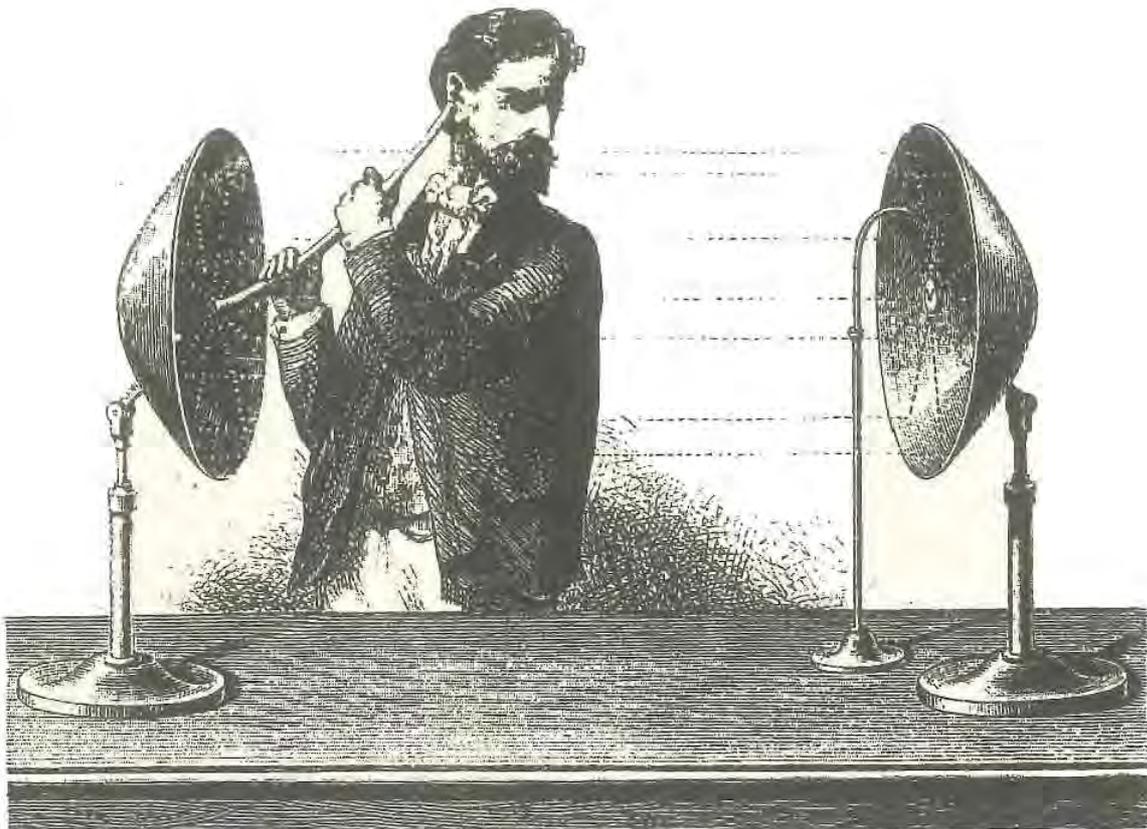


fig. 4(b)

superficie sono tanto meglio verificati quanto più le superfici stesse si approssimano a un paraboloide di rivoluzione; per la realizzazione dell'esperienza è quindi preferibile usare due riflettori paraboloidici in luogo di due superfici speculari sferiche, così come è mostrato in fig. 4(b).

3. Sorgenti sonore

Le sorgenti sonore, cioè i corpi vibranti in grado di trasmettere all'aria onde longitudinali di frequenza udibile, sono di vario tipo. Gli apparecchi di acustica del Museo comprendono una sirena, una campana di vetro, sette piastre e alcune decine di diapason e tubi sonori.

Sirene

Le sirene sono generatori acustici in grado di emettere suoni di notevole intensità e di frequenza variabile; come tali possono essere usate per segnalazioni di vario genere. La prima sorgente sonora avente queste caratteristiche fu realizzata dal fisico francese Charles Cagniard de la Tour (1777 - 1859)⁴ che ne diede notizia in un articolo pubblicato nel 1819 sulla rivista *Annales de Chimie* e intitolato "Sur la sirène, nouvelle machine d'acoustique destinée à mesurer les vibrations de l'air qui constituent le son". Nella versione perfezionata realizzata da H. W. Dove (1803 - 1879) l'apparecchio è costituito (fig. 5) da un disco mobile che presenta piccoli fori equidistanti su quattro circonferenze concentriche, e da un disco

fisso, postò immediatamente al di sotto del primo e dotato di una identica serie di fori. Il disco inferiore chiude una cavità cilindrica in cui viene immessa una veloce corrente d'aria mentre quello superiore è collegato a un piccolo albero motore verticale, a sua volta connesso, attraverso un sistema formato da una vite senza fine e da una ruota dentata, con un contagiri. Se si fa ruotare il disco superiore i fori di cui esso è dotato vengono a trovarsi in coincidenza con i fori praticati nel disco inferiore in un dato istante e con gli spazi pieni fra due fori in un istante successivo. Tutte le volte che si realizza la prima situazione l'aria insufflata nella cavità cilindrica sfugge velocemente dai fori comprimendo bruscamente quella che è immediatamente al di sopra del disco mobile. All'aria circostante viene dunque trasmessa una serie di rapide compressioni successive che si susseguono con una frequenza dipendente dalla velocità angolare del disco e dal numero di fori dislocati su di una circonferenza; questo numero, infatti, indica anche quante volte, per una rotazione completa del disco superiore, i fori praticati nei due dischi si trovano in coincidenza. Poiché è possibile rendere attiva una sola serie di fori, o contemporaneamente attive due o più serie di fori, può ottenersi, con velocità angolare costante, un suono di frequenza ben definita o combinazioni di suoni di frequenza diversa. Nel primo caso la frequenza può essere misurata con l'ausilio di un cronometro e del contagiri collegato all'albero motore. Naturalmente, se la velocità di rotazione non è uniforme, il suono che si genera è di frequenza variabile.

Nella versione originaria di Cagniard de la Tour il disco mobile reca una sola serie di fori; inoltre questi sono praticati obliquamente nel disco superiore così che è lo stesso getto d'aria a farlo ruotare.

Di poco posteriore è la sirena ideata dal tedesco Louis Friedrich W. A. Seebeck (1805 - 1849), che è fondata sullo stesso principio ma costruttivamente più semplice. Un grande disco metallico, mobile intorno al proprio asse, è disposto in un piano verticale e reca delle serie di fori equidistanti su circonferenze concentriche. Le vibrazioni acustiche si generano se si pone in rotazione il disco e si indirizza su di esso un getto d'aria mediante un sottile cannello il cui orifizio sia in corrispondenza della linea circolare che unisce una serie di fori e a piccola distanza da essa. La frequenza di vibrazione, che può risultare costante o variabile a seconda che il disco venga, o non, fatto ruotare con velocità angolare uniforme, è determinata dal numero di fori investiti dal getto d'aria nell'unità di tempo.

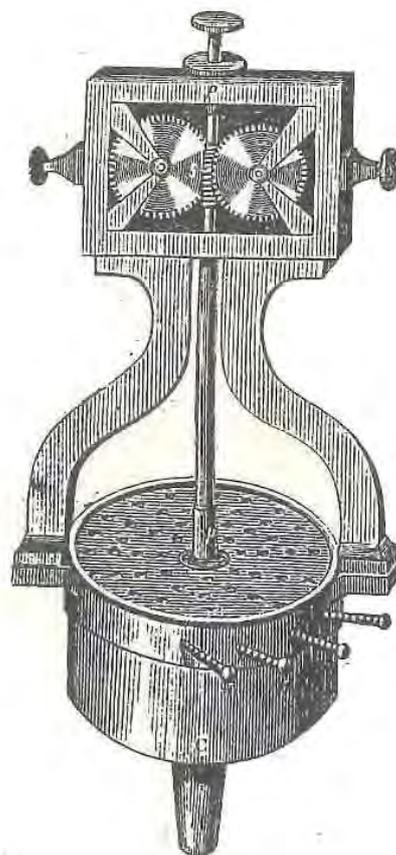


fig. 5

L'esemplare custodito nel Museo (fig. 6) riproduce la sirena di Seebeck nella versione proposta dal tedesco Friedrich Opelt (1794 -1863). Il disco, di ottone, presenta nella parte centrale 15 serie di fori equidistanti. Il numero di fori è tanto più elevato quanto maggiore è il raggio della circonferenza lungo la quale essi sono dislocati; pertanto il suono che si percepisce, con velocità angolare costante, ha una frequenza tanto più alta quanto più i fori sono distanti dal centro. Il disco di Opelt si differenzia da quello originario di Seebeck soprattutto nella parte periferica; le 9 serie qui dislocate sono costituite ciascuna da due gruppi di fori equidistanti così che, per una rotazione uniforme del disco, non si percepisce un suono di frequenza ben definita bensì un accordo.



fig. 6 - Sirena di Seebeck. Costruttore: R. Koenig. Datazione: c.1880. Altezza: 57 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

Dagli apparecchi ora descritti sono derivati molti dei segnalatori acustici impiegati negli opifici e in tempo di guerra. Una sirena di Cagniard de la Tour o di Seebeck può essere usata per la misurazione delle frequenze di vibrazione di sorgenti quali diapason, corde tese e tubi sonori; del resto, come il titolo dell'articolo citato chiarisce, il generatore ideato da Cagniard de la Tour era destinato proprio a questo scopo.

Per la determinazione della frequenza di vibrazione di una sorgente sonora si procede al seguente modo. Posta in azione la sirena, si eccita la sorgente e, a seconda che il suono da questa emesso appaia più acuto o più grave di quello generato dalla sirena, si fa gradualmente aumentare o diminuire la velocità di rotazione del disco sino a che dei *battimenti* siano chiaramente percepiti. Il fenomeno dei battimenti, come è ben noto, si determina nella composizione di due vibrazioni armoniche dello stesso tipo, e di frequenze v_1 e v_2 differenti, che si propagano nella stessa direzione e nello stesso verso; l'oscillazione risultante ha un'ampiezza variabile nel tempo con legge sinusoidale e con frequenza $(v_1 - v_2)/2$. Nel caso particolare di onde acustiche la variazione periodica di ampiezza si traduce in una variazione periodica dell'intensità del suono risultante, tanto meglio percettibile quanto meno discoste sono le frequenze dei suoni componenti. La realizzazione della condizione per cui la sovrappo-

posizione dei suoni emessi dalla sirena e dalla sorgente in esame dà luogo a battimenti indica dunque che le due frequenze sono molto prossime l'una all'altra. Da questo momento in poi una variazione molto lenta, e nel senso giusto, della velocità di rotazione del disco porta ad una graduale diminuzione della frequenza dei battimenti, cioè della variazione periodica di intensità; quando i battimenti scompaiono è segno che si è raggiunta la condizione di *unisono*: i suoni generati dalle due sorgenti hanno la medesima frequenza.

Tubi sonori

Il Museo custodisce 14 canne sonore aperte di forma parallelepipedica e due di forma cilindrica. Essendo diverse le loro lunghezze, differenti sono le frequenze fondamentali e armoniche dei suoni da esse emessi, in conformità con i criteri esposti nella scheda IV.

La fig. 7 riproduce un gruppo di canne.

Tutti i tubi sono in legno e muniti di un'imboccatura di forma tronco-conica. L'eccitazione della colonna d'aria avviene attraverso un meccanismo piuttosto complesso legato alla particolare struttura che lo strumento presenta in prossimità dell'imboccatura (fig. 8). L'aria soffiata nel tubo d'ingresso viene dapprima compressa nella piccola concamerazione C per poi passare attraverso la sottile fenditura e d; si ha dunque, all'uscita, una veloce corrente d'aria che successivamente, infrangendosi sulla lamina a b, a forma di cuneo sottile, va ad eccitare l'aria in R. È come se lo spigolo tagliente della lamina determinasse nella colonna d'aria una serie di oscillazioni forzate di frequenza diversa alcune delle quali in sintonia con le vibrazioni persistenti compatibili con l'esistenza di due aperture agli estremi; abbiamo a che fare, sostanzialmente, con un fenomeno di *risonanza* (vedi sottoparagrafo relativo ai diapason). La colonna d'aria risponde in maniera diversa a seconda che si soffi nel tubo piuttosto debolmente o con maggior forza: nel primo caso prevale nettamente la nota fondamentale, nel secondo caso la prima armonica. Una corrente d'aria più o meno energica corrisponde dunque a una sollecitazione esterna differente.



fig. 7 - Canne sonore parallelepipediche. Costruttore: R. Koenig, Paris. Datazione: c. 1880. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

Una delle canne sonore è predisposta per una prova diretta del diverso comportamento della colonna d'aria. In corrispondenza della sezione mediana di questa la canna è esternamente munita (fig. 9) di un ugello O che fuoriesce da una piccola cavità cilindrica C chiusa alla base da una membrana flessibile a diretto contatto con l'aria all'interno del tubo; per mezzo di raccordi di gomma nella cavità può essere immesso un gas combustibile. Si accenda il gas all'estremità dell'ugello, si regoli al minimo la fiamma e si soffi nell'imboccatura in modo da eccitare la frequenza fondamentale: la sezione mediana della colonna d'aria costituirà un nodo di vibrazione [scheda IV, fig. (d)] e la corrispondente variazione di pressione avrà un'ampiezza sufficiente ad estinguere la fiamma. Se invece la



fig. 8



fig. 9 - Canna sonora con capsula manometrica. Costruttore: R. Koenig, Paris. Datazione: c. 1880. Lunghezza: 67 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

colonna d'aria vibra sulla prima armonica, in corrispondenza della sezione mediana si stabilirà un ventre di vibrazione [fig. (e)], con variazioni di pressione pressoché nulle, e la fiamma arderà tranquillamente. Il dispositivo descritto costituisce una *capsula manometrica*.

Piastre e campane

Il meccanismo con cui entrano in vibrazione corpi a forma di sbarra, piastra o campana è sostanzialmente eguale a quello che si determina in una corda tesa o in un tubo sonoro (scheda IV). Eccitato il corpo in un punto, l'oscillazione iniziale è più o meno complessa, a seconda del punto in cui è avvenuta l'eccitazione e del modo con cui questa si è realizzata. In brevissimo tempo, per effetto delle riflessioni multiple alle superfici di discontinuità, si distruggono tutte le oscillazioni tranne quelle che possono dar luogo a un sistema di onde stazionarie.

Un metodo ingegnoso per visualizzare le vibrazioni stazionarie eccitate in piastre di vetro o di metallo fu ideato dal tedesco Ernst Florenz Friedrich Chladni (1756 - 1827)⁵. Per gran parte della sua vita egli si dedicò alla scienza del suono spintovi certamente dalla passione per la musica ma anche dalla constatazione che questa scienza occupava una posizione molto arretrata rispetto ad altre discipline fisiche come la termologia e l'elettrologia. Nel 1785 egli osservò che una lastra di vetro o di metallo dava luogo a suoni diversi quando veniva percossa in punti differenti; si ingegnò allora di trovare un metodo che gli consentisse di riprodurre questi diversi modi di vibrazione e gli offrisse un criterio oggettivo per stabilire in che cosa essi si differenziassero. Per rivelare lo stato di elettrizzazione di un corpo il tedesco Georg Christoph Lichtenberg (1742 - 1799)⁶ usava spargere sulla sua superficie della polvere di zolfo o di minio; questo suggerì a Chladni l'idea di ricoprire di sabbia sottile la superficie di un corpo vibrante. Le esperienze condotte con questo accorgimento su piastre di vetro o di ottone, fissate al centro mediante un adatto supporto ed eccitate al bordo con un archetto di violino, diedero risultati sorprendenti; infatti la sabbia, raccogliendosi lungo le *linee nodali*, ossia lungo le linee in cui, per la stazionarietà delle onde che si instaurano nella lastra, l'ampiezza di vibrazione è costantemente nulla, dava luogo a nettissime figure, talora complicate e curiose. La fig. 10 riproduce una serie di *figure di Chladni* ottenute, con una lastra quadrata fissata al centro, di 30-40 cm di lato, dopo aver premuto contro di essa le dita in punti convenientemente scelti e averla eccitata con un archetto di violino sfregato sul bordo in un punto scelto anch'esso opportunamente. Le dita hanno la funzione di smorzare le oscillazioni nei punti in cui esse toccano la piastra.

La trattazione matematica dei processi che danno luogo alle figure di Chladni è molto complicata e noi ci limiteremo ad una breve descrizione delle procedure sperimentali più semplici e dei modi di vibrazione che con esse si realizzano. La prima configurazione in alto a sinistra, in fig. 10, corrisponde alla nota fondamentale, cioè al suono più grave che la piastra è in grado di emettere; per produrre questa nota si blocca il centro A di uno dei lati, premendolo fra due dita, e si eccitano le vibrazioni ad un estremo B dello stesso lato (fig. 11) con l'archetto tenuto quasi verticalmente e mosso sul bordo con un colpo deciso. La sabbia si disporrà secondo le due linee mediane; i quadranti 1 e 4 vibreranno in fase e in opposizione di fase con i quadranti 2 e 3. La configurazione successiva si riferisce alla frequenza immediatamente più alta che la piastra è in grado di produrre; per ottenerla si blocca la piastra ad uno degli angoli e si attacca con l'archetto il centro di uno dei lati. Le figg. 12 e 13 illustrano altri due modi di operare e mostrano le linee nodali che con tali procedure si ottengono. Man mano che le configurazioni divengono più complesse i

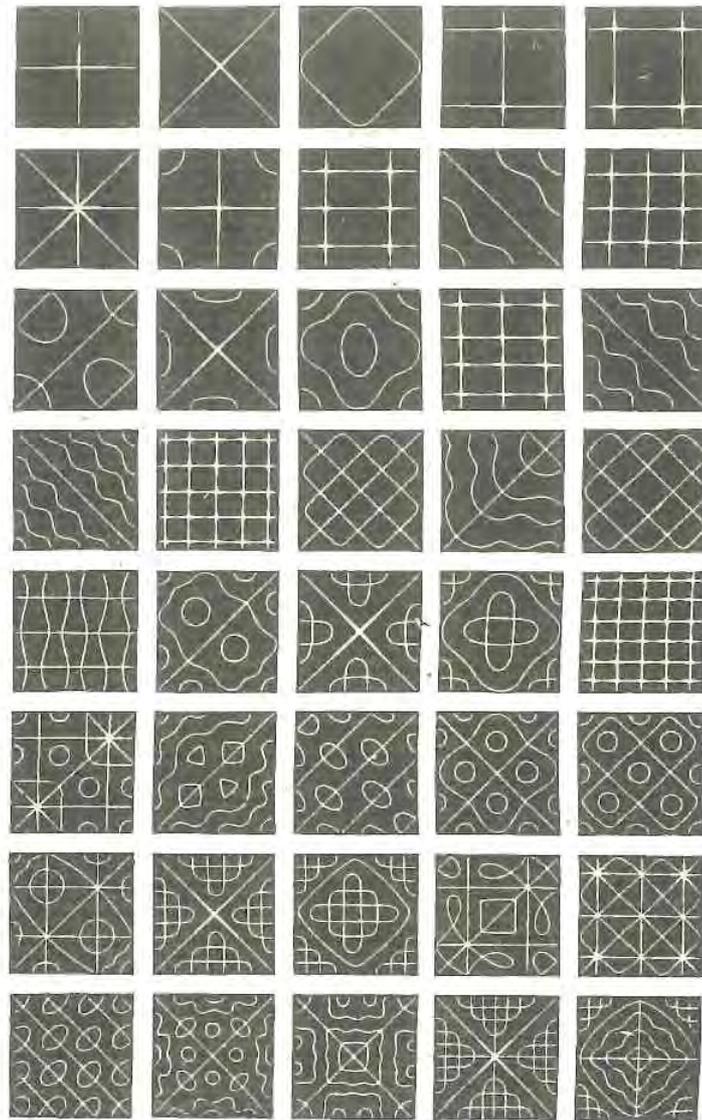


fig.10

procedimenti sperimentali da seguire sono via via più complicati e richiedono un'abilità sempre maggiore.

Le linee nodali ottenute con una piastra circolare danno luogo a configurazioni generalmente semplici e geometricamente ben definite. Per una lastra fissata al centro la nota fondamentale corrisponde a due linee radiali fra loro ortogonali, la frequenza immediatamente superiore a tre linee radiali a 60° l'una rispetto all'altra. Per frequenze via via più elevate le linee sono sempre più fitte; esse però sono sempre in numero pari e dividono il disco in settori circolari eguali (fig. 14). I settori di ordine dispari vibrano in opposizione di fase con quelli contigui e in fase fra loro. Per una piastra non fissata al centro, e poggiante

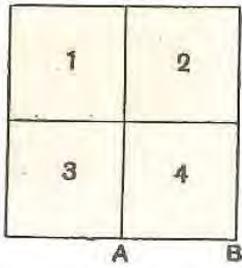


fig. 11

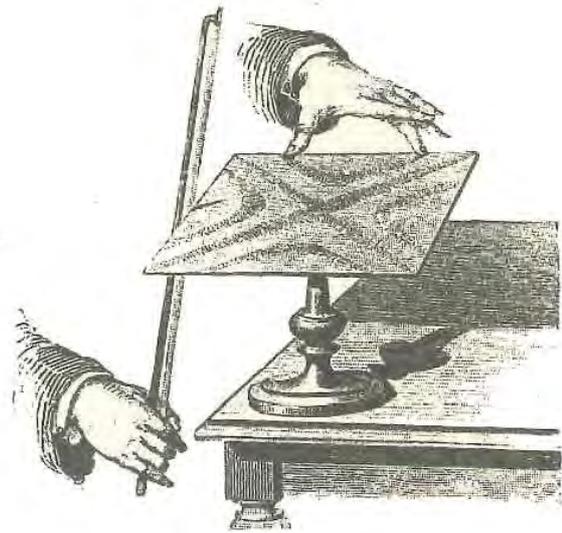


fig. 12

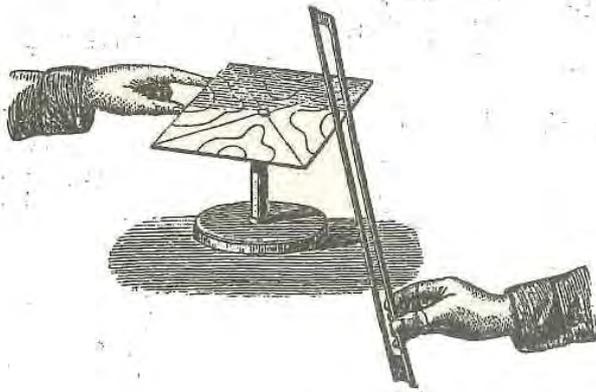


fig. 13

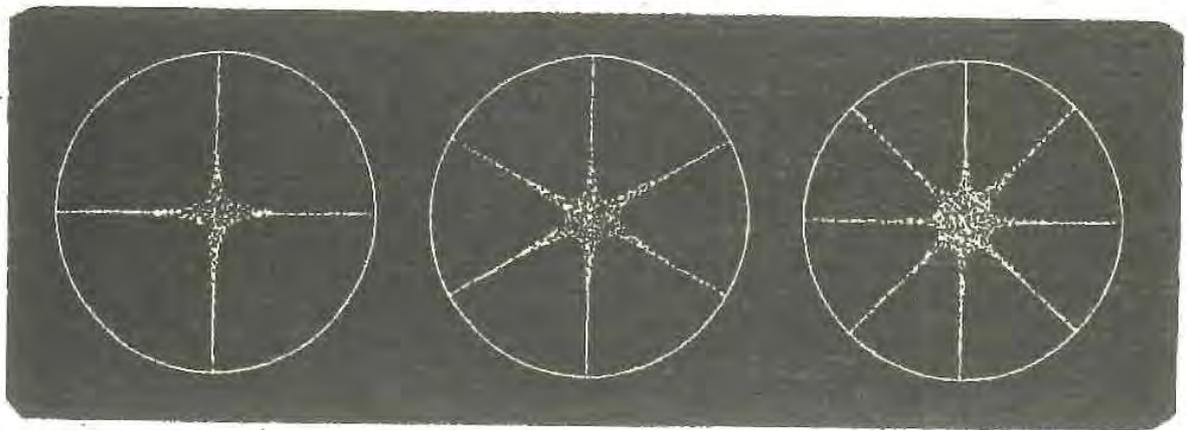


fig. 14

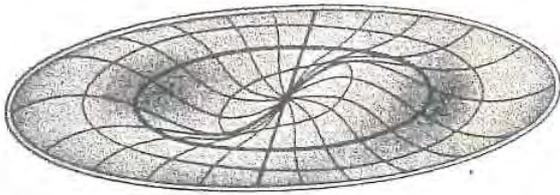


fig.15

sù tre punte coniche disposte lungo una circonferenza concentrica al bordo del disco, le linee nodali sono circolari e concentriche al bordo se le vibrazioni vengono eccitate con un colpo dato al centro del disco con un martelletto di gomma.

Per tutte le piastre, siano esse quadrate o circolari, i valori della nota fondamentale e delle frequenze armoniche sono, a parità di forma e di materiale, tanto più elevati quanto maggiore è lo spessore e quanto più piccola la superficie della lastra. Se la vibrazione viene eccitata con modalità che non corrispondono a procedure ben definite, in particolare a quelle precedentemente descritte, il suono emesso non sarà puro e la frequenza fondamentale si accompagnerà a un certo numero di armoniche.

I modi di vibrazione delle membrane circolari sono uguali a quelli delle piastre aventi la medesima forma. La fig. 15 mostra la configurazione assunta dalla membrana di un tamburo che vibri sulla quinta armonica; per chiarezza le deformazioni vi appaiono molto amplificate.

Il Museo custodisce due apparecchi mediante i quali è possibile ripetere le esperienze di Chladni. Uno di essi (fig. 16) è costituito da sei piastre di ottone sostenute ciascuna da un piede che, partendo dal centro della lastra, è fissato a un lungo asse in legno. Facendo riferimento alla riproduzione fotografica, indicheremo le piastre, da sinistra a destra, con le lettere a, b, c, d, e ed f: a, b, e c sono di forma quadrata, d, e ed f di forma circolare; a e b hanno spessore eguale e lati nel rapporto 1/2; nel medesimo rapporto sono gli spessori di b e c le cui superfici sono eguali; e ed f hanno il medesimo spessore ma i loro diametri sono nel rapporto 1/2; nello stesso rapporto sono gli spessori di d ed e che sono di egual superficie.

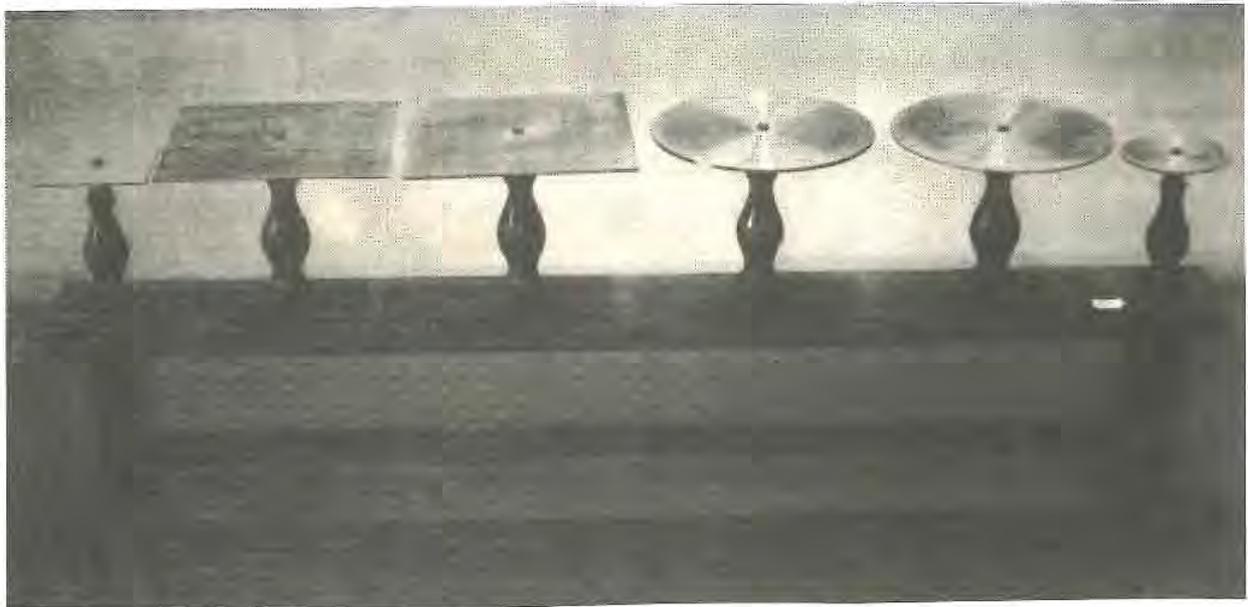


fig. 16 - Apparecchio destinato a mostrare i modi di vibrazione delle piastre. Datazione: c.1870. Altezza: 39 cm; lunghezza: 107 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).



fig. 17 - Piastra circolare di ottone su treppiede. Datazione: c.1870. Altezza: 30 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

Il secondo apparecchio (fig. 17) è molto più semplice ed è costituito da un'unica piastra circolare di ottone sostenuta da uno stelo fissato a un treppiedi.

L'artificio introdotto da Chladni contribuì notevolmente al progresso della scienza del suono in quanto che permise di osservare ed analizzare i modi di vibrazione di altri sistemi oscillanti quali sbarre, lamine e canne sonore. Grazie ad esso il fisico tedesco August Kundt (1839 - 1894)⁷ poté eseguire determinazioni precise della velocità del suono in gas diversi dall'aria (scheda V).

La configurazione dei ventri e dei nodi in una campana vibrante ha forti analogie con quella che si determina in una piastra circolare fissata al centro. In corri-

spondenza della nota più bassa si hanno quattro aree di vibrazione separate da quattro linee nodali che vanno dal bordo alla cupola della campana. La configurazione delle onde stazionarie risulta ben evidente dall'osservazione della fig. 18 nella quale la linea circolare continua rappresenta il bordo della campana in quiete; se il battaglio colpisce la superficie interna in un punto corrispondente a uno dei segmenti a, c, b, e d, ognuno di tali segmenti, in presenza della sola nota fondamentale, vibra assumendo successivamente le configurazioni indicate dalle linee punteggiate; i quattro punti contrassegnati dalla lettera n sono, per quella frequenza, in quiete e costituiscono pertanto dei nodi. Per frequenze superiori la campana si suddivide sempre in un numero pari di aree di vibrazione, e questo numero è

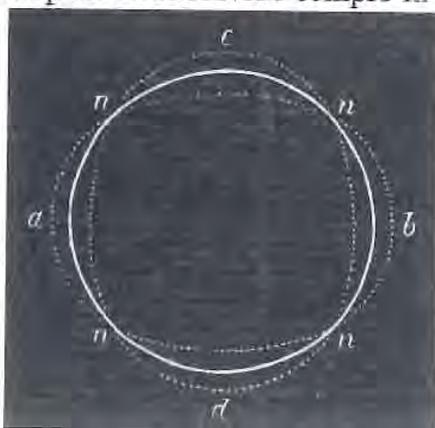


fig. 18

tanto più grande quanto più alta è la frequenza. Tuttavia, per la particolare struttura dell'oggetto, è assai difficile applicare a una campana procedure analoghe a quelle descritte per le piastre, e riuscire a selezionare le diverse frequenze di vibrazione è, di conseguenza, impresa pressoché impossibile. Si può quindi dire che, in pratica, nel suono emesso da una campana vibrante la nota fondamentale è sempre accompagnata da un certo numero di armoniche; la configurazione delle onde stazionarie che si instaurano in essa è piuttosto complicata perché, così come accade per le piastre, le linee nodali per le vibrazioni armoniche non coincidono con quelle corrispon-



fig. 19 - Campana di vetro su treppiede. Datazione: c.1870. Altezza: 60 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli)

denti alla frequenza fondamentale. La configurazione è più semplice se si fa in modo che prevalga la nota fondamentale, condizione che, per una campana di dimensioni sufficientemente piccole, si realizza quando il bordo viene dolcemente sfregato con un archetto di violino; risulta allora abbastanza ben definita la posizione delle linee nodali o, meglio, delle linee lungo le quali l'ampiezza di vibrazione è minima.

L'apparecchio riprodotto in fig. 19 consente di verificare come vari, lungo il bordo di una campana vibrante, l'ampiezza di oscillazione. La campana, di vetro, ha l'apertura rivolta verso l'alto ed è retta da un corto stelo fissato a un treppiede. Quattro leggerissime palline di legno, che sfiorano il bordo della campana, sono sospese ad asticine sorrette da una staffa collegata allo stelo; la loro posizione può essere modificata dal momento che le asticine possono ruotare intorno all'asse della campana. Se si eccita la vibrazione con un archetto, le sferette vengono bruscamente allontanate dal bordo; modificando via via la loro posizione si può giungere alla localizzazione dei punti in cui l'ampiezza di vibrazione è minima o massima. La disposizione di tali punti corrisponde, con buona approssimazione, alla configurazione di fig. 18. Le palline hanno, in sostanza, la stessa funzione che ha la sabbia nelle esperienze di Chladni.

Diapason

Il sistema di onde stazionarie che si instaura in una sbarra metallica o di vetro, lungo la quale si propagano onde trasversali o longitudinali, presenta analogie con quello che si determina rispettivamente in una corda tesa e in una canna sonora. La fig. 20 mostra il sistema di onde stazionarie trasversali che si realizza in una sbarra rettilinea, libera agli estremi e poggiata su due cunei, quando il centro dell'asta venga percosso con un martelletto di gomma; la sbarra viene suddivisa in tre segmenti vibranti da due nodi A e B ciascuno dei quali dista dall'estremità più vicina di una quantità pari all'incirca a un quarto della distanza fra i nodi stessi. Perché il sistema vibrante sia più stabile e la stazionarietà meglio definita conviene naturalmente che i cunei vengano disposti in corrispondenza dei nodi. Il modo di



fig. 20

vibrare illustrato dalla fig. 20 corrisponde alla frequenza fondamentale; per frequenze via via superiori l'asta presenta un numero sempre maggiore di nodi e di segmenti vibranti.

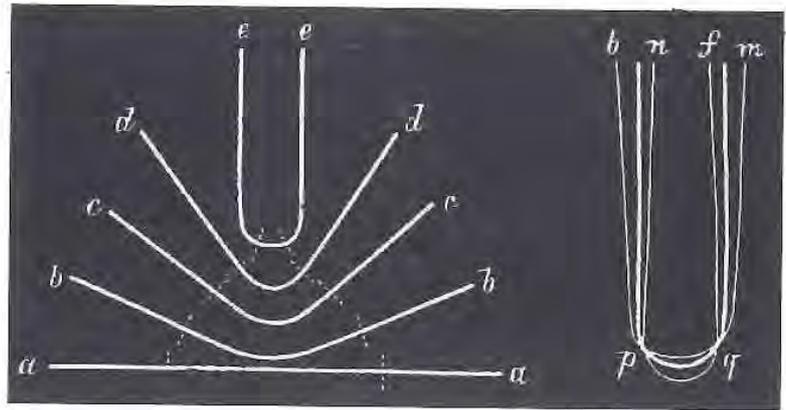


fig. 21

Le oscillazioni stazionarie in una sbarra libera agli estremi ci portano a considerare quelle di un diapason. Curviamo la sbarra e facciamola vibrare ancora sulla frequenza fondamentale: si osserverà che i nodi sono più vicini di quanto lo siano allorché la stessa sbarra ha configurazione rettilinea. Se l'asta viene curvata in misura sempre maggiore, i nodi andranno a disporsi in punti via via più prossimi fra loro; la distanza minima si ha quando la sbarra assume la forma di una U: in queste condizioni i nodi sono i punti in cui i due tratti rettilinei si raccordano con il tratto curvo (fig. 21). Prende il nome di *diapason* o *corista* una sbarretta di acciaio che abbia la configurazione ora descritta e sia sostenuta al centro da uno stelo anch'esso di acciaio; i due rami della U sono detti *rebbi*. L'apparecchio fu ideato nel 1711 da John Shore.

In un diapason i modi di vibrazione corrispondenti alle frequenze armoniche implicano la presenza di uno o più nodi su ciascuno dei rebbi. Una regola empirica generale, che peraltro ha una giustificazione intuitiva, stabilisce che quando una sorgente sonora viene eccitata in un punto, non può prodursi alcuna vibrazione stazionaria per la quale quel punto sia un nodo; pertanto un diapason che venga eccitato nella parte centrale di uno dei rebbi (conviene che il colpo venga dato mediante un martelletto di gomma o di feltro) non può dar luogo, in pratica, a oscillazioni di frequenza superiore alla nota fondamentale e vibra sostanzialmente solo su questa: il suono emesso è di notevole purezza. Per questa sua proprietà il diapason è stato a lungo considerato come l'unico apparecchio in grado di fornire un ben preciso valore di riferimento per le frequenze. Nel 1859 una commissione di studiosi francesi scelse come diapason campione quello in grado di emettere la nota la_3 , scelta confermata in un congresso internazionale tenutosi a Vienna nel 1885. Il diapason avente tale caratteristica è detto *corista normale* ed è tuttora usato nella pratica musicale per assicurare la corretta intonazione delle voci e degli strumenti⁸. Per la definizione, in campo scientifico, di una frequenza di riferimento, oggi si ricorre, come si sa, a campioni di ben altra precisione, realizzati con vibratorii al quarzo oppure riferiti a frequenze atomiche.

La frequenza di vibrazione di un diapason dipende dalle dimensioni dell'apparecchio nonché dalla densità e dalle caratteristiche elastiche dell'acciaio usato. Piccole masse spostabili lungo i rebbi permettono di modificare la frequenza di vibrazione in un intervallo

generalmente molto ristretto. La presenza di queste masse aggiuntive va a discapito della purezza del suono; tuttavia diapason così predisposti sono molto utili per la realizzazione di determinate esperienze, per esempio per mettere in evidenza il fenomeno dei battimenti.

Il diapason viene generalmente montato su di una scatola parallelepipedica di legno, aperta ad una estremità, la cui funzione è quella di rinforzare *per risonanza* il suono emesso dalla sorgente. Ricordiamo che il fenomeno di risonanza può determinarsi quando ad un sistema suscettibile di assumere uno stato di vibrazioni proprie viene applicata una forza $F(t)$ variabile nel tempo con legge sinusoidale e frequenza ν . In tali condizioni vengono indotte nel sistema delle vibrazioni della medesima frequenza (*oscillazioni forzate*) la cui ampiezza dipende dalla differenza fra una delle frequenze proprie del sistema, ν_i , e la frequenza ν di $F(t)$; se ν è sufficientemente prossima a una di tali frequenze l'ampiezza cresce piuttosto rapidamente al decrescere della differenza $|\nu - \nu_i|$ assumendo un valore massimo per $\nu = \nu_i$. Quando è verificata questa condizione si dice che *il sistema è in risonanza con la forza variabile*; la massima ampiezza delle oscillazioni indotte è tanto più elevata quanto più piccolo è lo smorzamento determinato nel sistema delle resistenze passive.

L'importanza del fenomeno di risonanza è grandissimo in ogni campo della fisica. In alcuni casi esso è dannoso. Per esempio, quando un sistema in grado di oscillare deve servire alla rivelazione di forze periodiche molto deboli e a riprodurle fedelmente (fonografi, microfoni, ecc.), conviene operare lontano dalle condizioni di risonanza anche se ciò va a discapito della sensibilità. Per una frequenza da riprodurre sufficientemente lontana dalle frequenze proprie del sistema, infatti, l'ampiezza di oscillazione è, sensibilmente, proporzionale all'ampiezza della forza variabile da rivelare e indipendente dalla sua frequenza; in prossimità delle condizioni di risonanza, invece, la riproduzione non è più fedele e si ha *distorsione*⁹.

Il fenomeno di risonanza può trovare una utile applicazione in acustica ogni volta che si voglia rinforzare il suono emesso da una sorgente. Per ottenere questo risultato è sufficiente collocare in vicinanza della sorgente un sistema in grado di oscillare su una delle frequenze della sorgente stessa; in particolare la scatola parallelepipedica sulla quale va montato un diapason deve avere dimensioni tali che l'aria in essa contenuta risuoni sulla frequenza del diapason dando luogo ad un sistema di onde stazionarie con un nodo all'estremità chiusa e un ventre all'apertura: la scatola funge da *risuonatore*. Sullo stesso principio sono fondate le *casse armoniche* degli strumenti musicali a corda (violino, viola, violoncello, chitarra, ecc.) che consentono all'aria che è al loro interno di entrare in risonanza con i suoni emessi dalle corde, amplificandoli.

L'affermazione che un risuonatore rinforza il suono emesso da una sorgente induce ad una riflessione. Confrontiamo il sistema costituito da un diapason tenuto in mano per lo stelo con quello formato dal medesimo diapason montato su di un risuonatore. L'energia sonora trasmessa all'aria dai due sistemi, per tutto il tempo in cui il corista è in vibrazione, è complessivamente la stessa, ma i modi di trasmissione sono diversi. Nel primo caso l'energia sonora emessa dal solo diapason viaggia, in pratica, in tutte le direzioni dipartendosi da superfici di area molto piccola; anche a breve distanza dalla sorgente l'intensità è

di conseguenza molto bassa e il suono è percettibile solo se l'orecchio è molto vicino alla sorgente. Nel secondo caso l'energia è emessa anche dall'imboccatura del risuonatore, e le onde che da essa si dipartono e giungono all'orecchio sono di potenza ben più elevata. Poiché l'energia in gioco è complessivamente la stessa si determina uno smorzamento più rapido delle oscillazioni del diapason quando questo è accoppiato con un risuonatore.

Nel Museo sono custoditi 15 diapason montati su risuonatore. In fig. 22 ne vengono mostrati alcuni. Quattro diapason sono, a due a due, di frequenza eguale e possono essere usati per battimenti o per realizzare la più classica delle esperienze di risonanza. Per questa seconda applicazione i due diapason vengono collocati ad una certa distanza l'uno dall'altro. Se si eccita uno di essi, l'altro entra a poco a poco in vibrazione per le sollecitazioni periodiche ricevute, e il suono emesso dal secondo corista si udrà distintamente dopo che siano state arrestate le vibrazioni del primo. Se si modifica, anche di poco, la frequenza di uno dei diapason, collocando una piccola massa aggiuntiva su uno dei rebbi, il fenomeno non si verifica più.

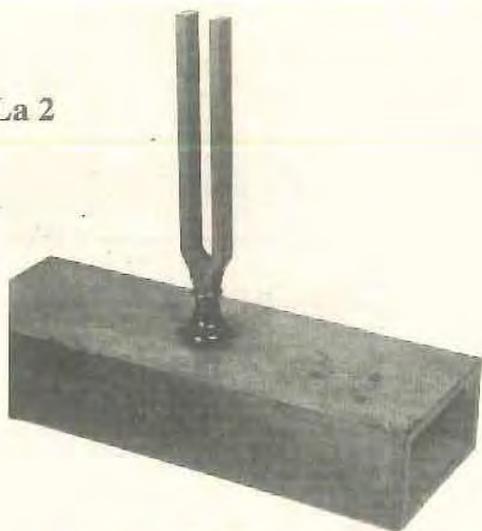
Già predisposto per una esperienza di risonanza è l'apparecchio mostrato in fig. 23. Un diapason, avvitato per la base di legno a una piastra sostenuta da un treppiede, è disposto dinanzi a un cilindro cavo di ottone, di lunghezza variabile, che funge da risuonatore. Posto in vibrazione il diapason, si cercano le condizioni di risonanza con una lenta modifica della distanza fra il fondo del cilindro, che è fisso, e l'imboccatura che è invece mobile essendo solidale con un anello cilindrico scorrevole. Poiché lo stelo che sorregge il risuonatore può muoversi lungo una scanalatura praticata nella piastra, si può sempre fare in modo che l'imboccatura sia sufficientemente vicina al diapason. L'esperienza, che può essere ripetuta con diapason di frequenze diverse, fornisce un metodo per la determinazione della frequenza di una sorgente sonora; quando la colonna d'aria all'interno del cilindro risuona, il sistema di onde stazionarie che si instaura in essa ha un nodo in corrispondenza del fondo ed un ventre all'imboccatura: nelle condizioni per cui si ha il massimo rinforzo la lunghezza l del risuonatore è pari a un quarto di lunghezza d'onda così che la frequenza è $v = V/\lambda = V/4l$, essendo V la velocità di propagazione del suono nell'aria (vedi scheda IV).

Altri diapason custoditi nel Museo sono destinati ad esperienze particolari. Quello riprodotto in fig. 24 è di grandi dimensioni ed è sostenuto da un robusto stelo fissato a un pesante treppiede. Lungo i rebbi, ciascuno di lunghezza 80 cm, possono scorrere due masse di ottone che è possibile fissare nella posizione voluta mediante viti a pressione. La frequenza di vibrazione è molto bassa e varia, in dipendenza della posizione assunta dalle masse mobili, intorno al valore corrispondente alla soglia degli *infrasuoni* (vedi scheda III).

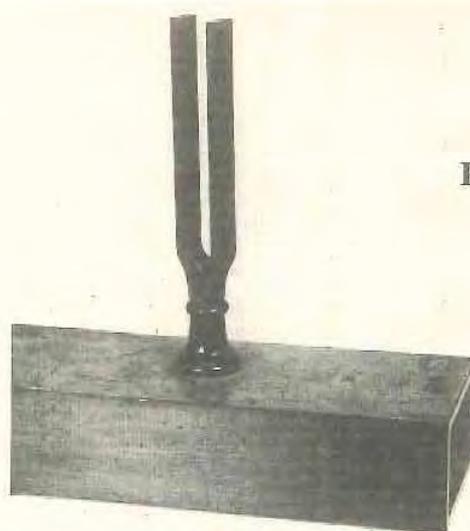
Con i due diapason mostrati in fig. 25 è possibile ripetere le celebri esperienze mediante le quali il fisico francese Jules-Antoine Lissajous (1822 - 1880)¹⁰, facendo ricorso per primo a un metodo ottico, riuscì a visualizzare su di uno schermo le curve derivanti dalla composizione di due moti armonici di frequenze eguali o diverse. Lissajous rese noti i risultati dei suoi primi esperimenti nel 1857; una raccolta completa delle esperienze eseguite è nell'opera *Étude optique des mouvements vibratoires* del 1873.

Con la disposizione indicata in fig. 26 si può studiare la composizione di due moti armonici su assi ortogonali. Due diapason T e T' sono collocati ad una certa distanza l'uno dall'altro e

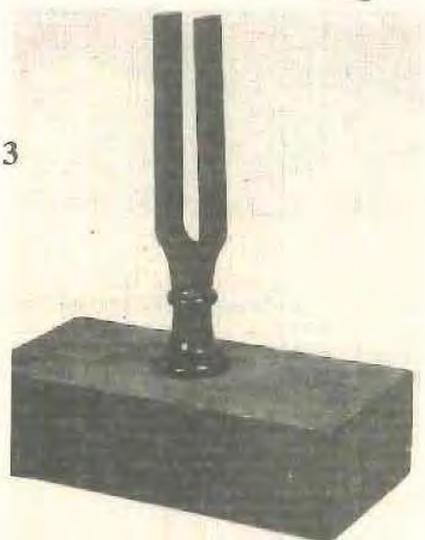
La 2



Re 3



La 3



Mi 3



Sol 4



Ut 5

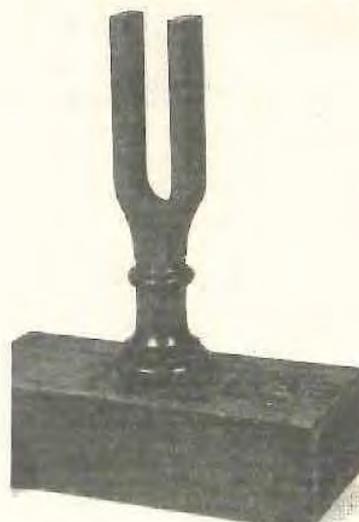


fig.22 - Diapason con risuonatore. Costruttore: R. Koenig, Paris. Datazione: c.1880 (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

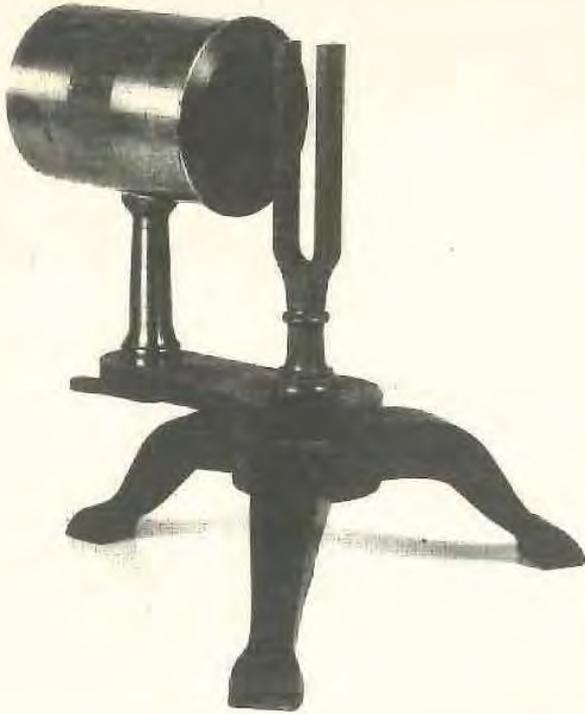


fig. 23 - Diapason e risuonatore cilindrico su treppiede. Datazione: c.1880. Altezza: 30 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).



fig. 24 - Grande diapason. Costruttore: Lancelot, Paris. Datazione: c. 1890. Altezza: 140 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

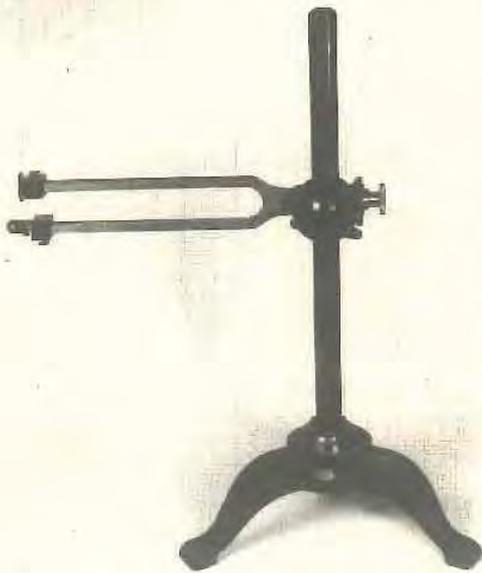


fig. 25 - Diapason per la composizione di moti vibratori. Datazione: c. 1880 (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).



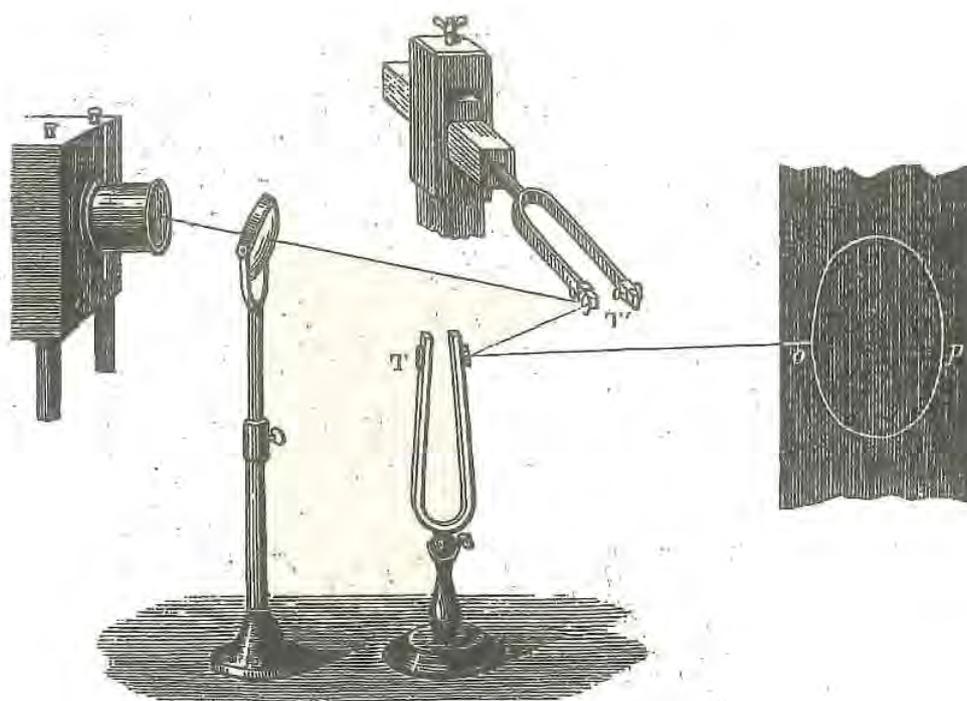


fig. 26

disposti in modo che i rebbi vibrino rispettivamente in un piano orizzontale e in un piano verticale; all'estremità di uno dei rebbi di ciascun corista è incollato uno specchietto. Un sottile fascetto luminoso incide successivamente sui due specchietti ed è alla fine rinvio su di uno schermo. Se si fa vibrare il solo diapason T, lo specchietto montato su di esso, oscillando in un piano verticale lungo un piccolo archetto di circonferenza, obbligherà il fascetto riflesso a disegnare sullo schermo un segmento luminoso verticale; analogamente, quando a vibrare è il solo diapason T', si osserverà sullo schermo un segmento luminoso orizzontale. La lunghezza di questi segmenti va naturalmente riducendosi a mano a mano che le oscillazioni dei diapason si vanno spegnendo. La curva che si disegna sullo schermo quando i due coristi vibrano insieme deriva dalla composizione di due moti armonici ortogonali ed ha quindi equazioni parametriche $x = A \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$, $y = B \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$, essendo A e B le ampiezze dei due moti componenti, ω_1 e ω_2 le pulsazioni e φ_1 , φ_2 le fasi iniziali. Se i diapason hanno egual frequenza ($\omega_1 = \omega_2$), la curva è un'ellisse che degenera in un segmento per $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$, o per $\varphi_1 - \varphi_2 = \pm\pi$, e si particolarizza in una circonferenza nelle condizioni per cui è $\varphi_1 - \varphi_2 = \pi/2$ e le ampiezze sono uguali. Se le frequenze sono diverse, la curva ha una configurazione più o meno complessa a seconda dei valori assunti dal rapporto fra le ampiezze dei moti vibratorii componenti, dal rapporto fra le frequenze e dalla differenza di fase. La fig. 27 riproduce nella riga in alto alcune delle figure ottenute quando i diapason vibrano all'unisono, nella riga in basso alcune delle figure disegnate sullo schermo quando le frequenze di vibrazione sono nel rapporto 1 : 2.

Adottando la disposizione indicata in fig. 28 si può studiare la composizione di due moti vibratorii sullo stesso asse; in particolare, se le frequenze di oscillazione sono di poco diverse, è possibile visualizzare sullo schermo una vibrazione armonica la cui ampiezza

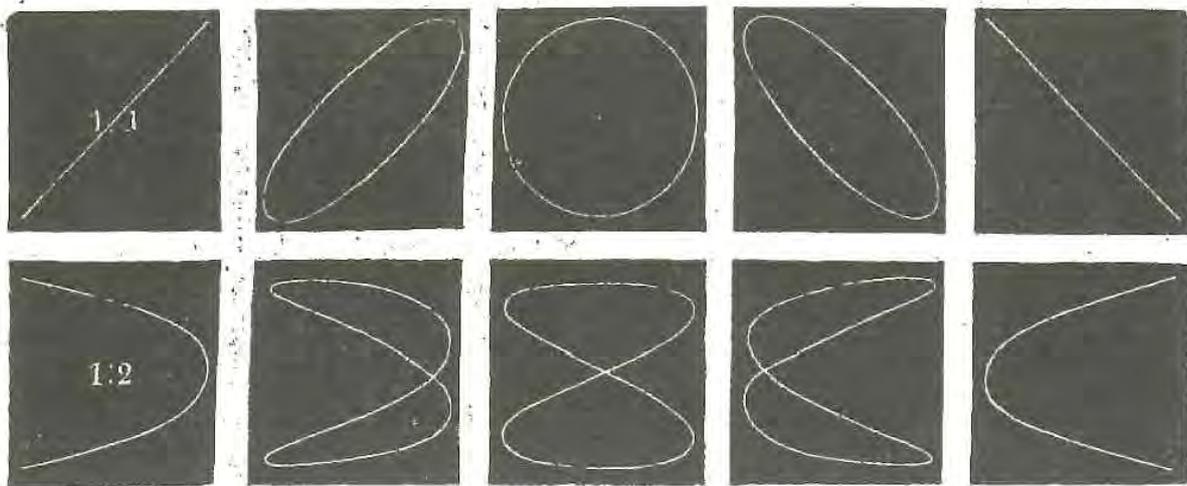


fig. 27

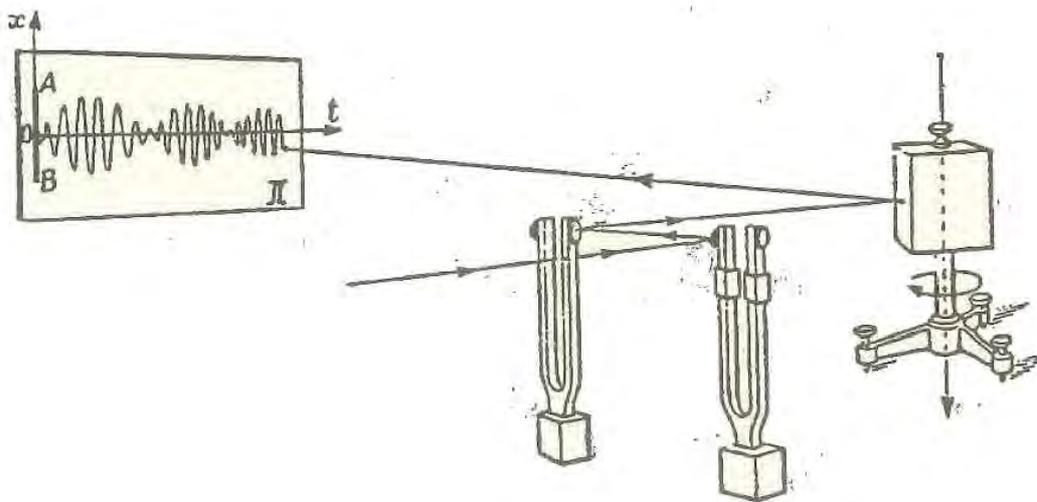


fig. 28

varia periodicamente nel tempo: l'oscillogramma ottenuto segnala la presenza di battimenti. Perché questi siano effettivamente osservabili occorre però ricorrere a un artificio. Se infatti il raggio riflesso dal secondo specchietto venisse senz'altro raccolto sullo schermo, su questo si osserverebbe solo un tratto luminoso AB verticale e le caratteristiche del moto risultante non apparirebbero. Per ottenere l'oscillogramma corrispondente alla vibrazione armonica con battimenti bisogna utilizzare un sistema rotante costituito da superfici speculari mobili intorno ad un asse verticale. Disposto il sistema rotante in modo che il raggio riflesso dal secondo specchietto incida sulle superfici speculari prima di essere rinviato sullo schermo, su questo il punto luminoso sarà dotato di due movimenti: un movimento

intermittente lungo un asse orizzontale, determinato dalla rotazione di ciascuna faccia speculare e operante come l'asse dei tempi nel grafico del moto, e un movimento lungo un asse verticale dovuto alla composizione delle vibrazioni dei due diapason. Naturalmente, se la velocità angolare del sistema rotante è sufficientemente elevata, l'intermittenza non sarà percepita e l'oscillogramma apparirà come una figura persistente sullo schermo, a parte la graduale diminuzione di ampiezza determinata dallo smorzamento delle oscillazioni dei due diapason¹¹.

I dispositivi utilizzati da Lissajous costituiscono i primi esempi di *oscilloscopio*, cioè di strumento destinato all'osservazione diretta di grandezze oscillanti e, più in generale, di grandezze variabili nel tempo. Altri tipi di oscilloscopio sono stati successivamente proposti¹² sino al recente e sofisticatissimo *oscilloscopio a raggi catodici*. Di particolare interesse sono gli apparecchi messi a punto, fra il 1894 e il 1898, dal fisico bolognese Augusto Righi (1850 - 1920)¹³; fra di essi il ben noto *doppio pendolo*¹⁴.

4. Apparecchi per l'interferenza acustica e per l'analisi armonica dei suoni

La sovrapposizione di due sistemi di onde unidimensionali, della medesima natura¹⁵ e della medesima frequenza, che si propaghino nella stessa direzione e nello stesso verso, dà luogo ad un'oscillazione risultante la cui ampiezza dipende dalla differenza di fase fra le due perturbazioni. Si può ottenere questo effetto con onde acustiche facendo in modo che treni d'onda provenienti dalla stessa sorgente seguano cammini diversi per poi sovrapporsi in un punto. La differenza di fase che esiste fra i due treni d'onda quando si sovrappongono dipende dalla differenza di percorso. Se la differenza di cammino è eguale a un numero dispari di semilunghezze d'onda, i due sistemi di onde giungono in quel punto in opposizione di fase dando luogo a *interferenza distruttiva* che si manifesta con un *minimo di intensità sonora*; l'intensità sarebbe, in particolare, nulla qualora le ampiezze dei due treni d'onda fossero rigorosamente eguali. Se la differenza di percorso è eguale a un numero pari di semilunghezze d'onda, ovvero a un numero intero di lunghezze d'onda, i due sistemi di onde si sovrappongono in fase dando luogo a *interferenza costruttiva* che si manifesta con un *massimo di intensità sonora*; si ottiene in particolare questo risultato quando i due cammini sono eguali.

Con un apparecchio ideato dal fisico tedesco Georg Hermann Quincke (1834 -

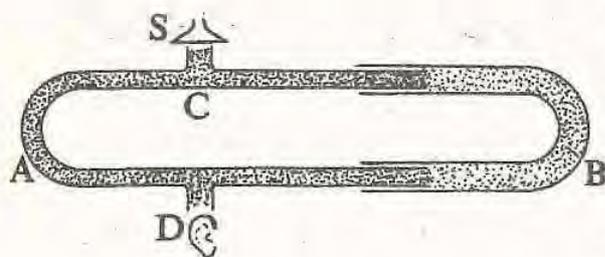


fig. 29

1924)¹⁶ e perfezionato da un altro fisico germanico, Karl Rudolph Koenig (1832 - 1901)¹⁷, si può realizzare l'interferenza delle onde acustiche secondo il criterio poc'anzi indicato; lo strumento è noto come *tubo di Quincke* o *interferometro di Koenig*. Il suono emesso in S da un diapason o da una membrana vibrante (fig. 29) si bipartisce in C seguendo il percorso CAD, di lunghezza costante, all'interno di un tubo ad U, ed il percorso

CBD, di lunghezza variabile, all'interno di un altro tubo ad U dotato di un sistema "a coulisse". Le onde si ricongiungono in D ove è posto un ricevitore (orecchio, microfono, capsula manometrica).

L'apparecchio fu realizzato da Koenig in numerose versioni più o meno sofisticate; nell'esemplare custodito nel Museo i due tubi sono disposti verticalmente per ridurre l'ingombro e sostenuti da uno stelo fissato a un pesante treppiede (fig. 30).

L'aria all'interno di una cavità può entrare in vibrazione se riceve una sollecitazione esterna opportuna: la cavità agisce da risuonatore. Consideriamo in particolare un recipiente costituito da un corpo cilindrico o sferoidale munito di un collo relativamente corto e sottile. Se ad esso togliamo bruscamente il tappo, udremo distintamente un suono sordo che denuncia la presenza di una vibrazione all'interno; lo stesso suono si avverte se si soffia bruscamente sull'aria contenuta nel collo con le labbra a qualche centimetro dall'imboccatura. Proviamo ad analizzare la vibrazione che così si genera. Possiamo immaginare che l'aria contenuta nel collo, a guisa di pistone, si muova alternativamente verso l'esterno e verso l'interno determinando successive compressioni e decompressioni nell'aria rinchiusa nel recipiente. La forza risultante sulla massa d'aria nel collo, determinata dalla differenza di pressione fra l'interno e l'esterno e diretta alternativamente in un

senso e nell'altro, ha le caratteristiche di una forza elastica di richiamo; vi è analogia con il sistema oscillante costituito da un blocco collegato con una molla elicoidale di massa trascurabile: l'aria nel collo è assimilabile al blocco, l'aria all'interno del recipiente alla molla. L'analogia è tanto più stretta quanto più grande è il volume del risuonatore rispetto alle dimensioni dell'imboccatura; nelle condizioni per cui questa è molto piccola rispetto al volume della cavità le particelle oscillano con la massima ampiezza all'imboccatura, ove la variazione di pressione è minima, e con ampiezza molto più piccola all'interno del risuonatore ove la variazione di pressione è massima: l'energia è prevalentemente cinetica all'imboccatura, prevalentemente potenziale all'interno della cavità.

La frequenza di vibrazione del sistema blocco-molla è, come si ricorderà, diretta-



fig. 30 - Interferometro di Koenig. Costruttore: R.Koenig, Paris. Datazione: c. 1890. Altezza: 74 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

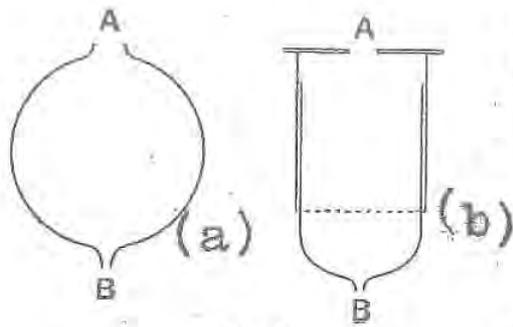


fig. 31

mente proporzionale alla quantità $\sqrt{k/m}$ in cui m tiene conto dell'inerzia del sistema, che si identifica in pratica con quella del blocco, e k delle qualità elastiche della molla. Si intuisce che la frequenza di vibrazione di un "risuonatore a cavità" è in relazione con grandezze i cui significati si devono in qualche modo ricondurre a quelli delle grandezze k ed m .

Il fisico e fisiologo tedesco Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894)¹⁸ è stato il primo a studiare i risuonatori a cavità che pertanto

vengono spesso indicati con il suo nome. A rigore un *risuonatore di Helmholtz* è un risuonatore a cavità di forma sferica; la fig. 31 (a) ne mostra una sezione diametrale. In fig. 31 (b) è rappresentato invece un *risuonatore di Koenig*, caratterizzato da una cavità di forma essenzialmente cilindrica e di volume variabile: la cavità è chiusa da un coperchio forato che può scorrere telescopicamente a frizione. In entrambi A è l'imboccatura, B una sottilissima e corta appendice che, inserita nell'orecchio, consente di percepire le vibrazioni eccitate nella cavità anche se molto deboli.

Sui risuonatori a cavità il fisico inglese John William Strutt Rayleigh (1842-1919)¹⁹ ha condotto eleganti ricerche teoriche e sperimentali i cui risultati sono contenuti nel celebre *Treatise on Sound*. Egli ha mostrato che la frequenza fondamentale di vibrazione di un risuonatore a cavità è proporzionale alla quantità $\sqrt{C/V}$, essendo V il volume della cavità e C una grandezza che tiene conto della "mobilità" dell'aria all'imboccatura e il cui valore è determinato dalla forma e dalle dimensioni dell'imboccatura stessa. La trattazione matematica è naturalmente complessa, tuttavia sulla base di semplici considerazioni qualitative si può far vedere che le grandezze C e V hanno significati rispettivamente riconducibili a quelli delle grandezze m e k che figurano nella espressione della frequenza di vibrazione di un oscillatore blocco-molla. La connessione fra C ed m appare immediata; infatti una mobilità maggiore dell'aria all'imboccatura corrisponde ad una inerzia minore, e viceversa. Abbastanza evidente è anche la connessione fra V e k : un volume grande della cavità comporta "una corsa più lunga" del pistone cui la massa d'aria all'imboccatura può essere assimilata, quindi, nei confronti di questa, equivale ad una "molla" di piccola costante elastica; un volume piccolo, al contrario, corrisponde ad una "molla" di elevata costante elastica.

Il fatto che la frequenza fondamentale di vibrazione di un risuonatore a cavità dipenda solo dal volume del risuonatore e dalle caratteristiche dell'imboccatura sta ad indicare che la forma della cavità non ha alcuna influenza; questo risultato, è bene ribadirlo, è strettamente legato alla struttura del risuonatore caratterizzata da un'imboccatura piccola rispetto al volume della cavità. La dipendenza della frequenza di vibrazione dal volume e non dalla forma distingue i risuonatori a cavità da quelli di cui ci siamo occupati in precedenza, in particolare dalle canne sonore: anche un tubo pieno d'aria è un risuonatore ma non è vero che per una canna lunga e sottile e per una corta e larga di egual volume la frequenza fondamentale è la stessa; e infatti in una canna sonora l'energia cinetica non è prevalente all'imboccatura ma interessa in misura rilevante l'intero volume.

I risuonatori di Helmholtz e di Koenig e le casse armoniche degli strumenti musicali a corda (violino, chitarra, ecc.) sono risuonatori a tre dimensioni. I risuonatori tridimensionali sono caratterizzati da uno spettro di frequenze molto ricco cioè da un numero molto elevato di frequenze proprie di vibrazione che, dalla fondamentale in su, sono distribuite in maniera quasi continua. La risposta che un risuonatore, di qualunque tipo esso sia, dà quando è investito da onde sonore dipende dalle frequenze presenti nel suono in arrivo, dalla struttura del risuonatore e dal modo con cui il sistema viene stimolato. In determinate situazioni la risposta alla sollecitazione esterna è pressoché uniforme su tutte le frequenze, dalla fondamentale in su; pensiamo alla cassa armonica di un buon violino che consente di rinforzare in egual misura

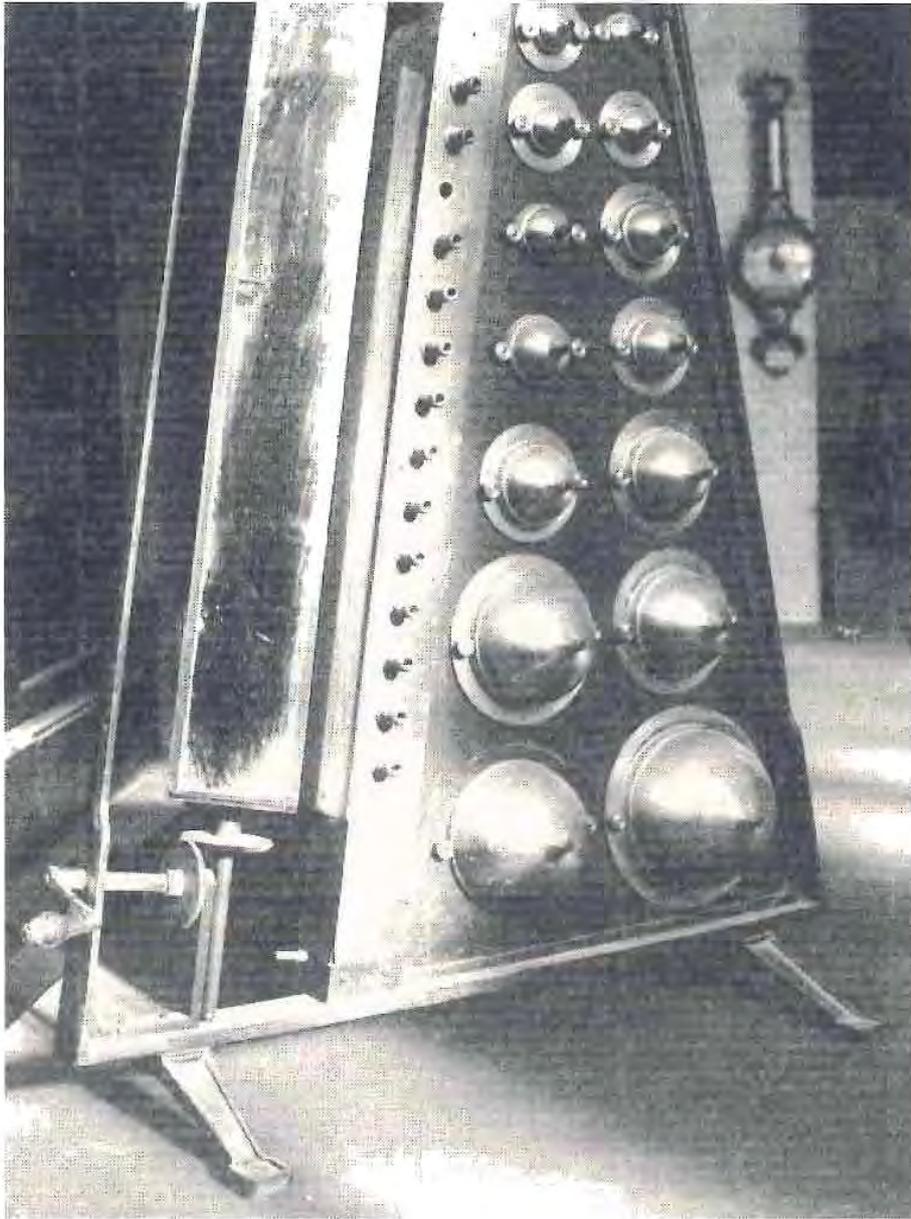


fig. 32 - Analizzatore armonico di Koenig. Costruttore: R. Koenig, Paris. Datazione: c. 1890. Altezza: 116 cm. (Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli).

i suoni emessi dalle corde, qualunque sia la nota stimolata con l'archetto; lo stesso comportamento si riscontra in risuonatori bidimensionali come le membrane dei microfoni e degli altoparlanti e il timpano dell'orecchio. In altre situazioni la risposta è selettiva nel senso che le frequenze proprie del risuonatore non rispondono in misura, almeno approssimativamente, eguale: si osserveranno dei rinforzi per alcune frequenze proprie (di solito l'intensità più elevata si ha per la frequenza fondamentale) e risposte deboli o assenti per altre. Molto selettivi sono in particolare i risuonatori di Helmholtz e di Koenig che rispondono in pratica sulla sola frequenza fondamentale dal momento che le altre numerosissime frequenze proprie sono presenti in misura molto esigua. Le caratteristiche più interessanti di questi risuonatori sono dunque le seguenti: (a) la frequenza fondamentale di vibrazione è determinata dal volume e non dalla forma del risuonatore; (b) ad onde sonore in arrivo il risuonatore risponde selettivamente sulla frequenza fondamentale. Sono queste caratteristiche che hanno consentito l'impiego dei risuonatori di Helmholtz e di Koenig nell'analisi armonica dei suoni.

L'apparecchio del Museo riprodotto in fig. 32 è un *analizzatore armonico di Koenig*. Su di un telaio di ghisa, sostenuto da due doppi piedi, sono montati: (a) un pannello trapezoidale verticale di ottone in cui sono incastrati 14 risuonatori di Koenig, anch'essi in ottone, di volume diverso; (b) 14 capsule manometriche collegate, mediante tubicini di gomma, a una scatola di distribuzione e determinanti ciascuna con un ugello; (c) un parallelepipedo, girevole intorno al suo asse longitudinale, le cui quattro facce laterali sono costituite da superfici speculari; (d) una manovella e una coppia di ingranaggi conici che consentono di porre in rotazione il sistema di specchi. Ciascun risuonatore è munito posteriormente di una sottile appendice collegabile, mediante un tubicino di gomma, ad una delle capsule manometriche. Un gas combustibile, una volta immesso nella scatola di distribuzione, viene da questa convogliato alle capsule e può essere acceso alle estremità degli ugelli; una schermatura impedisce che le fiamme siano disturbate dall'aria mossa dalla rotazione del parallelepipedo. Gli ugelli sono allineati lungo una direzione inclinata di circa 15° rispetto alla verticale; il sistema rotante è adiacente agli ugelli e disposto in modo che i lati lunghi degli specchi abbiano la medesima inclinazione.

Un suono complesso eccita la vibrazione di quei risuonatori i cui volumi corrispondano a frequenze presenti nel suono in arrivo e le cavità eccitate, a loro volta, fanno vibrare le fiamme accese alle estremità degli ugelli che con esse sono collegati. Per riflessione sugli specchi rotanti le fiamme vibranti danno luogo a immagini seghettate mentre le altre producono solo una striscia luminosa continua. La rotazione degli specchi consente quindi di visualizzare su di uno schermo le vibrazioni eccitate e di eseguire un'analisi, sia pure parziale, del suono in arrivo. Il numero delle frequenze che l'analizzatore permette di rivelare quando si fa ricorso a risuonatori di Helmholtz, di volume invariabile, è piuttosto limitato. Uno spettro di risposta più ricco può essere ottenuto se si dispone di un numero sufficientemente elevato di risuonatori di Koenig a volume variabile.

Note

¹ L'apparecchio è costituito da una serie di asticine verticali, terminanti in alto con una sferetta bianca e scorrevoli a tenuta in un blocco di legno, e da una barra di legno sagomata da un lato in forma di onda sinusoidale. Le asticine, di diversa lunghezza, sono inizialmente disposte con le estremità inferiori allineate: in tali condizioni le sferette disegnano una sinusoide. Se la sagoma di legno viene premuta contro le asticine in modo che le estremità inferiori di queste siano tutte a contatto con il profilo ondulato, le palline disegnano una curva che visualizza l'effetto prodotto dalla sovrapposizione di due onde unidimensionali.

² Ricordiamo che la velocità di propagazione del suono in un gas è $V = \sqrt{\gamma \frac{p}{\rho}}$, essendo γ il rapporto fra i calori specifici a pressione e a volume costante e p e ρ , rispettivamente, la pressione e la densità del fluido. Poiché, come mostra l'equazione di stato, la pressione è, a temperatura costante, direttamente proporzionale alla densità, la velocità del suono in un gas è, in condizioni isoterme, indipendente dalla pressione.

³ Francis Hawksbee fu "curatore di esperimenti" presso la Royal Society di Londra. Si occupò, con successo, soprattutto di acustica. Di lui si ricordano altre esperienze mediante le quali provò che le onde sonore si propagano con differenti velocità nell'acqua e nell'aria.

⁴ Oltre alla sirena, con la quale eseguì importanti esperienze di acustica, Charles Cagniard de la Tour inventò la *cagniardelle*, macchina soffiante per l'alimentazione degli altiforni, ora in disuso. Si occupò anche di gas e, in quest'ambito, scoprì che è impossibile liquefare un aeriforme al di sopra di una determinata temperatura.

⁵ Per le sue fondamentali esperienze sul suono Ernst Chladni è da molti considerato come il "padre dell'acustica". Nel 1809 eseguì alcuni dei suoi celebri esperimenti sulle piastre alla presenza di Napoleone. Determinò la velocità del suono in gas diversi riempiendo con essi delle canne d'organo; dall'altezza del suono ottenuto poteva risalire, nota la lunghezza della canna, alla velocità di propagazione. Si occupò anche di meteoriti e fu il primo scienziato ad affermare che esse provengono dallo spazio.

⁶ Georg Christoph Lichtenberg fu anche scrittore, filosofo e saggista. Come fisico il suo nome è legato soprattutto a una serie di osservazioni ed esperienze di elettrostatica. Le *figure di Lichtenberg* sono caratteristiche figure ramificate, o a contorno unito, che compaiono dopo che una scarica elettrica abbia interessato la superficie di un dielettrico sulla quale sia stata sparsa una polvere minutissima di zolfo e minio. Per esempio, se si fa scoccare una scintilla fra gli elettrodi di un eccitatore separati da una lastra di vetro sulla quale sia stata deposta la polvere, si vede formare sulla faccia elettrizzata positivamente una stella gialla di zolfo con ramificazioni e sull'altra una macchia rossa di minio.

⁷ August Kundt fu professore di fisica a Zurigo, quindi a Würzburg, Strasburgo e Berlino. È soprattutto noto per due apparecchi da lui ideati nel corso dei suoi studi di acustica: il *tubo di Kundt* (vedi scheda V) e la *valvola di Kundt*, sensibilissimo manometro a valvola mediante il quale si effettua la misurazione dell'ampiezza della variazione di pressione sul fondo di un risonatore acustico.

⁸ La frequenza corrispondente alla nota la₃, a lungo definita in 435 Hz, è stata leggermente modificata nel congresso di Londra del 1951 che ha confermato la scelta di 440 Hz già stabilita nel congresso di Londra del 1939.

⁹ Fenomeni di risonanza in strutture poste in vibrazione dal passaggio di veicoli pesanti, dal funzionamento di motori, ecc., possono dar luogo in queste a gravi lesioni e addirittura, in qualche caso, provocarne il crollo.

¹⁰ Jules-Antoine Lissajous fu professore di fisica al liceo "Saint-Louis" di Parigi, poi direttore delle accademie di Chambéry e di Besançon. Si occupò soprattutto di ottica ed acustica.

¹¹ Con l'avvento del *diapason elettromagnetico* questo inconveniente è stato eliminato. Grazie all'interazione

fra i rebbi ed un piccolo elettromagnete, che determina alternativamente la chiusura e l'interruzione del circuito, si realizza una vibrazione di ampiezza costante. Un artificio analogo è alla base del funzionamento dei campanelli elettrici e degli interruttori elettromagnetici.

¹² Le figure di Lissajous possono essere ottenute facilmente con un semplice apparecchio cui è stato dato il nome di *caleidòfono*. Il dispositivo, dovuto al fisico inglese Charles Wheatstone (1802-1875), è costituito da una tavoletta verniciata di nero sulla quale, perpendicolarmente ad essa, sono fissate delle sottili sbarrette metalliche anch'esse verniciate di nero e terminanti ciascuna con una sferetta argentata o nichelata. Ogni sbarretta, di sezione rettangolare, ha frequenze di vibrazione diverse nelle due direzioni ortogonali ai lati del rettangolo; pertanto, se viene curvata a 45° rispetto a tali direzioni e quindi lasciata libera, l'asticina prenderà a vibrare e il movimento della pallina sarà quello ottenuto dalla composizione dei moti oscillatori nelle due direzioni ortogonali. Poiché il rapporto fra le due frequenze di vibrazione è diverso per ciascuna sbarretta, differente sarà la linea descritta dalla corrispondente sferetta. Se le palline vengono opportunamente illuminate, le traiettorie potranno essere visivamente seguite per il contrasto offerto dal fondo scuro.

¹³ Augusto Righi fu professore nell'Istituto tecnico di Bologna, poi nell'Università di Palermo e infine in quella di Bologna. Molteplici furono i suoi interessi scientifici: elettrologia, reticoli di diffrazione, fotoelettricità, raggi x, effetti Hall e Kerr, isteresi magnetica, ecc. Le ricerche per le quali è maggiormente ricordato sono quelle relative alle oscillazioni elettriche, campo nel quale può essere considerato come il più degno continuatore di Hertz nel dare basi sperimentali alle teorie di Maxwell.

¹⁴ Con il doppio pendolo di Righi la composizione di moti armonici su assi ortogonali è ottenuta solo con mezzi meccanici. Una punta scrivente, sospesa all'estremità di un lungo filo, lascia una traccia su di un cartoncino bianco incollato su di una tavoletta sostenuta da una sospensione bifilare. La punta e la tavoletta oscillano lungo due direzioni perpendicolari fra loro così che la punta disegna sul cartoncino la traiettoria derivante dalla composizione dei due moti pendolari.

¹⁵ Se trasversali, le onde devono essere polarizzate nel medesimo piano.

¹⁶ Georg Hermann Quincke fu professore di fisica nelle Università di Berlino, Würzburg e Heidelberg. Si occupò soprattutto di fenomeni capillari, ottica e acustica.

¹⁷ Karl Rudolph Koenig è un tipico esempio di scienziato-costuttore dell'Ottocento. Trasferitosi a Parigi nel 1852, vi aprì qualche tempo dopo un'officina che divenne in breve un laboratorio specializzato nella costruzione di strumenti di acustica tradizionali e d'avanguardia. Ideò e perfezionò un gran numero di apparecchi; fra quelli di sua ideazione ricordiamo l'analizzatore armonico dei suoni e capsule manometriche di vario tipo. Gran parte dei gabinetti di fisica e degli istituti di ricerca d'Europa e degli Stati Uniti si servirono per decenni degli strumenti di acustica costruiti da lui.

¹⁸ Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz compì importanti ricerche in molti campi della scienza: ottica e acustica fisiologica, elettromagnetismo, fluidodinamica, meteorologia, ecc. In particolare si devono a lui: l'*oftalmoscopio* e l'*oftalmometro*, mediante i quali studiò le proprietà geometrico-meccaniche dell'occhio; i teoremi sulla conservazione dei vortici nei fluidi non viscosi; uno studio sulla fisiologia dell'orecchio interno; il *telestereoscopio*, apparecchio per la visione stereoscopica di oggetti molto lontani, sostanzialmente non diverso dall'attuale telemetro stereoscopico; l'introduzione dei *risuonatori acustici* che da lui hanno preso il nome; una teoria elettromagnetica in contrapposizione a quella di Maxwell.

¹⁹ John William Rayleigh diede importanti contributi all'ottica (*legge di Rayleigh* sulla intensità della luce diffusa per diffrazione), all'elasticità (*principio di reciprocità di Rayleigh*, enunciato da Maxwell ma dimostrato sperimentalmente da Rayleigh), alla fluidodinamica (*numero di Rayleigh*) e all'acustica (teoremi fondamentali sulle vibrazioni contenuti nel celebre e classico *Treatise on Sound*). Gli fu assegnato nel 1904 il Premio Nobel per la fisica, per la scoperta, in collaborazione con W. Ramsay, del primo gas raro dell'atmosfera, l'argon.

Scheda I

I. L'EVOLUZIONE DELLA SCIENZA DEL SUONO: BREVE NOTA STORICA

I.1 Sorgenti sonore e modi di vibrazione

Si ritiene che le prime ricerche sulle sorgenti sonore e sulla qualità dei suoni da esse emessi risalgano a Pitagora ed alla sua scuola (VI secolo a.C.). Partendo dalla constatazione che il suono prodotto da una lira era tanto più acuto quanto più piccole la lunghezza e la sezione della corda pizzicata, Pitagora e i suoi allievi osservarono che gradevoli combinazioni di suoni potevano ottenersi se venivano fatte vibrare due corde di egual sezione le cui lunghezze fossero fra loro in rapporto semplice. Ciò accadeva, per esempio, quando le corde avevano l'una lunghezza doppia dell'altra (un musicista parlerebbe di "intervallo di ottava") o quando le lunghezze erano nel rapporto $3/2$ ("intervallo di quinta") e nel rapporto $4/3$ ("intervallo di quarta"). Da queste osservazioni, che costituirono verosimilmente la prima teorizzazione in campo musicale, si sviluppò il sistema ellenico in cui l'"armonia" era fondata su due o più *tetracordi*, serie di quattro note discendenti. La serie risultante dall'unione di due tetracordi in un intervallo di ottava diede luogo alla scala così detta *pitagorica*.

I Greci ebbero solo una nozione qualitativa dell'altezza di un suono dal momento che il concetto di frequenza di vibrazione era del tutto sconosciuto. Questo concetto si affermò molto tempo dopo con Galileo Galilei (1564-1642) e con Marin Mersenne (1588-1648). Nei suoi "Discorsi intorno a due nuove scienze", pubblicati nel 1638, Galileo paragona una corda vibrante a un pendolo che oscilla ed estende alle vibrazioni di una corda la proprietà nota come *isocronismo*. Dal canto suo Mersenne, nella sua opera "Harmonie universelle", del 1636, riporta misurazioni della frequenza di vibrazione di una corda e propone una formula empirica per la determinazione della frequenza, note le caratteristiche fisiche della corda. Studi successivamente condotti da Joseph Sauveur (1653-1716) portano a concludere che una sorgente sonora vibra su di una frequenza di base o *fondamentale* e su di un certo numero di frequenze superiori o *armoniche* (vedi schede III e IV); per merito dello stesso Sauveur viene scoperto il fenomeno dei *battimenti* (vedi paragrafo 3) e viene fatta una prima valutazione dei limiti di percettibilità dei suoni. Nel secolo XVII, dunque, l'acustica si separa dall'arte musicale e diviene scienza autonoma. Alla fine del secolo iniziano anche gli studi sulla natura del suono e sui modi di vibrazione delle sorgenti, e si sviluppano i concetti di "onda" e "propagazione".

La prima teorizzazione riguardante i modi di vibrazione delle corde si deve a Brook Taylor (1685-1731); essa aprì la strada alle più elaborate analisi condotte da Daniel Bernoulli (1700-1782), da Leonhard Euler (1707-1783) e, soprattutto, da Jean-Baptiste d'Alembert (1717-1783). La trattazione analitica dei modi di vibrazione dell'aria nei tubi sonori è dovuta a Giuseppe Luigi Lagrange (1736-1813) e allo stesso Bernoulli.

Alla fine del Settecento le conoscenze sulle sorgenti sonore, sulle caratteristiche del suono da esse emesso e sui fenomeni acustici in generale erano complessivamente piuttosto scarse; e non è improprio affermare che l'acustica, soprattutto in campo sperimentale, era una scienza ancora tutta da scoprire. L'introduzione di mezzi di indagine via via più sofisticati consentì nell'Ottocento di realizzare rapidissimi progressi nell'analisi e nella registrazione dei suoni, nello studio dei modi di vibrazione di sorgenti più o meno complesse, nella produzione di suoni di frequenza ben definita, nella determinazione dei limiti delle frequenze udibili e in tutti gli altri settori dell'acustica. Gli studiosi cui va il merito maggiore di questa evoluzione sono in gran parte citati nella esposizione dedicata agli strumenti del Museo.

I.2 Propagazione del suono

Le prime osservazioni sui meccanismi di produzione e propagazione del suono si trovano in Aristotele (circa 350 a.C.). Alcune sue idee, frutto di geniali intuizioni, appaiono oggi sorprendentemente corrette. Secondo Aristotele l'aria va inclusa fra i corpi in grado di produrre suoni quando vengano "percossi". Egli afferma che ogni porzione di aria è in grado di "picchiare" contro quella più vicina consentendo al suono di propagarsi sino a raggiungere il nostro orecchio; senza un mezzo di propagazione come l'aria o l'acqua, egli conclude, non si potrebbe percepire alcun suono.

È dell'architetto romano Vitruvio, vissuto fra il I secolo a.C. e il I secolo d.C., l'idea di una certa analogia fra il meccanismo di propagazione del suono nell'aria e il movimento delle onde su di uno specchio d'acqua; mentre sembra potersi attribuire a Plinio il Vecchio (I secolo d.C.) la priorità della constatazione che il suono si propaga con velocità molto inferiore a quella della luce.

Bisogna attendere il secolo XVII perché sulla propagazione del suono si attuino le prime ricerche sistematiche. Gli studiosi si chiedono anzitutto se l'aria sia necessaria per la trasmissione del suono e se il suono si propaghi anche in mezzi diversi dall'aria. Pierre Gassend (1592-1655), la cui concezione filosofica è vicina all'atomismo di Democrito, è convinto che l'aria sia necessaria per la trasmissione e attribuisce la propagazione a piccole particelle invisibili che, partendo dalla sorgente sonora, raggiungerebbero l'orecchio muovendosi attraverso l'aria. Otto von Guericke (1602-1686) prova che il suono si propaga anche nei liquidi e nei solidi; e avendo inoltre dedotto, sulla base di osservazioni da lui effettuate, che il suono si trasmette nell'aria calma meglio che in quella mossa, ritiene di poter affermare che questo risultato è in contrasto con la teoria di Gassend.

Al fine di provare la fondatezza delle idee di quanti sostenevano che l'aria è indispensabile per la propagazione del suono, Athanasius Kircher (1601-1680) si servì di una campanella posta all'interno di una campana pneumatica; l'esperienza costituì il prototipo di una serie di esperimenti analoghi eseguiti da numerosi studiosi nei secoli XVII e XVIII. Poiché Kircher concluse che l'aria non è necessaria per la trasmissione del suono è da pensare che l'apparecchiatura da lui usata fosse inadeguata. Qualche tempo dopo Robert Boyle (1627-1691) ripeté l'esperienza ed, essendo riuscito a realizzare un vuoto molto spinto, poté concludere che "l'aria è il mezzo per la trasmissione acustica e presumibilmente non l'unico".

A chi si debba attribuire la priorità della determinazione della velocità del suono nell'aria è questione controversa. Certamente fra i primi a eseguire la misurazione fu Gassend cui va anche il merito della constatazione che la velocità di propagazione è indipendente dall'altezza del suono; veniva così confutato il principio aristotelico, che aveva a quel tempo ancora largo credito, secondo cui le note alte si trasmetterebbero più velocemente di quelle basse. La convinzione di Gassend che il vento non avesse alcuna influenza sulla velocità di propagazione del suono nell'atmosfera si dimostrerà invece infondata.

Una prima espressione per la velocità di trasmissione del suono in un gas, attraverso un parametro elastico ed uno inerziale, fu dedotta da Isaac Newton (1642-1727). Ci si avvide qualche tempo dopo che la formula di Newton forniva per l'aria un valore sensibilmente inferiore a quello determinato sperimentalmente. La discrepanza fra valore teorico e valore sperimentale fu eliminata da Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) il quale tenne conto delle variazioni di temperatura che accompagnano le compressioni e decompressioni associate alla propagazione dell'onda elastica.

Per i metodi di determinazione della velocità di propagazione del suono nei fluidi, messi a punto nell'Ottocento, si veda la scheda V.

Scheda II

II. CARATTERISTICHE COMUNI DEI FENOMENI ONDULATORII. ONDE TRASVERSALI E LONGITUDINALI

Le vibrazioni di una corda, il movimento delle onde sulla superficie di uno specchio d'acqua, la propagazione del suono nell'aria, la propagazione della luce o di segnali radio nello spazio sono solo alcuni esempi di fenomeni ondulatorii. Di qualunque tipo essi siano, *i fenomeni ondulatorii hanno, come prima caratteristica comune, quella di poter essere descritti analiticamente da equazioni dello stesso tipo.* Queste, infatti, hanno sempre la forma dell'equazione di un moto armonico semplice o di più moti armonici sovrapposti, il che fisicamente significa che a un fenomeno ondulatorio, qualunque esso sia, sono sempre associate una o più *vibrazioni* a carattere armonico, ciascuna descrivibile mediante un'equazione del tipo $x = A \cos (\omega t + \varphi)$.

Con riferimento alla loro natura intrinseca, le onde possono essere distinte in *elastiche* o *meccaniche* ed *elettromagnetiche*. Le onde elastiche (in particolare le *onde acustiche*, ossia quelle che, propagandosi in un mezzo fluido, possono giungere al nostro orecchio e dar luogo alla caratteristica sensazione uditiva) sono associate a effettive vibrazioni di punti materiali, la cui genesi può ritenersi la seguente. Una causa esterna, determinata dalla propagazione di un moto ondoso, sposta i punti materiali dalle loro posizioni di riposo; in conseguenza di ciò, intervengono forze elastiche di richiamo che tendono a riportarli nelle rispettive posizioni di equilibrio: il risultato è che le *particelle oscillano con legge armonica* intorno a tali posizioni. Solo per un mezzo materiale, quindi, ha senso parlare di propagazione di onde elastiche. Le onde elettromagnetiche (in particolare le onde luminose) non sono associate a vibrazioni di punti materiali; e infatti esse possono propagarsi anche nel vuoto. In realtà, ciò che vibra nella propagazione di un'onda elettromagnetica sono i vettori campo elettrico e campo magnetico associati all'onda, che in ogni punto del mezzo in cui l'onda si trasmette hanno un'ampiezza ed un verso rapidamente variabili nel tempo; anche la direzione di oscillazione è in generale variabile, risultando però in ogni caso perpendicolare alla direzione di propagazione.

Una seconda caratteristica comune a tutti i fenomeni ondulatorii, siano essi di natura elastica o elettromagnetica, è costituita dal fatto che alla propagazione di un'onda è sempre associata una propagazione di energia. Nel caso particolare delle onde elastiche l'energia trasmessa è quella indotta nelle particelle del mezzo in cui l'onda si propaga. Negli istanti in cui transita per la posizione di equilibrio ciascuna particella vibrante ha la massima energia cinetica, mentre l'energia potenziale associata alla forza elastica di richiamo è nulla; negli istanti in cui lo spostamento dalla posizione di riposo è massimo l'energia cinetica è nulla mentre l'energia potenziale assume il valore più elevato; nelle posizioni intermedie la particella possiede sia energia cinetica che energia potenziale.

Si dicono *trasversali* le onde per le quali la vibrazione si realizza in una direzione ortogonale alla direzione di propagazione, *longitudinali* le onde per le quali le direzioni di vibrazione e di propagazione coincidono. Se si pone in oscillazione una corda tesa eccitandola in un punto, lungo di essa si propagano onde trasversali; infatti, mentre la perturbazione che si è originata in quel punto viaggia lungo la corda, ciascun punto oscilla, intorno alla sua posizione di riposo, in una direzione perpendicolare a quella di propagazione. Poiché il campo elettrico e il campo magnetico associati a

un'onda elettromagnetica risultano, in ogni istante e in ogni punto del mezzo, perpendicolari alla direzione di propagazione in quel punto, un'onda elettromagnetica è da considerarsi come una perturbazione a carattere trasversale. Invece le onde acustiche sono tipiche onde longitudinali; alla trasmissione del suono nell'aria o in un altro mezzo fluido sono infatti associate compressioni e rarefazioni successive di ogni piccola porzione di fluido, ciascuna particella del mezzo oscillando nella stessa direzione di propagazione (vedi scheda III).

Scheda III

III. NATURA E CARATTERI DISTINTIVI DEL SUONO

Consideriamo la membrana vibrante di un altoparlante (fig.a). Essa oscilla spostandosi continuamente, di un piccolo tratto, dalla posizione A alla posizione B, e viceversa. Nell'intervallo di tempo, corrispondente a un semiperiodo, in cui la membrana si sposta da A a B, lo strato d'aria ad essa aderente viene compresso e va a sua volta ad esercitare una pressione supplementare sugli strati gassosi alla sua destra, mentre nell'intervallo di tempo, eguale al primo, durante il quale la membrana si sposta da B ad A, lo strato d'aria aderente alla membrana risentirà di una depressione in conseguenza del brusco aumento di volume. Essendo la pressione divenuta localmente più debole, gli strati vicini tendono via via a dilatarsi e, come accade per la compressione, una rarefazione si va propagando nell'aria. Poiché la membrana oscilla continuamente fra le due posizioni estreme, il fluido sarà indotto a trasmettere, senza interruzioni, compressioni e decompressioni successive (fig.b) e, se si esamina quel che accade in un punto del mezzo, constateremo che la pressione che vi si riscontra è talvolta più grande e talvolta più debole della pressione atmosferica, con variazioni di pressione che si susseguono con la stessa frequenza con cui vibra la membrana. Ogni straterello di aria si comprime e si dilata di continuo come il mantice di una fisarmonica così che ciascuna particella di fluido oscilla di un piccolo tratto intorno alla posizione di equilibrio, spostandosi nella stessa direzione di propagazione. L'onda che si propaga nel mezzo è dunque *longitudinale* (vedi scheda II).

Quanto è stato detto per la membrana può ripetersi per qualsiasi altro corpo vibrante posto in un fluido. Le onde longitudinali che si dipartono dalla sorgente e giungono al nostro orecchio danno luogo alla caratteristica sensazione uditiva se le frequenze di vibrazione delle particelle del mezzo in cui le onde si propagano, frequenze che si identificano con quelle di vibrazione della sorgente, assumono valori opportuni. Ricordiamo che le molecole di un fluido sono animate da moti rapidi e disordinati di agitazione termica. Il passaggio di un'onda sonora verrà dunque a sovrapporre all'agitazione termica un movimento d'insieme delle particelle. Questo movimento è ordinato, ed è per tale motivo che esso diviene per noi percettibile malgrado la debole ampiezza e la piccola velocità degli spostamenti indotti dalla perturbazione.

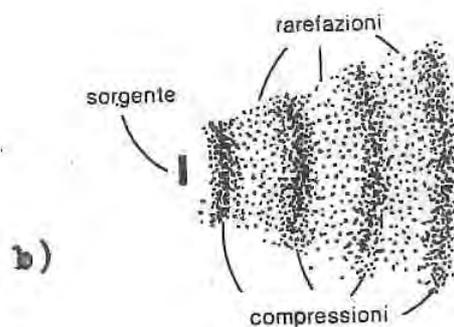
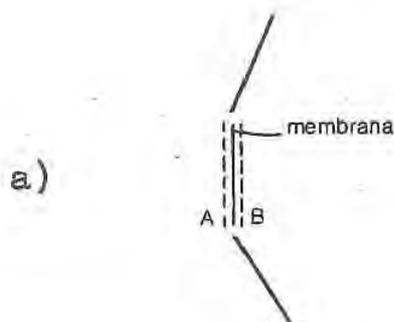
Nell'ambito delle frequenze più basse un suono di frequenza 16 Hz può ancora essere avvertito dall'orecchio umano, ma la sensazione uditiva non è ben definita; la percezione diviene netta a partire dalla frequenza di 40 Hz. Nel campo delle frequenze elevate l'orecchio umano percepisce vibrazioni elastiche di frequenza sino a 20.000 Hz, se la persona è molto giovane; questo limite si abbassa sino a 12.000 Hz per le persone anziane. Può allora dirsi che, in media, il limite superiore delle frequenze udibili è di circa 16.000 Hz. Le vibrazioni elastiche si classificano dunque in *suoni udibili* (frequenze comprese fra 16 e 16.000 Hz), *infrasuoni* (frequenze inferiori a 16 Hz) e *ultrasuoni* (frequenze superiori a 16.000 Hz).

Quando percepiamo un suono ne distinguiamo immediatamente due caratteristiche: l'*intensità* e l'*altezza*. Per tutte le onde, siano esse di natura elastica o elettromagnetica, l'*intensità* esprime l'*energia convogliata dall'onda nell'unità di tempo attraverso l'unità di superficie del mezzo interessato alla propagazione*. Per le onde elastiche, in particolare, l'energia trasmessa è quella indotta nelle particelle del mezzo in cui la vibrazione si propaga (vedi scheda II). L'espressione dell'intensità di un'onda elastica è $I = 2 \pi^2 V \rho A^2 v^2$, essendo A l'ampiezza dell'onda (spostamento massimo di una particella vibrante dalla sua posizione di riposo), v la frequenza di vibrazione, V la velocità di

propagazione del moto ondoso e ρ la densità del mezzo in cui l'onda si trasmette. Dall'ammontare di energia convogliata nell'unità di tempo sulla membrana del timpano deriva che un suono appare più o meno intenso.

In genere, quando si fa agire una sorgente sonora, viene eccitata una frequenza, detta *fondamentale*, insieme con un certo numero di frequenze superiori o *armoniche* (vedi anche scheda IV). In generale all'oscillazione corrispondente alla frequenza fondamentale compete l'intensità massima, mentre alle armoniche corrispondono intensità più piccole. Il suono emesso è tanto più *puro* quanto minore è il numero di armoniche che si accompagnano alla frequenza fondamentale e quanto più piccola è l'intensità delle vibrazioni armoniche rispetto a quella della vibrazione fondamentale. Orbene l'altezza di un suono puro è determinata dalla sua frequenza così che appare *acuto* o *grave* a seconda che la frequenza è piuttosto alta o piuttosto bassa. Se, come accade quasi sempre, il suono non è puro, l'altezza è determinata essenzialmente dalla frequenza fondamentale.

Accanto all'altezza e all'intensità esiste un terzo carattere distintivo dei suoni: il *timbro*. Suoni di eguale altezza, corrispondenti quindi alla stessa nota musicale, danno luogo a sensazioni diverse a seconda delle sorgenti da cui vengono emessi, il che consente ad un orecchio di distinguere, in particolare, i suoni emessi da strumenti musicali della stessa famiglia (archi, ottoni, legni, ecc.) differenziando, per esempio, le note di un violino da quelle di un violoncello. Il timbro, che caratterizza questa particolare sensazione uditiva, è determinato dal numero di armoniche che si accompagnano alla nota fondamentale e dalle loro intensità relative. Poiché queste caratteristiche dipendono dalla sorgente sonora, è il timbro l'elemento che consente di distinguere una sorgente dall'altra.



Scheda IV

IV. MECCANISMO DI PRODUZIONE DEI SUONI

L'instaurarsi di un sistema di *onde stazionarie* è il meccanismo alla base della produzione di suoni in tutti i tipi di sorgenti acustiche. Dire che in un corpo vibrante si stabilisce un sistema di onde stazionarie significa dire che l'ampiezza di vibrazione in ogni punto è invariabile nel tempo e dipende solo dalla posizione del punto considerato, essendovi in particolare punti che risultano sempre in quiete (*nodi*) e punti in cui l'ampiezza di vibrazione è costantemente massima (*ventri*).

Riferiamoci in particolare ad una corda tesa, fissa agli estremi. Quando si eccita la corda si generano al momento moltissime onde di frequenze diversissime che si sovrappongono, viaggiando nei due sensi, a causa delle riflessioni multiple agli estremi. Di queste onde possono "rimanere in vita" solo quelle in grado di dar luogo a un sistema stazionario, cioè ad un sistema di onde persistenti compatibile con la presenza agli estremi di punti fissi i quali non possono che avere un'ampiezza di vibrazione costantemente nulla; le altre oscillazioni interferiscono in modo distruttivo e si vanno rapidissimamente spegnendo: dopo una brevissima fase di transizione, che segue immediatamente l'eccitazione della corda, si determinano onde stazionarie di frequenze ben definite (*frequenza o nota fondamentale e frequenze superiori o armoniche*) le quali sono, in definitiva, le frequenze con le quali la corda può effettivamente vibrare. Le oscillazioni della corda si trasmettono, con le medesime frequenze, all'aria circostante e danno luogo ai suoni che noi avvertiamo.

Considerazioni analoghe si possono svolgere per un tubo sonoro, in particolare per una canna di organo. Se il tubo è chiuso ad un estremo ed aperto all'altro, le particelle di aria hanno la massima libertà di movimento in corrispondenza dell'apertura ove esse possono vibrare (longitudinalmente e non trasversalmente come i punti di una corda) con la massima ampiezza; non vi è invece alcuna possibilità di movimento in corrispondenza dell'estremità chiusa ove l'ampiezza di vibrazione non può che essere costantemente nulla: l'imboccatura costituisce un ventre, l'estremità chiusa un nodo. È utile anche ricordare che *le onde stazionarie di pressione associate alle onde stazionarie di vibrazione sono rispetto a queste in opposizione di fase; quindi a un nodo di vibrazione corrisponde la massima variazione di pressione, a un ventre una variazione di pressione nulla.*

La situazione più semplice che si possa determinare in un tubo sonoro è quella per cui fra il nodo all'estremità chiusa e il ventre all'estremità aperta non sono presenti altri nodi e ventri [fig.(a)]; poiché la distanza fra un nodo e il ventre immediatamente successivo è pari a un quarto di lunghezza d'onda, la lunghezza d'onda λ_0 del sistema di onde stazionarie presente nelle condizioni ora esposte è $\lambda_0 = 4l$, essendo l la lunghezza del tubo. A questa lunghezza d'onda, che è evidentemente la più elevata fra quelle che si determinano in una canna chiusa ad un estremo ed aperta all'altro, corrisponde la frequenza più bassa con cui la colonna d'aria può vibrare; la frequenza fondamentale è quindi $\nu_0 = V/\lambda_0 = V/4l$, se con V indichiamo la velocità di propagazione del suono nell'aria. La lunghezza d'onda λ_1 immediatamente più grande di λ_0 è quella per cui è $\lambda_1 = (4/3)l$ [fig.(b)] e la frequenza corrispondente è $\nu_1 = V/\lambda_1 = 3(V/4l) = 3\nu_0$; la lunghezza d'onda e la frequenza successive sono rispettivamente $\lambda_2 = (4/5)l$ [fig.(c)] e $\nu_2 = V/\lambda_2 = 5(V/4l) = 5\nu_0$; e così via. Si conclude che in una canna sonora aperta ad un estremo e chiusa all'altro sono presenti le sole armoniche dispari.

Con gli stessi criteri si calcolano le frequenze con cui la colonna d'aria può vibrare se il tubo è aperto ad entrambi gli estremi. Poiché questi, ora, fungono da ventri, la lunghezza d'onda più elevata dei possibili sistemi di onde stazionarie è $\lambda_0 = 2l$ [fig.(d)] così che la frequenza fondamentale è $\nu_0 = V/2l$. Le

lunghezze d'onda immediatamente successive [figg.(e) ed (f)] sono $\lambda_1 = l$ e $\lambda_2 = (2/3)l$; ad esse corrispondono le frequenze $\nu_1 = V/l = 2\nu_0$ e $\nu_2 = 3(V/2l) = 3\nu_0$. Nei modi di vibrazione si ha una sostanziale differenza rispetto alla canna aperta ad una sola estremità dal momento che ora sono presenti anche le armoniche pari:

I risultati ottenuti mostrano che, per due canne sonore del medesimo tipo, le frequenze dello stesso ordine e le lunghezze dei tubi sono in rapporto inverso. In particolare, se uno dei tubi ha lunghezza doppia dell'altro, il più corto ha una frequenza fondamentale due volte più grande, cioè emette una nota di un'ottava più elevata. Dalla eccitazione successiva di canne disposte in ordine di lunghezza (come accade nello strumento musicale di antica origine detto *flauto di Pan*) si ottengono suoni via via più acuti o più gravi.

Sostanzialmente eguale a quello che si determina in una corda tesa o in tubo sonoro, anche se più complicato, è il meccanismo con cui entrano in vibrazione stazionaria corpi a forma di sbarra, piastra, membrana o campana. Vi è però da precisare che per le membrane, le piastre e le campane, a differenza di quanto accade per le corde tese e per i tubi sonori, i valori delle frequenze superiori non sono multipli interi della frequenza fondamentale. Lo stesso comportamento si riscontra nelle sbarre che vibrano trasversalmente.



Scheda V

V. DETERMINAZIONE DELLA VELOCITÀ DEL SUONO NEI FLUIDI

Numerosi furono nel Settecento e nell'Ottocento le determinazioni dirette della velocità del suono nell'aria. Il metodo usato consisteva nel misurare, in un punto di osservazione molto distante da un'altura sulla quale era stato collocato un cannone, l'intervallo di tempo intercorrente fra l'istante in cui si vedeva il lampo dello sparo e l'istante in cui si percepiva la detonazione. Poiché le misurazioni della velocità del suono nell'aria, eseguite direttamente nell'atmosfera, sono influenzate, talora in misura notevole, dal vento, per ridurre al minimo l'errore che ne derivava si usava collocare una bocca da fuoco in due punti A e B. Per n spari del cannone in A si misuravano in B i valori del ritardo con cui la detonazione veniva percepita rispetto al lampo, e altrettanto si faceva in A per n spari del cannone in B alternati a quelli della bocca da fuoco in A. Generalmente il valor medio dei tempi misurati in A era sensibilmente diverso dal valor medio dei tempi registrati in B; per la determinazione della velocità del suono si assumeva la media dei due valori. Una determinazione molto precisa fu eseguita nel 1822, nei pressi di Parigi, da Arago e von Humboldt che ottennero il valore di 333 m/s.

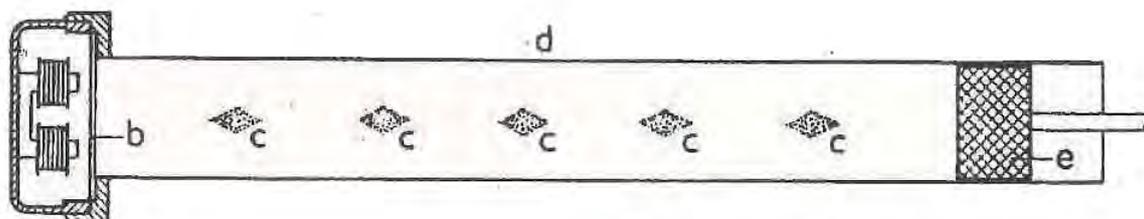
La velocità del suono nell'acqua fu misurata nel 1826 da Colladon e Sturm i quali si servirono di un metodo diretto analogo a quello usato nell'atmosfera. Una campana, immersa nell'acqua del Lago di Ginevra, veniva posta in vibrazione da un dispositivo che, contemporaneamente, faceva esplodere una carica. Si risaliva alla velocità del suono nell'acqua dalla misurazione del ritardo con cui, rispetto alla percezione del lampo, le onde sonore trasmesse dalla campana venivano raccolte da una sorta di grande imbuto immerso nell'acqua a notevole distanza dalla sorgente sonora e collegato, per l'estremità di sezione minore, all'orecchio dell'osservatore. Il valore determinato fu di 1435 m/s. L'esperienza fu poi ripetuta varie volte da Colladon nel periodo che va dal 1837 al 1841.

Il metodo diretto può essere usato solo quando si opera nell'atmosfera o nell'acqua di un lago o del mare. Per sostanze che non siano aria o acqua si può ricorrere solo a metodi indiretti. Per gas diversi dall'aria, in particolare, è possibile servirsi del metodo messo a punto, intorno al 1870, da Kundt. L'apparecchio utilizzato (*tubo di Kundt*) è essenzialmente costituito (vedi figura) da un tubo cilindrico di vetro contenente il gas in esame e chiuso da un lato da una lamina vibrante b e, dall'altro, da uno stantuffo mobile e ; lungo il tubo è distribuita uniformemente della minutissima polvere di sughero o di licopodio. Le vibrazioni della lamina, di frequenza ν nota, si trasmettono al fluido con la medesima frequenza dando luogo a onde longitudinali che si propagano con velocità V e la cui lunghezza d'onda è $\lambda = V/\nu$. Un sistema di onde stazionarie può instaurarsi nel fluido quando la lunghezza della colonna di gas è pari a un numero intero di semilunghezze d'onda; questa condizione si realizza per tentativi con un lento spostamento del pistone in un senso o nell'altro. La stazionarietà delle onde comporta la presenza di *piani nodali* equidistanti ed invariabili nel tempo nei quali, una volta che essa sia stata raggiunta, la polvere va a raccogliersi. La distanza fra due mucchietti, cioè fra due piani nodali, è pari a una semilunghezza d'onda; pertanto, detta l la lunghezza della colonna d'aria corrispondente alle condizioni di stazionarietà, il numero n di mucchietti c...c ottenuti consente di determinare la lunghezza d'onda dalla relazione $l = (n + 1) \lambda/2$ e quindi di risalire facilmente alla velocità di propagazione delle onde.

Nell'apparato originario di Kundt le vibrazioni venivano trasmesse all'aria nella canna di vetro da una lamina fissata all'estremità interna di una sbarra che attraversava a tenuta un tappo posto a

chiusura della canna stessa; l'asta prendeva a vibrare longitudinalmente se la sua parte esterna al tubo veniva sfregata con un panno di lana, leggermente umido, mosso lungo la sbarra.

La presenza delle pareti tende ad abbassare la velocità di propagazione del suono in un fluido all'interno di un tubo rispetto al valore che si riscontrerebbe nelle condizioni per cui lo stesso fluido costituisce un mezzo illimitato. L'effetto, che è tanto più rilevante quando più piccola è la sezione del tubo e quanto più elevata è la lunghezza d'onda, è dovuto essenzialmente all'attrito del fluido con le pareti e alla non adiabaticità di queste. Ricordiamo che l'espressione della velocità di propagazione del suono in un fluido, $V = \sqrt{\epsilon/\rho}$, essendo ϵ e ρ , rispettivamente, il modulo di compressibilità e la densità del fluido, è stata calcolata nell'ipotesi che la trasmissione delle onde di pressione associate alle onde elastiche longitudinali è un fenomeno tipicamente adiabatico. La discrepanza fra valore teorico e valore ottenuto sperimentalmente con onde che si propagano lungo un tubo è particolarmente notevole per un liquido.



BIBLIOGRAFIA

- E. F. Chladni, *Die Akustik*, Leipzig, 1802.
- P. S. Laplace, *Développement de la théorie des fluides élastiques et application de cette théorie à la vitesse du son*, Paris, 1821.
- S. D. Poisson, *Mémoire sur la propagation du mouvement dans les milieux élastiques*, Paris, 1830.
- C. Cagniard de la Tour, *Considérations diverses sur la vibration sonore des liquides*, Paris, 1833.
- J. Tyndall, *Le son*, Paris, 1869.
- P. A. Daguin, *Traité élémentaire de physique théorique et expérimentale*, Paris, 1878.
- J. H. Poynting and J. J. Thomson, *Sound*, London, 1899.
- J. W. Capstick, *Sound*, Cambridge, 1913.
- J. W. Rayleigh, *The Theory of Sound*, New York, 1945.
- H. L. Helmholtz, *On the Sensations of Tone*, New York, 1954.
- A. H. Benade, *I tubi sonori*, Bologna, 1966.
- G. L'E. Turner, *Sound* in "Nineteenth-Century Scientific Instruments", 1983.
- P. Brenni, *Gli strumenti del Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano - Acustica*, Firenze, 1986.
- G. Nobili, *La strumentazione acustica di A. Righi*, Atti dell'XI Congresso Nazionale di Storia della Fisica, 1990.
- Instrumenta - Il patrimonio storico scientifico italiano: una realtà straordinaria*, a cura di G. Dragoni, Bologna, 1991.

ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI MUSEALI SINORA EDITE

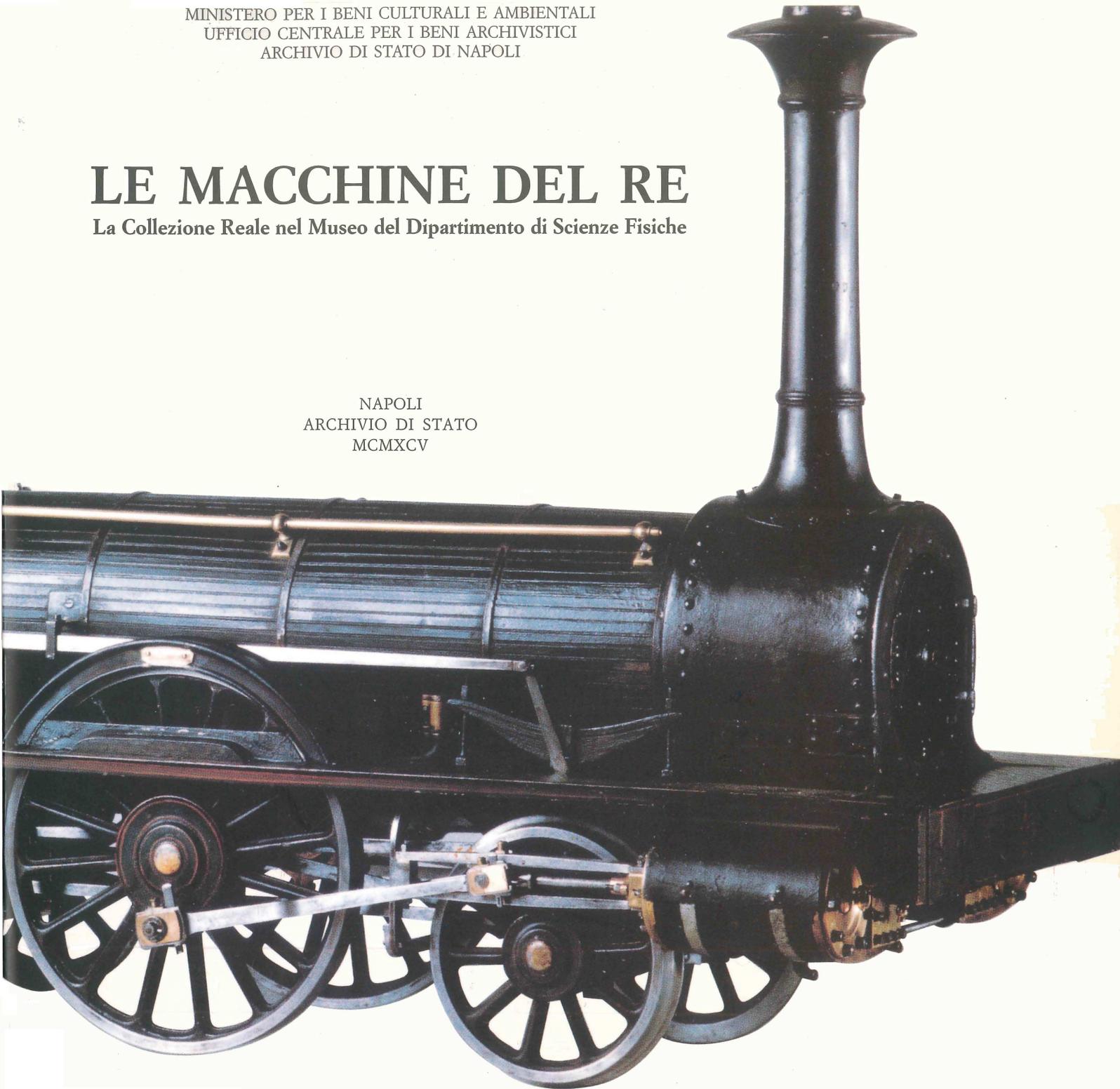
1. E. Ragozzino ed E. Schettino, *La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica - Gli strumenti ottici*, Università degli Studi di Napoli, 1984.
2. E. Ragozzino ed E. Schettino, *La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica - Meccanica dei fluidi e termologia*, Università degli Studi di Napoli, 1985.
3. E. Ragozzino ed E. Schettino, *La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica - Elettricità e magnetismo*, Università degli Studi di Napoli, 1985.
4. E. Ragozzino ed E. Schettino, *Early Instruments of the Institute of Physics*, University of Naples, 1988.
5. E. Ragozzino, R. Rinzivillo ed E. Schettino, *La rivelazione della radiazione termica nella strumentazione di Macedonio Melloni*, Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli, 1989.
6. E. Ragozzino, R. Rinzivillo ed E. Schettino, *I microscopi del passato - Una introduzione allo studio delle qualità ottiche e meccaniche dei microscopi del Museo*, Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli Federico II, 1991.

MINISTERO PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI
UFFICIO CENTRALE PER I BENI ARCHIVISTICI
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI

LE MACCHINE DEL RE

La Collezione Reale nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche

NAPOLI
ARCHIVIO DI STATO
MCMXCV



MINISTERO PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI
UFFICIO CENTRALE PER I BENI ARCHIVISTICI
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI

LE MACCHINE DEL RE

La Collezione Reale nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche

a cura di

Edvige Schettino e Rossana Spadaccini

NAPOLI
ARCHIVIO DI STATO
MCMXCV

Questa pubblicazione è stata realizzata con il contributo del
MINISTERO PER I BENI CULTURALI E AMBIENTALI
UFFICIO CENTRALE PER I BENI ARCHIVISTICI

nell'ambito delle manifestazioni
Il Congresso degli Scienziati a Napoli
1845 - 1995
Napoli, 6 - 9 dicembre 1995

e in occasione del
150° Anniversario
dell'inaugurazione del Grande Archivio
nel Monastero dei Santi Severino e Sossio

Sotto l'Alto Patronato
del Presidente della Repubblica Italiana

Con il patrocinio del
Ministero per i Beni Culturali e Ambientali
Ministero per l'Università e la Ricerca Scientifica
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Comune di Napoli

LE MACCHINE DEL RE

La Collezione Reale nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche

Mostra organizzata da

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI

DIPARTIMENTO DI SCIENZE FISICHE - UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

SOPRINTENDENZA PER I BENI AMBIENTALI
E ARCHITETTONICI DI NAPOLI E PROVINCIA

Sede

PALAZZO REALE - SALA DELLE CARROZZE

Piazza del Plebiscito, 8 dicembre 1995 - 6 gennaio 1996

Con il contributo

COMITATO PER IL CONGRESSO DEGLI SCIENZIATI A
NAPOLI 1845-1995

INA Assitalia - Agenzia Generale di Napoli

Comitato scientifico e organizzativo

Giuseppe D'Alessio

Tobia Di Ronza

Roberta Lencioni

Paolo Mascilli Migliorini

Patrizia Nicoletti

Gianni Paternoster

Sergio Patricelli

Ezio Ragozzino

Giulio Raimondi

Giulia Rossi

Edvige Schettino

Rossana Spadaccini

Giuseppe Zampino

Con la collaborazione di

Beatrice Antonacci

Consiglia Di Giorgio

Vincenzo Liberti

Catello Lubrino

Giuseppe Pisano

Per il restauro degli strumenti

Ugo Varriale

Sezione di Fotoreproduzione e Sezione di Restauro
dell'Archivio di Stato di Napoli

Fotografie

Documenti: Libero De Cunzo

Strumenti: Luigi di Maggio

Allestimento: Domenico Contento

Progetto allestitivo

Tobia Di Ronza

L'esposizione promossa e organizzata dall'Archivio di Stato, dal Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università Federico II, dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e dalla Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici, s'inserisce nel quadro delle manifestazioni denominate *Il Congresso degli Scienziati a Napoli 1845 - 1995* con cui, a distanza di centocinquanta anni, si intende celebrare il Congresso scientifico tenutosi a Napoli nel settembre del 1845.

Per quell'occasione le istituzioni scientifiche napoletane si dedicarono ad una intensa attività di aggiornamento e abbellimento delle strutture, per ben figurare al cospetto degli ospiti nazionali e stranieri, prendendo coscienza delle potenzialità scientifiche ancora inesprese e delle necessità economiche e funzionali.

A Palazzo Reale, i cui Appartamenti e Saloni furono aperti alla visita degli illustri scienziati, si attese all'incremento e alla valorizzazione del Reale Gabinetto Fisico, annesso alla Biblioteca del Re, amministrato dal Maggiordomo Maggiore e diretto da un professore di Fisica, prima Domenico De Miranda, poi Giacomo Maria Paci e Raffaele Napoli.

Ubicato nei locali del secondo piano nobile, negli anni '30 dell'Ottocento, e ristrutturato dall'architetto Gaetano Genovese dopo il disastroso incendio del 1837, occupava tre stanze contigue alla Biblioteca ed affacciava sulla Darsena e sullo spia-nato, sottostante il Reale Palazzo e digradante verso Castelnuovo, dove si eseguivano le osservazioni meteorologiche e barometriche.

Dalle vicine stanze del Appartamento Reale, nell'epoca dell'accrescimento delle collezioni museali, affluirono orologi e cannocchiali di uso personale del Re Ferdinando II, appassionato di astronomia e preziosi strumenti, fra i quali il Planisfero, ora ai Musei Vaticani, portato con l'eredità Farnese di Carlo di Borbone a Napoli, dove rimase per oltre cento anni, prima conservato a Capodimonte e poi trasferito nel Gabinetto Fisico della Reggia al Largo di Palazzo, proprio per il Congresso degli Scienziati.

A partire dagli anni '50 avviene la trasformazione del museo particolare del Re a laboratorio didattico per il principe, il giovane Francesco, avviato alla carriera militare, per il cui corso di studi il Reale Gabinetto Fisico fu attrezzato, con l'acquisto di altre macchine e il difficile adattamento dei locali.

Nell'inventario del 1874 che descrive la Reggia ancora organizzata in luoghi di diversa attività e destinazione, il museo di macchine non risulta ancora smembrato.

Cinque anni dopo l'intera collezione verrà trasferita a Capodimonte dove rimarrà fino al 1887, quando ne sarà decretato il passaggio all'Università.

Questa mostra è l'occasione di un temporaneo ritorno: il ritorno delle macchine del Re, gli strumenti scientifici del suo personale museo, negli ambienti del Palazzo Reale, non lontani dal luogo dell'originaria collocazione, nella Sala delle Carrozze, situata nel cortile sottostante l'ala orientale del palazzo, dove dalla parte del molo si affacciavano i balconi del Reale Gabinetto Fisico, chiusi od opportunamente oscurati quando si trattava di eseguire esperimenti ed esercitazioni con gli strumenti ottici.

È inoltre un'ulteriore testimonianza della necessità di studi e ricerche interdisciplinari, condotti da specialisti di diverse aree e finalizzati alla conoscenza e alla ricostruzione della storia di antiche collezioni, nuclei di libri, quadri, oggetti, strumenti scientifici che, confluiti nelle istituzioni museali ottocentesche, e poi confusi con le acquisizioni successive, meritano, sulla scorta di approfondite indagini documentarie, una opportuna riscoperta e una conseguente logica valorizzazione.

Tutto ciò è e deve essere finalizzato alla riscoperta dell'identità storica delle Istituzioni culturali e del patrimonio artistico, scientifico, letterario, bibliografico e documentario della nostra Città e del nostro Paese, senza steccati eretti dalla pur evidente e necessaria specializzazione delle competenze tecniche, ma aprendosi alla collaborazione fra Istituti ed Enti, obiettivo che almeno in questa occasione, come del resto in molte recenti iniziative, sembra raggiunto.

GIUSEPPE ZAMPINO

*Soprintendente per i Beni Ambientali e Architettonici
di Napoli e Provincia*

Questa mostra, la cui realizzazione è dovuta anche alla altissima preparazione, all'appassionata attenzione che Rossana Spadaccini ha ad essa dedicata, può ben rappresentare, pur nella sua ottica limitata, quel riesame della storia del nostro Mezzogiorno, riesame tanto necessario quanto doveroso, di una storia cioè che fino ad ora è stata esposta in maniera deformata dalla parte politica vincente.

Accanto, infatti, alle considerazioni di natura strettamente scientifica, è in via prioritaria da chiarire in maniera inequivocabile che fra le tante realizzazioni, fra le tante imprese che caratterizzarono il regno di Ferdinando II, la realizzazione del Real Gabinetto Fisico testimonia, più di tanti libelli, fantasie e racconti più o meno romanzeschi, l'interesse culturale di un sovrano, verso un settore in rapido sviluppo come quello della ricerca sui fenomeni fisici e chimici nella prima metà dell'Ottocento.

L'attenzione culturale verso l'aspetto museale si trasformò poi in attenzione scientifica con la modifica in laboratorio didattico destinato all'erede al trono, Francesco.

Nell'*Archivio Amministrativo di Casa Reale* è conservato, insieme alle carte relative alle residenze e ai siti reali, l'archivio del *Reale Gabinetto Fisico-Chimico*, il museo particolare del Re, un piccolo complesso documentario che ha permesso però l'identificazione di un nucleo collezionistico di strumenti scientifici di cui si aveva notizia, ma che non era ancora supportato da precise indagini documentarie.

La ricerca condotta all'Archivio di Napoli dalla dott. Edvige Schettino, responsabile del Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli Federico II si è collegata al lavoro archivistico della dott. Rossana Spadaccini che ha redatto di questa serie documentaria l'inventario analitico.

Si è creato così un legame fra le macchine e i documenti, in modo da approfondire ulteriormente la storia, l'origine, la provenienza delle prime e da collegare i secondi con una precisa realtà, l'effettiva esistenza degli strumenti scientifici di proprietà regia.

Questo lavoro è la dimostrazione evidente della necessità che la storia delle collezioni scientifiche, ma anche di quelle artistiche, venga condotta sulla base di serie e approfondite ricerche archivistiche, come d'altra parte hanno dimostrato i recenti lavori condotti da alcune Istituzioni, per la ricostruzione delle collezioni artistiche napoletane.

In questo senso l'Archivio di Stato di Napoli, come enorme contenitore degli

archivi del Regno, conserva anche la memoria degli Istituti scientifici e culturali che nei secoli hanno gestito il patrimonio artistico, archeologico, musicale e in genere culturale, pubblico e privato, di famiglie, di sovrani e di enti ecclesiastici.

Gli inventari, e tutta la documentazione relativa alle collezioni farnesiane, quella dei siti reali borbonici, dei monasteri soppressi, delle biblioteche, del Real Museo Borbonico, dei musei scientifici universitari, costituiscono la base documentaria, il prezioso serbatoio storico al quale attingere per la ricostruzione di nuclei collezionistici di quadri, libri, strumenti, monete, mobili, minerali, reperti archeologici, ancora esistenti nei più vasti complessi museali napoletani, ma più in generale meridionali.

Questi elenchi, cataloghi, notamenti, inventari danno conto della consistenza patrimoniale delle collezioni, ma sono anche lo specchio di precise scelte culturali, di orientamenti museologici, di esigenze scientifiche.

È bene che questa ricca documentazione venga studiata e approfondita, correlandola con gli oggetti che ancora i nostri musei conservano, restituendoli alla loro storia, da questa nuovamente illuminati e valorizzati, perché tornino ad essere «beni culturali», patrimonio di tutti.

Il centocinquantésimo anniversario dell'inaugurazione del Grande Archivio è servito, quindi, anche per lo studio approfondito di fonti e documenti che altrimenti sarebbero ancora non conosciuti: per il Gabinetto del Re questo aspetto va particolarmente rimarcato, per la collaborazione degli altri Istituti culturali e di ricerca, il Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli Federico II, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e la Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici di Napoli e Provincia, ai quali va il ringraziamento ed il riconoscimento di un risultato raggiunto con il lavoro di cultori di discipline diverse, ma unite, in questa occasione, per un unico scopo.

GIULIO RAIMONDI

Direttore dell'Archivio di Stato di Napoli

Il Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università degli Studi Federico II di Napoli ospita, nella sua collezione di oltre quattrocento strumenti antichi, alcuni reperti di notevole interesse storico, che il paziente lavoro del gruppo di ricercatori che si occupa del Museo ha permesso di classificare come appartenuti al Gabinetto di Fisica del Re Ferdinando II di Borbone. L'identificazione di questi strumenti è stata resa possibile dallo studio degli inventari custoditi presso l'Archivio di Stato e, quasi certamente, nel futuro, altri strumenti potranno essere classificati come appartenuti alla stessa collezione.

È quindi con particolare piacere che il Dipartimento ha deciso di offrire alla cittadinanza la possibilità di ammirare questa collezione in occasione del 150° anniversario del VII Congresso degli Scienziati che si tenne a Napoli nel 1845, in una sede, quella del Palazzo Reale, che è la più adatta a questo scopo.

È infatti qui, verso il 1840, che nasce la collezione originaria.

Essa raccoglie gli strumenti che Carlo di Borbone aveva ricevuto in eredità dalla madre Elisabetta Farnese e che furono inizialmente custoditi nella residenza reale di Capodimonte, poi all'Accademia Militare della Nunziatella ed infine trasportati a Palermo con la fuga di Ferdinando IV in Sicilia. Con il ritorno sul trono di Napoli dei Borbone e dopo l'incendio del 1837 di Palazzo Reale, Ferdinando II fa allestire i locali del Reale Gabinetto di Fisica. Oltre a curare il ripristino delle macchine esistenti, il sovrano commissiona l'acquisto di nuovi strumenti scientifici in Inghilterra ed in Francia ed il Gabinetto assume la fisionomia di Museo. Ma ben presto il Museo si trasforma in Laboratorio Scientifico nel quale gli strumenti sono utilizzati per «fare scienza» con esperimenti nel campo dell'ottica, dell'elettricità e della meccanica. La celebrazione del VII Congresso degli Scienziati a Napoli si svolge nel momento in cui l'attività scientifica reale è al suo apice.

Negli anni successivi il Gabinetto subisce la sua ultima trasformazione assumendo la fisionomia di Laboratorio Didattico, al fine di provvedere all'istruzione scientifica del Principe ereditario Francesco II.

Con l'unità d'Italia gli strumenti vengono affidati al Gabinetto universitario di Fisica. Gli strumenti esposti in questa Mostra si affiancano, nel patrimonio storico del Museo del Dipartimento, alla strumentazione scientifica adoperata da Macedonio Melloni per i suoi studi sulla radiazione termica e agli apparecchi scientifici acquisiti dai direttori del Gabinetto di Fisica dell'Università Gilberto Govi ed Emilio Villari, tra il 1878 e i primi anni del 1900.

Tutti gli strumenti della collezione sono conservati in magnifici armadi d'epoca, nell'aula di Rodi del padiglione 16 della Mostra d'Oltremare. Tale sistemazione, seppur molto decorosa, non è adeguata in quanto, per la ristrettezza degli spazi a disposizione del Dipartimento, la stessa aula è utilizzata per la didattica nei periodi di lezione. Con il trasferimento, nei prossimi anni, del Dipartimento nella nuova sede di Monte Sant'Angelo il Museo potrà disporre di spazi propri.

Nel corso dell'ultimo decennio, grazie alla passione ed all'impegno del gruppo di ricercatori che si occupano del Museo, si è dato nuovo slancio al lavoro di catalogazione, inventario e restauro degli strumenti. Lo stesso gruppo ha reso possibile l'esposizione al pubblico di questo patrimonio con mostre tematiche in occasione del 73° Congresso della Società Italiana di Fisica, di due edizioni della manifestazione «Futuro Remoto» e, negli ultimi anni, con una costante adesione alla settimana di Diffusione della Cultura Scientifica, permettendo agli studenti delle scuole superiori di visitare il Museo che, per l'occasione, si trasforma in Laboratorio Scientifico.

Nel ringraziare quindi la Soprintendenza per i Beni Ambientali ed Architettonici e l'Archivio di Stato che hanno contribuito al allestire questa Mostra, un particolare riconoscimento va a quei ricercatori del nostro Dipartimento che l'hanno resa possibile con il loro lavoro.

SERGIO PATRICELLI

*Direttore del Dipartimento di Scienze Fisiche
dell'Università degli Studi di Napoli Federico II*

La Collezione Reale nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche

Un patrimonio strumentale di grande interesse storico scientifico è custodito nel Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli Federico II. Sono soprattutto strumenti di fisica acquistati nel secolo scorso e nei primi decenni di questo secolo da costruttori inglesi, francesi e tedeschi; vi sono anche alcuni interessanti prototipi e apparati sperimentali realizzati da costruttori italiani.

Gli strumenti provengono soprattutto dal Gabinetto di Fisica dell'Università. Istituito nel 1818 sotto il regno di Ferdinando I di Borbone, il Gabinetto ebbe come primo direttore Gennaro de Conciliis, già professore di fisica sperimentale dell'Università. Nel 1887 la Collezione universitaria si arricchì di circa centosette strumenti provenienti dal Reale Gabinetto di Fisica. Con la fine della monarchia borbonica, infatti, gli strumenti del Museo privato del Re vennero formalmente consegnati, il 23 settembre 1860, a Filippo Casola, direttore del Gabinetto universitario. L'intera raccolta scientifica conflui poi nell'Istituto Fisico, ora Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli Federico II.

Questo patrimonio strumentale, come avvenuto per analoghe collezioni custodite nelle università italiane, è stato per molto tempo trascurato e dimenticato. Infatti agli inizi di questo secolo i mutati orientamenti nella ricerca scientifica e le nuove tecnologie hanno causato una messa a parte di questa strumentazione divenuta oramai obsoleta. Ma è soprattutto a partire dagli anni cin-

quanta che si assiste in tutta Italia ad una dispersione delle Collezioni ottocentesche, non considerate sufficientemente antiche da essere custodite nei musei come dei cimeli, al contrario di quanto è avvenuto per le raccolte scientifiche del Seicento e Settecento. Solo a partire dagli anni ottanta le Collezioni scientifiche ottocentesche sono state oggetto di un nuovo interesse ed il Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli Federico II è stato uno dei primi, insieme a Bologna, Pavia e Roma ad iniziare una attività volta alla salvaguardia, al ripristino e alla catalogazione della sua Collezione scientifica storica.

L'impegno per lo studio e la valorizzazione della Collezione è iniziato nel 1983. Quasi tutti gli strumenti erano sprovvisti di una precedente catalogazione; infatti solo alcuni di essi erano dotati di un numero d'ordine, che non sempre corrispondeva a quello del più antico catalogo inventariale giunto fino a noi e compilato tra il 1887 e il 1904.

Sino ad ora sono stati inventariati circa quattrocento strumenti, per la maggior parte realizzati nell'arco di un secolo a partire dai primi dell'Ottocento. Fra gli apparecchi della Collezione appaiono particolarmente interessanti i microscopi e gli strumenti elettromagnetici, che sono fra i più rappresentativi nella storia dell'elettromagnetismo. Di particolare rilevanza, per varietà, interesse storico e stato di conservazione, sono i misuratori di

corrente attraverso i quali è possibile ricostruire la storia della reometria dalle origini ai primi decenni di questo secolo. Di notevole interesse sono anche molti apparecchi di acustica, termologia e meccanica. Non vanno dimenticati anche un ottimo esemplare di pireliometro di Pouillet, l'igrometro di de Saussure, la lente a gradinate di Henry Lepaute e alcuni strumenti ideati o fatti realizzare da Macedonio Melloni.

Tra gli strumenti catalogati ne è stato identificato un nucleo proveniente dal Gabinetto di Fisica del Re, la cui immissione nel Gabinetto universitario, nel 1887, probabilmente senza rispettare l'univoca provenienza, ne causò la dispersione. Quando, nel 1983, iniziò il lavoro di studio e catalogazione dell'antica strumentazione, la presenza di alcuni oggetti di più antica datazione, rispetto alla data di istituzione del Gabinetto universitario, ci spinse ad indagare sulla loro immissione in una Collezione ottocentesca. Infatti fummo sorpresi della presenza di cimeli come la lente obbiettiva di Evangelista Torricelli, l'orologio solare per la latitudine di Napoli, la doppia lente ustoria costruita in Ausburg da Brander e Höschel.

Nel più antico catalogo inventariale del Gabinetto universitario è trascritto un elenco di centosette strumenti, preceduto dalla scritta *Strumenti già appartenuti alla Casa Reale*. Vi sono descritti strumenti ottocenteschi quali eliostati, galvanometri ad alta precisione, polarimetri, microscopi, ma compaiono alcuni dei cimeli sopra citati.

Per l'identificazione degli oggetti del Gabinetto di Fisica del Re è stato necessario superare alcune difficoltà. Gli strumenti come abbiamo detto erano sprovvisti di una precedente catalogazione. Apparecchi analoghi erano presenti sia nel catalogo inventariale del Gabinetto universitario, sia in quello relativo al Gabinetto di Fisica del Re. Infine per gli apparecchi privi dell'anno di costruzione era difficile risalire alla data di immissione nel Gabinetto universitario. Infatti mentre oggi le

tecnologie collegate alla strumentazione si evolvono in brevissimo tempo, nell'Ottocento la situazione era molto diversa. Uno strumento era costruito nello stesso modo ed utilizzato per un arco molto lungo di tempo. L'eliostato, ad esempio, si usò in laboratorio dai primi dell'Ottocento fino a quando non fu introdotta la lampada ad arco e la lampada a incandescenza (1879); i galvanometri astatici, ideati intorno al 1820, furono utilizzati fino agli inizi di questo secolo senza subire sostanziali modifiche. È stato necessario non limitarsi al semplice riscontro tra l'elenco degli strumenti appartenuti alla Casa Reale e gli oggetti custoditi nel Dipartimento di Scienze Fisiche. Un paziente lavoro di ricerca all'Archivio di Stato di Napoli ha permesso di mettere in luce documenti ad essi relativi che ne permettesse una sicura identificazione. Questo lavoro rappresenta una tappa importante nell'opera di identificazione di una raccolta scientifica di cui non si conosceva l'esistenza. Inoltre la storia della sua costituzione ha permesso di evidenziare quali siano stati i meriti ed i limiti dei Borbone anche in questo particolare campo scientifico.

Per mostrare la ricchezza del Gabinetto di Fisica del Re vengono presentati in questo volume alcuni strumenti, facenti parte della Collezione reale. Essi sono stati ordinati per sezioni seguendo una sequenza temporale e sono descritti da schede tecniche e storiche.

Tra gli oggetti identificati vale la pena di soffermarsi su alcuni di essi. In ottimo stato di conservazione sono gli strumenti di rilevazione magnetica, quali la bussola di declinazione di Gambey. Lo strumento, che fornisce misure molto precise della declinazione del campo magnetico terrestre, porta il nome del costruttore, che lo ideò intorno al 1820. Sono presenti nella Collezione del Gabinetto di Fisica del Re altri strumenti che recano la firma del costruttore francese Henry Prudence Gambey; tra essi, oltre alla bussola di declinazione, vanno citate quella delle variazioni e quella d'inclinazione ma-

gnetica. Le bussole, commissionate intorno al 1840, servivano alla determinazione ed allo studio del campo magnetico terrestre nella posizione geografica del Gabinetto del Re. Gli studi sull'origine del magnetismo terrestre avevano infatti avuto una grande ripresa intorno agli anni trenta, soprattutto grazie alle osservazioni scientifiche del noto fisico tedesco Karl Frederich Gauss. La presenza di questi strumenti, dotati di grande sensibilità, mostra che anche nel Gabinetto di Fisica del Re si eseguivano osservazioni per studiare il magnetismo terrestre.

Tra i microscopi composti identificati è da segnalare quello costruito dal modenese Giovan Battista Amici. Astronomo e naturalista, nonché abile ottico, si cimentò nel perfezionare alcuni strumenti quali il microscopio ed il telescopio a riflessione. Una lente di sua invenzione fu adattata agli obiettivi dei microscopi composti per renderli acromatici. Al Dipartimento di Scienze Fisiche è conservato un microscopio acromatrico da lui firmato.

La ricerca documentale ha permesso l'identificazione di un esemplare di microscopio catadiottrico, appartenente al Gabinetto del Re. Esso fu donato dallo stesso Amici nel 1825 a Francesco I in occasione di un suo viaggio a Modena.

Molto interessanti sono alcuni strumenti ideati dal noto fisico Macedonio Melloni e realizzati dal costruttore napoletano Saverio Gargiulo. Melloni, parmense di nascita, era giunto a Napoli nel 1839, dopo un lungo esilio politico in Francia. Fisico di grande levatura si era dedicato, con grande successo, soprattutto agli studi della radiazione termica. Intorno al 1850 aveva iniziato ad interessarsi alla teoria dell'induzione elettrostatica. Aveva per questo commissionato a Gargiulo un elettroscopio di sua invenzione. Lo strumento infatti era fondato su un principio diverso dal tradizionale elettroscopio a foglioline; lo strumento fu ultimato solo nel 1855, un anno dopo la morte dello scienziato parmense. Il Gabinetto di Fisica del Re acquistò

non solo questo strumento, ma anche un galvanometro astatico, entrambi tuttora conservati nella Collezione del Dipartimento di Scienze fisiche.

Al costruttore parigino Rumkorff fu invece commissionato il banco di Melloni, strumento utile allo studio della radiazione termica e che porta il nome dello scienziato che lo ideò. Lo strumento giunse a Napoli nel 1842 insieme ad altri strumenti commissionati a Lerebours, che curò l'intera spedizione. L'esemplare è in ottimo stato di conservazione; è dotato di una scatola di forma parallelepipedica foderata all'interno di velluto ove si può custodire il banco con tutti i suoi numerosi accessori.

Tra gli strumenti per uso didattico è da segnalare un bellissimo modello di locomotiva. La macchina fu realizzata da Robert Stephenson & Co. di Newcastle-upon-Tyne. Il modello, che era stato sistemato negli appartamenti reali, fu spostato nel Gabinetto di Fisica il 29 novembre 1843.

Un altro strumento didattico è la macchina di Atwood, ideata dal chimico inglese George Atwood agli inizi dell'Ottocento. Lo strumento che riduce l'accelerazione con cui un corpo cade sotto l'azione della forza di gravità si rivela molto utile per studiare le leggi orarie del moto uniforme e uniformemente accelerato. Il Gabinetto di Fisica del Re commissionò una prima macchina di Atwood al costruttore parigino Lerebour intorno al 1830. Una seconda macchina commissionata alla casa costruttrice francese Fortin giunse a Napoli nel 1842; delle due macchine solo quest'ultima è giunta fino a noi. Date le sue dimensioni lo strumento era disposto insieme al Planisferologio farnesiano nelle sale della Biblioteca privata del Re.

Un discorso a parte meritano alcuni strumenti, che possono ben considerarsi dei cimeli e che furono realizzati nel Seicento e Settecento. Tra questi le due lenti obiettive per cannocchiali, una lavorata da Evangelista Torricelli nel 1645 e l'altra dal veneziano Domenico Selva nella prima metà del Settecento. La lente di Torricelli fu trovata nel

1884, l'altra invece è stata ritrovata solo recentemente. È stato identificato come strumento del Gabinetto di Fisica del Re anche la Lente ustoria doppia realizzata nella seconda metà del Settecento dal costruttore Brander, attivo in Ausburg e dal suo collaboratore e successore Höschel. L'uso di lenti singole per concentrare i raggi solari era noto, ma furono soprattutto gli studi del matematico E.W. von Tschirnhaus a spingere verso la realizzazione di lenti ustorie doppie, poiché si diminuivano le aberrazioni prodotte da una sola lente e si otteneva una maggiore concentrazione dell'energia solare. Lo strumento ha un grande valore storico poiché oltre all'esemplare conservato a Napoli ve ne è solo un altro custodito all'Abazia di Kremsmünster.

Ci sembra opportuno citare, perché contribuì

ad illustrare la ricchezza del Gabinetto di Fisica del Re, anche il Planisferologio farnesiano, che è conservato alla Biblioteca Vaticana, e non viene presentato in questo volume. Lo strumento, che era custodito nelle stanze del Palazzo Reale di Capodimonte, fu trasferito nel Gabinetto di Fisica del Re nel 1845, in occasione del VII Congresso degli Scienziati italiani. Lo strumento fu costruito nel 1725 dal matematico Bernardo Facini su commissione di Dotothea Sophia, madre di Elisabetta Farnese. Nel 1734 Carlo di Borbone, figlio di Elisabetta, fu chiamato sul trono di Napoli; egli vi fece portare, insieme ad altri preziosi oggetti, che costituiscono la Collezione Farnese, anche il Planisferologio.

EDVIGE SCHETTINO

Il Gabinetto di Fisica del Re La storia, i documenti

La storia delle collezioni scientifiche va sempre ricondotta alla tradizione delle *Wunderkammern*, complessi e splendidi contenitori di meraviglie, dove sovrani, principi e collezionisti realizzavano l'unione e la commistione espositiva di oggetti di scienza e di arte, circondandosi, in ambienti monumentali di grande suggestione o più spesso, come nella tradizione dello *studiolo* umanistico, in spazi inadeguati e angusti, di un universo di oggetti preziosi e curiosi, di materiali naturali e artificiali.

Le collezioni farnesiane giunte a Napoli in successive spedizioni, insieme a Carlo, figlio di Elisabetta Farnese, dal 1734 re del Regno più vasto d'Italia, erano insieme raccolte di libri, orologi, oggetti d'arte, quadri e macchine, che trovarono sede a Napoli, nuova capitale, nel Palazzo di Capodimonte, dal 1738 in via di costruzione. Vi si volle ripetere l'esperienza della Pilotta a Parma e del Palazzo Farnese di Piacenza, dove sale attigue furono destinate nel corso del '600 e all'inizio del '700, a Galleria di dipinti, Biblioteca, Museo di strumenti fisici, Osservatorio astronomico. Gli inventari delle collezioni farnesiane nelle varie sedi dove furono conservate, elencano oltre a quadri, statue, arazzi, mobili, anche cannocchiali, microscopi, *ordegni matematici* e orologi.

Una singolare commistione di libri e di macchine, in particolare di strumenti meccanici e di

volumi scientifici era attuata nel Palazzo di Parma. La passione dei Farnese per l'astronomia, che anche i Borbone di Napoli poi coltivarono, determinò nelle residenze reali la vicinanza delle raccolte librerie e degli strumenti, per la necessità di collegare lo studio scientifico con l'applicazione pratica, come d'altra parte era avvenuto nelle residenze private del duca di Noja e del principe di Tarsia, la cui libreria ricca di strumenti matematici confluì proprio nella Biblioteca Reale¹.

Già dal 1757 si ha notizia dell'arrivo nella nuova *Regal Villa di Capo di Monte*, insieme a quadri, manoscritti, archivi cartacei, pergamene e piante, a medaglie, cammei e cristalli di rocca, ereditati da Carlo *jure successionis*, di diverse macchine matematiche spedite da Parma, che quindi costituiscono il primo nucleo del Reale Gabinetto Fisico, che sopravvive, con alterne vicende e mutamenti di sede, ben oltre la fine del Regno di Napoli e la formazione dello Stato unitario.

Fra i pezzi più preziosi, sistemati nelle sale dell'Appartamento Reale, vi era uno straordinario strumento meccanico, il *Planisferologio Farnesiano*, costruito a Parma dal matematico Bernardo Facini nel 1725, su commissione di Dorothea Sophia Neoburg, madre di Elisabetta e nonna di Carlo, e all'epoca collocato nel Palazzo Ducale di Piacenza. La complessa macchina fisica, ora con-

servata ai Musei Vaticani, dotata di congegni in grado di registrare, oltre allo scorrere del tempo, il moto del Sole, della Luna e dei pianeti ed altri dati astrologici, suscitò l'ammirazione dei contemporanei e richiese nel tempo interventi di restauro, ad opera di meccanici, fra i quali gli orologiai della Real Camera Tommaso e Raffaele Felicetti, chiamati ad accomodare il più prezioso degli orologi privati del Re².

A Capodimonte nel 1756, con una scelta singolare, sovrintende a tutte le raccolte, in qualità di Custode, il padre somasco Giovanni Maria Della Torre, già dal 1743 nominato da Carlo di Borbone *Custode primario del Museo e della Real Biblioteca*, professore di fisica e matematica al Liceo Arcivescovile, inventore di microscopi e scienziato di fama, descritto da Winckelmann come un uomo garbato e gentile, esperto di scienze ma poco di arte, eppure incaricato di ordinare il Museo e in esso i libri, le macchine, i quadri.

Nel 1787 quando, su proposta del pittore di corte Philipp Hackert, arriva a Capodimonte il restauratore Federico Anders, gli vengono assegnate, per alloggio, le stanze dove è conservato l'archivio farnesiano ed altri due locali dove sono sistemate le macchine fisiche e gli orologi.

Mentre questi ultimi, i più preziosi, restano ad abbellire la residenza privata del Re, gli strumenti fisici vengono trasferiti sul finire del secolo nel Palazzo dei Regi Studi, a disposizione dell'Accademia di Scienze e Belle Lettere, fondata nel '78, per i fini della ricerca e della sperimentazione scientifica³.

In quegli anni si andava in effetti coltivando l'idea di concentrare in un unico contenitore quegli stabilimenti scientifici di cui dall'epoca di Giovanni Carafa duca di Noja si lamentava l'assenza. Il progetto avanzato da Vincenzo Ruffo nell'89 prevedeva proprio la sistemazione nella fabbrica degli Studi, insieme alle raccolte d'arte, dei gabinetti di fisica e di chimica e di un osservatorio astronomico.

La bella utopia illuminista, ripresa più tardi da Vincenzo Cuoco, di un edificio che avrebbe contenuto tutto lo scibile umano e gli oggetti prodotti nelle diverse arti e scienze, esposti e musealizzati, ma ancora in stretto contatto con i laboratori e le accademie che li avevano prodotti e studiati, va in frantumi, oltre che per gli eventi politici rivoluzionari di fine secolo e le conseguenti alterne vicende della monarchia borbonica, dopo l'avvento dei Francesi due volte restaurata, anche e soprattutto per le prepotenti e progressive necessità della scienza che si veniva specializzando, imponendo a livello concettuale più rigorose e complesse classificazioni e distinzioni teoriche ed in concreto l'istituzione di musei e stabilimenti scientifici autonomi e decentrati⁴.

Le particolari esigenze espositive e le ragioni specialistiche dell'arte, ma anche la necessità di adoperare le macchine, sottraendole all'immobilità museale, determinarono il trasferimento, dal contesto artistico delle raccolte di Capodimonte, degli strumenti scientifici in una sede più opportuna, con l'eccezione degli oggetti più preziosi che furono trattenuti negli appartamenti della Reggia, per uso personale del Re.

Giuseppe Zurlo, Segretario d'Azienda e Casa Reale e promotore della riorganizzazione della Biblioteca Reale e della fondazione nel 1801 del Museo Mineralogico, richiese allora al custode della Reggia, l'Abate Domenico Tata il passaggio di tutte le macchine all'Accademia della Nunziatella, allora diretta da Giuseppe Saverio Poli, che rispose sottolineando l'isolamento degli strumenti scientifici e la loro inutilità a Capodimonte, laddove avrebbero potuto essere adoperati per l'istruzione dei giovani alunni, ed elencando lo Specchio ustorio, la gran Lente doppia, il Pirometro, la Colonna universale, la Macchina pneumatica e quella per le forze centrali⁵.

La Gran Collezione delle Macchine della Reale Accademia fu quindi un museo scientifico *ad*



Catalogo delle macchine del Reale Gabinetto Fisico.
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Inventari*, b. 274.

usum militari, e la conservazione delle macchine finalizzata al programma didattico d'istruzione degli allievi. Vi furono sistemate, oltre agli strumenti pervenuti dal Palazzo di Capodimonte, anche le casse di minerali donati alla corte dal duca di Noja e le macchine acquistate all'estero, in Inghilterra dal comandante Poli e, in Germania, dalla Commissione mineralogica che aveva negli anni ruggenti dal 1789 al 1801 affrontato un viaggio avventuroso, per l'acquisizione di minerali e strumenti necessari alla fondazione del Museo Mineralogico, dove poi affluirono gli strumenti, dalla Nunziatella, dalla Dogana e dal Palazzo degli Studi. Macchine, modelli e minerali imballati in 52 casse furono inviati al Collegio gesuitico del Salvatore, dove era stato inaugurato, sotto gli auspici di Ferdinando IV, il magnifico Salone del Mineralogico, che ancora vi ha sede. Si era così costituito un museo scientifico ancora per molti versi non specialistico, con un'operazione di convergenza di diverse collezioni di varia natura e provenienza, che avrà, però, come rovescio della medaglia, l'impoverimento e in certi casi la dispersione delle raccolte originarie, la perdita della memoria⁶.

Anche gli eventi politici, con l'arrivo a Napoli di Giuseppe Bonaparte, produssero effetti importanti sulla sorte delle collezioni scientifiche. Gli strumenti fisici, commissionati in Francia dall'Accademia delle Scienze all'inizio del nuovo secolo e destinati alla pubblica istruzione, seguirono Ferdinando IV in esilio a Palermo, dove furono portate anche le migliori macchine dell'Accademia Militare. Tornato il Re a Napoli, dopo il decennio di governo francese, vi tornarono anche gli strumenti, nel 1817, ma tutti alla Nunziatella, in una *miscela di macchine* dove si attingerà per corredare gli stabilimenti scientifici già fondati o in via di costituzione: l'Osservatorio Astronomico, l'Orto Botanico, il Museo Zoologico e i gabinetti universitari di fisica e di chimica⁷.

Mentre le macchine destinate all'istruzione pubblica e a quella militare si concentrano nei collegi e nei gabinetti scientifici universitari, nella Reggia al Largo di Palazzo si va formando il Reale Gabinetto Fisico, amministrato, come privata proprietà del sovrano, dal Maggiordomo Maggiore di Casa Reale e annesso alla Biblioteca particolare del Re, dal cui direttore dipende, in un destino comune che nella tradizione collezionistica da tempo collegava libri e strumenti, scienza teorica e applicata.

Già Matteo Egizio, primo bibliotecario di Carlo di Borbone aveva progettato la costituzione della Biblioteca Reale nel Palazzo, dal lato dell'Arsenale, ma dal 1755 le collezioni librerie farnesiane vennero invece collocate con le altre raccolte a Capodimonte.

Molto tempo dopo proprio in quell'ala del palazzo venne sistemata la biblioteca privata del Re, che occupava otto stanze e circa duecento scaffali e che nella Sala principale conservava, come scrisse Ferdinando Ferrari, addetto al Gabinetto delle stampe, in un rapporto del 1841, *la parte più sublime e più nobile dell'umano sapere cioè, le scienze*⁸.

Dopo il disastroso incendio divampato dal 6 all'8 febbraio del 1837 in quella stessa aerea erano iniziati i lavori di ristrutturazione progettati dall'architetto Gaetano Genovese e completati nel '58, per l'allestimento dell'Appartamento Nuovo del sovrano al primo e al secondo piano nobile. Mentre il primo piano fu riservato alle sale di rappresentanza, il secondo venne adibito ad abitazione del sovrano che fece sistemare, lungo il braccio orientale e nell'angolo rivolto a tramontana, accanto all'Appartamento Reale, i libri e le macchine: *un gabinetto di macchine fisiche, della più precisa esecuzione ed importanza* - scrive Francesco Ceva Grimaldi -; *il gabinetto di scienze fisiche fondato dalla Maestà di Ferdinando II per suo privato studio, nel quale raccolse le principali macchine correlative ad illustrare i vari rami di det-*

te scienze, costruite dai più insigni e riputati meccanici di tutta Europa; ed istrumenti di ogni sorta, chimici, magneto-elettrici, geodetici, meteorologici - scrive Camillo Napoleone Sasso, che coglie il legame originario fra i libri e gli strumenti scientifici, gli uni acquisiti e conservati per illustrare gli altri, da un sovrano dedito allo studio delle scienze e appassionato di astronomia e geodesia, come fu Ferdinando II⁹. Una passione questa trasmessagli dal padre, Francesco I, che da un insigne inventore quale Giovan Battista Amici aveva ricevuto in dono, durante una visita alla Specola di Modena un particolare microscopio composto, poi riparato dallo stesso autore¹⁰.

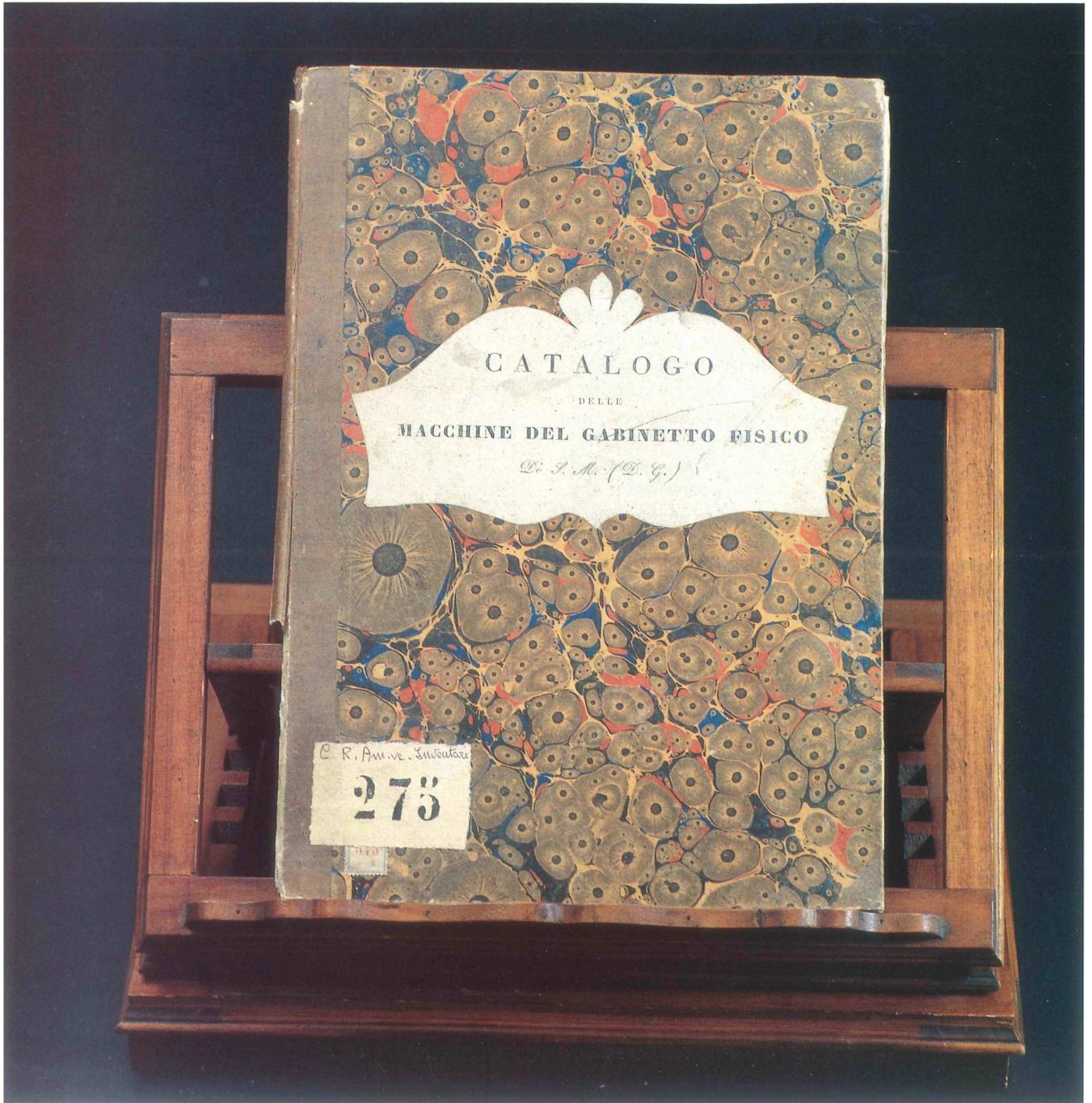
Il microscopio di Amici andava ad aggiungersi ad altri oggetti scientifici, particolari e preziosi, collocati nella Reggia, per il divertimento dei sovrani e la meraviglia degli ospiti. Una fontana musicale, sistemata nel giardino pensile affacciato sul porto, nascondeva uno strumento matematico che con la forza dell'acqua produceva un suono di flauti; la pendola musicale, acquistata a Londra da Charles Clay, batteva le ore con una suggestiva sinfonia; la sedia volante per otto persone, ideata per il duca di Calabria nel 1824, foderata di *moire* verde ed illuminata dalle cornucopie di bronzo, rivelavano l'interesse dei Borbone per le invenzioni e per le realizzazioni della fisica utile e ricreativa¹¹.

Le prime testimonianze documentarie dell'esistenza nella Reggia di un nucleo collezionistico di strumenti scientifici di Casa Reale, risalgono al 1831, quando il macchinista Bonaventura Bandleri, impegnato anche nel riordinamento dei gabinetti universitari, scrive un *Notamento di ciò che occorre farsi alle macchine fisiche esistenti*, elaborando un progetto di recupero degli strumenti, che immagina suddivisi nei settori Geodesia, Ottica, Pneumatica, Idropneumatica, Elettricità, Magnetismo e Galvanismo, valutandone il restauro sulla base di un preventivo di 1039 ducati¹². Quattro anni dopo Lorenzo Taglioni, Macchinista

dell'Amministrazione Generale dei Dazi Indiretti, manifesta le sue perplessità sullo stato delle macchine, depositate nella Real Libreria e da molto tempo inutilizzate, ad Antonio Fava, Controloro della Real Casa, che ne aveva ordinato il recupero, richiedendone il preventivo di spesa¹³.

Negli anni a partire dal 1830 è evidente la volontà di recupero degli strumenti scientifici già esistenti nella Biblioteca, di cui si prevede la pulitura, la copertura con pelle e soffici cuscinetti, insieme all'acquisto di armadi, scaffali, casse, cassettoni ed etichette per la loro sistemazione museale. La collezione si arricchisce inoltre con il trasferimento di macchine, come il microscopio di Amici, provenienti dalla Reale Tappezzeria e dai Reali Appartamenti e di uso personale del re. Ferdinando II, appassionato di astronomia, possedeva importanti telescopi di fattura inglese, come il Gran Cannocchiale o Telescopio di Dollond, detto *del Cavaliere Vivenzio* per l'iscrizione che vi era incisa, cronometri tascabili, ricche collezioni di orologi. Fra gli altri strumenti, vengono immessi nel Reale Gabinetto Fisico, in via di allestimento, il modello di una Locomotiva, costruita da Robert Stephenson & Comp. di Newcastle sul Tyne, alcuni cannocchiali di Utzschneider e Fraunhofer di Monaco e una *Meridiana di argento portatile in un cassetto di legno, foderato al di dentro di velluto verde, coperto nel di fuori di velluto cremisi, girato da galloncino d'argento, con due maniglie, due scudi, ed un'impresa al di sopra, il tutto di argento*, splendido oggetto, realizzato nel 1769 da Giuseppe M. Cavaliere, della famiglia di orafi di Corte, regalato al Re dal Barone Caetani¹⁴.

Consoli, ambasciatori e agenti diplomatici si occupano per conto della Real Casa dell'acquisto delle macchine all'estero, facendosene garanti attraverso un giro di mandati e cambiali di pagamento poi rimborsati dal governo, e del loro trasferimento a Napoli con i mezzi più opportuni, *in roulage*, in carrozza o per nave, in tappe pro-



Catalogo delle macchine del Gabinetto Fisico Di S.M. (D.G.) posto nella Real Biblioteca Privata 3.a stanza del piano superiore [ante 1841].
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Inventari*, b. 275.



Inventario della Real Biblioteca Privata. Gabinetto di Fisica. 1853
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Inventari, b. 276.*

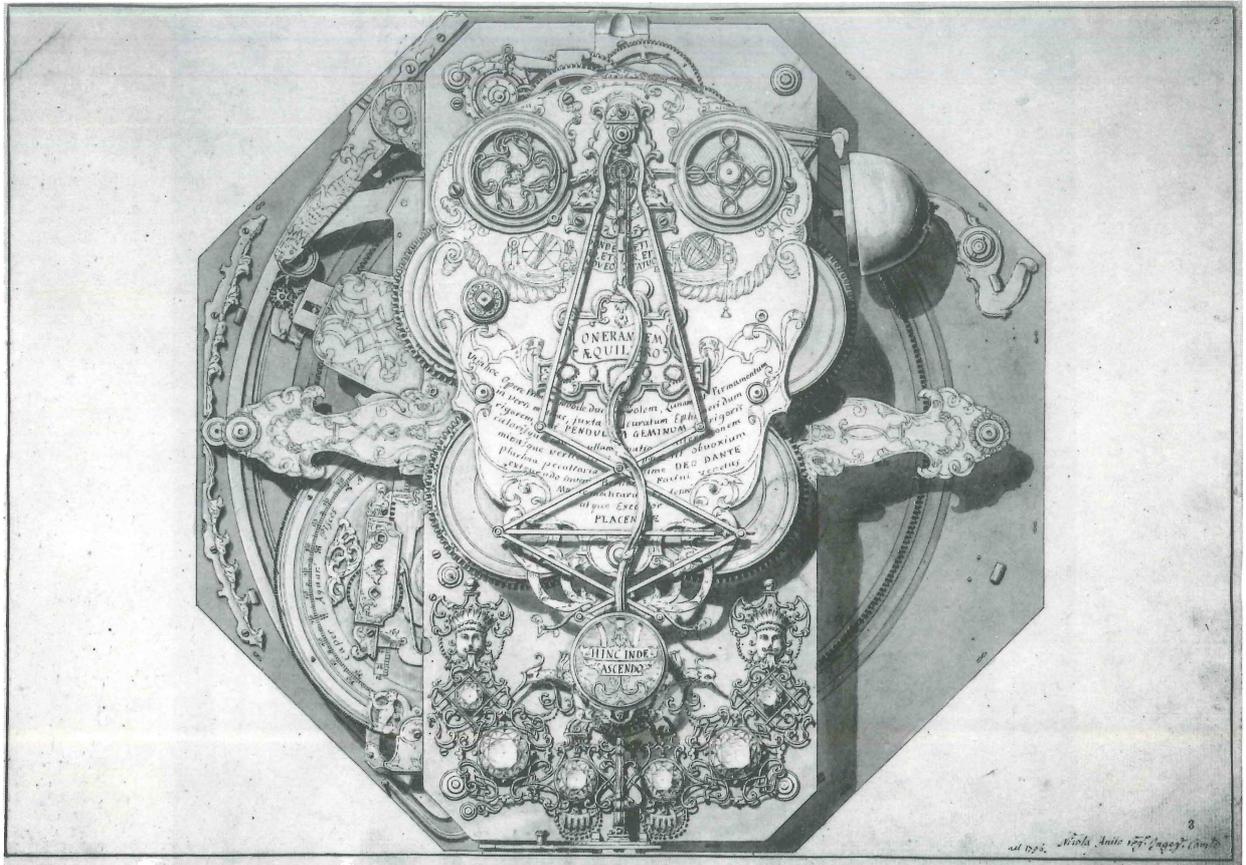
Progetto

sulla distribuzione delle Machine Fisiche e Apparati

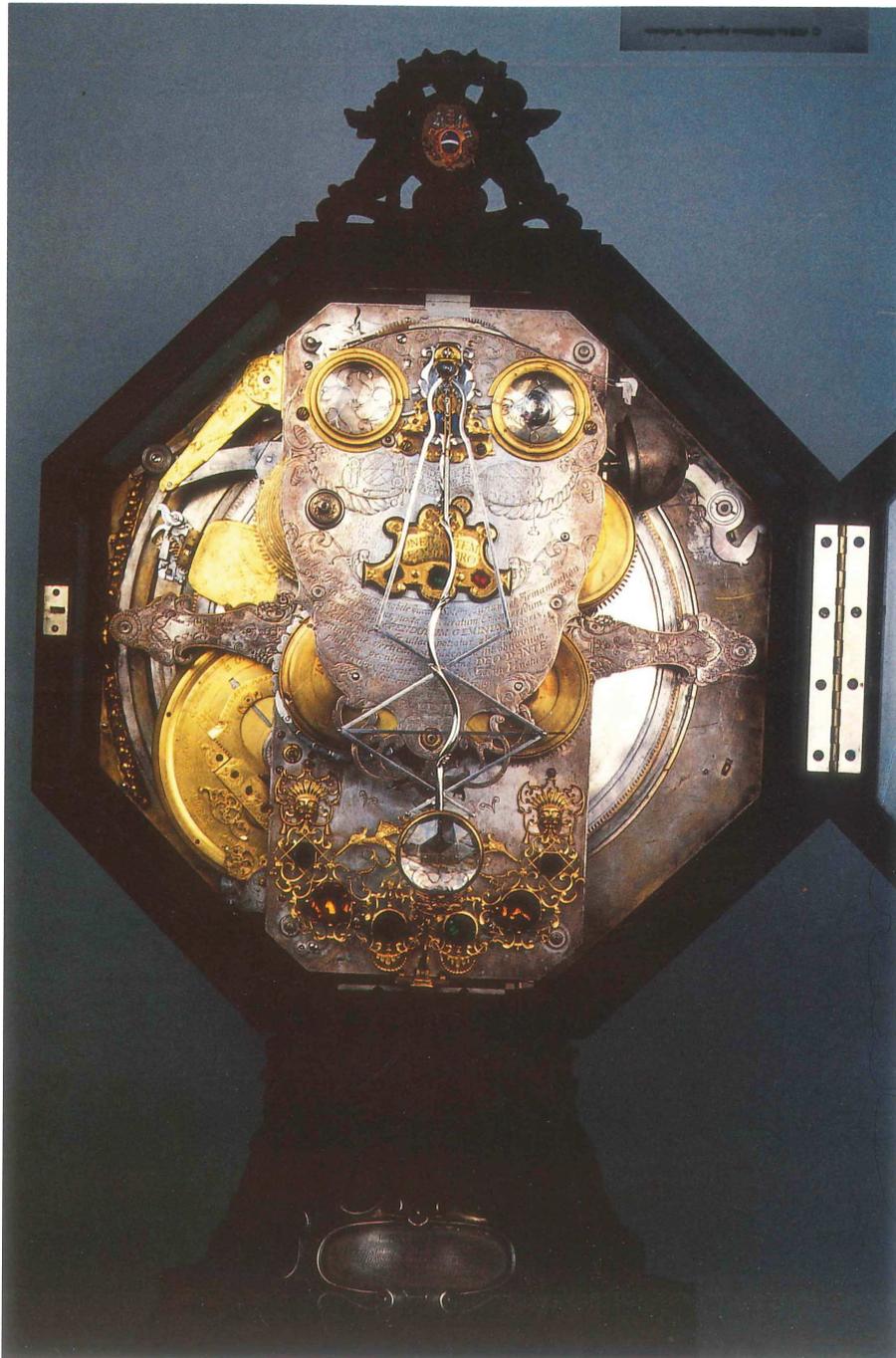
Chimici nel R^o Gabinetto della Biblioteca privata.

salvo sempre

l'approvazione di Sua Maestà il Re (N. S.)



Nicola Anito, *Atlante* con 24 disegni acquerellati del Planisfero farnesiano. 1796.
Biblioteca Apostolica Vaticana, *Codex Vat. Lat.* 12946 A



Planisfero farnesiano. 1725
Biblioteca Apostolica Vaticana, *Museo, Sezione Doni*, n. 10100.

A. S. E.
Il Signor Principe di Bisignano Maggiore
Maggiore di S. M. il Re N. S. e Sopranteendente
Generale della Real Casa

Excelenza

Michele Viola si fa l'onore di sommettere a V. G. come egli
ha preso di se ereditate da' suoi antenati un magnifico
Atlante di disegni originale col seguente titolo: Il Pla-
nisferologio di Parma istrutto „Dal celebre Matema-
tico Bernardino Faini in Piacenza nel 1725 delineato
„ e disteso gradualmente in tutte le sue parti che lo con-
„ pongono, riportate in N. 24 Tavole 1796 dall'
„ Ingegniere Camerale Nicola Anito „ Più la ge-
„ nina esatta, spiegazione di quelle si contiene
„ negli disegni delineati in N. 24 Tavole del Planis-
„ ferologio di Parma, acciò che se ne considerino li
„ di loro rapporti di quanto in se racchiude del
„ Reale Ingegniere Camerale Nicola Anito nel 1796.
Ora egli offre in vendita tale Atlante e Descrizione alla
Real Casa, previa un regolare apprezzio da esse
formato da persona intelligente e istruita. L'Oratore
è sincerissimo che l'U. V. accoglierà benignamente tale
offerta, trattandosi di Macchina ragguar.evolissima prov-
veniente dagli Illustri Farnesi, che al presente si pos-

Eccellentissimo. Sg.^{le}

Esendoci fra gli altri articoli del R. Museo di Capodimonte alcune poche macchine di Fisica del detto isolato; cioè a dire uno Specchio ustorio, una gran lente doppia, un Pirometro, una Colonna universale, una macchina pneumatica, ed un' altra per le forze centrali, co' loro apparecchi rispettivi; e potendo le medesime arricchire, e completare la gran Collezione delle macchine di fisica nella R. Accademia Militare dell' Annunziata, mi fo un dovere di porgerne le preghiere a V. E., sperando che vorrà compiacersi di contribuire alla perfezione di sì grand' opera che interessa lo Stato. Quivi, lungi dal rimanere le mentovate macchine del detto mutilo ed isolato potrà l'ist. S. poterle a profitto, adoperandoci per l'istruzione de' giovani Alunni della riferita Accademia, senza che si faccia veruno smembramento al R. Museo di Capodimonte, dalla cui natura le indicate macchine sono del detto aliene; e quand' anche non lo fossero,

a nulla servirebbero essendo i folias, e non ponendosi
in uso.

Prego perciò rispettosamente l' E. V. a volerli
benignare di ordinare, che le D. macchine esistenti
sempre Capodimonte sieno consegnate alla persona,
che sarà da me designata per farle trasportare
nella R. Accademia suddetta sulla fiducia, che V. E.
vorrà compiacersi di compartirmi un tal favore
nell'atto che renderà parimente un servizio ad. M.
ho l'onore di essere col più profondo rispetto
Di V. E.

Di Napoli il 13 febbrajo 1802.

(S. E. il Sig. Duca)
di Gravina

Dir. Sp. Gio. S. S. S.
Giuseppe Poli

Eccellenza

Il Sr. Marchese Molza mi consegnò il Microscopio che nel viaggio di Napoli non piccolo guasto aveva sofferto. Io l'ho rimesso allo stato primiero cambiando fra le altre cose tutti gli specchi metallici, i quali per la loro fragilità avevano più sentito gli effetti delle scosse. Per quest' inconveniente però confido che l' Eccellenza Vostra non vorrà accusarmi di poca premura nell'imballare l'istrumento, che in ciò mi diedi anzi ogni sollecitudine, ma riconoscerà la cagione della rottura nella negligenza del trasporto. Le profonde ammaccature nella Controcassa, malgrado la difesa del grosso pagliariccio, manifestavano gli urti forti cui era stata soggetta. Egli è quindi per evitare possibilmente un secondo sconcerto che non ho approfittata dello stesso mezzo di spedizione di cui si valse il Sr. Marchese Molza, ma invio a Livorno l'istrumento ad una Casa di Commercio per esser inoltrato per mare fino a Napoli.

Vostra Eccellenza troverà aggiunto un moderatore della luce che facilita e migliora le osservazioni degli oggetti trasparenti, dei quali pure ne mando ventiquattro scelti per saggio. Così ancora oso sperare che all' Augusto possessore del Microscopio non dispiacerà di accogliere l'unita collezione più completa delle mie

memoria intorno soggetti di fisica, avendo io fatto espressamente
ristampare le principali che mancavano. Sarà poi sempre
per me di gloriosa rimembranza quel giorno in cui Le Loro Maestà
il Re e La Regina si degnarono di onorare di loro presenza la
mia privata Specola. La visita di Sovrani sì eminentemente
istruiti e protettori magnanimi delle Scienze è invero il più
bel compenso ed il più lusinghiero a chi coi propri Studi
cerca di rendersi non del tutto inutile alla Società.
Si compiaccia, Eccellenza, di aggradire le espressioni del profondo
rispetto e della distinta stima con cui mi prego di ripetermi

Di Vostra Eccellenza

Modena 10 settembre 1825.

Devoto ed umile Servitore
G. Batta Amici

Copia, V. Zappalà Napoli 18 del 1842

Ordiciamo in qui sottotentto di aver ricevuto
dal Capo del sud^o ufficio Sig. Barone S^{to} Cal-
lo Gallo, ~~con~~

1 Bilancia a molle, di acciaio;
1 Misura-miglia per la terra, riposta
in due Caspettini uno di noce, l'altro co-
verta di Pelle

1 Meridiana di argento portatile in un
cassetto di legno, fodera al di dentro di
velluto verde, coperto nel di fuori di vellu-
to cremisi, girato da galloweino d'argen-
to, con due maniglie, due rudi, ed un
impresa al di sopra, il tutto d'argento.
Da conservarsi detti oggetti in questo Gabi-
netto Fisico della Real Biblioteca Portati-
ta, giusta l'ufficio di S. E. il Maggiore,
mo Maggiore Sopradendente Generale
di Casa Reale degli Il Corrente

D. de Muni

Condichiarazione che nel cassetto del Mi-
na-miglia di è un vuoto destinato a in-
stodire qualche altro pezzo appartenente
allo stesso apparato che manca.
+ quadrato

Microscopio di Polarizzazione di Amici.

- 1.° La pila di lamine debb'essere nel piano di polarizzazione, inclinata cioè di 35° . 00 - Si aumenta l'intensità della luce mediante uno specchio piano. Anche la luce artificiale soddisfa, e forse a preferenza.
- 2.° Si piazza il microscopio munito delle tre lenti A, B, C. e si accomoda in modo che l'asse di polarizzazione del cristallo birifrangente sia normale al piano polarizzante, il che si riconosce quando una delle due immagini dà il massimo splendore, e l'altra la massima oscurità.
- 3.° Sul porta oggetti si piazzano i corpi che vogliono osservare - Mica - Calcio solfato - quarzo - - - - - vetro compresso - In questo i colori si sviluppano in proporzione ~~alla~~ della pressione.

(Dicembre 1841)

Elenco delle Macchine Friche spedite da Londra
dal Macchinista E. M. Clarke, per uso del Gabinetto
Fisico di Sua Maestà il Re N.S.

(presentato a 30 Aprile 1842)

Ottica

- N°1 Specchio Concavo } diametro
1 id Convesso } 12 pollici
1. id porzione di un Cilindro
di 9x7 pollici

ottimo lavoro

Microscopio Acromatico di Che-
valier con corrispondenti ap-
parati

ottimo lavoro - Essendo in fronte
per il raggio radente portaroggetti di cri-
stallo, vi si debbono impiattare.

Magn

N°3 Modelli di Ombio Umans per
dimostrare l'andamento dei pley

N°12, 7. 2. 40

Notamento di Libri che necessitano per uso
del Gabinetto Fisico -

- Comptes rendus hebdomadaires des Séances de
l'Académie des Sciences, par MM^{ts} les Secré-
taires perpétuels - on souscrit A' Paris
chez Bachelier, Quai des Augustins n^o 55.
Nota - avervi la Collezione completa -
- Praspail - Nouveau Système de Chimie Or-
ganique, dernière édition avec Atlas - 48
- Liebig - Traité de Chimie Organique, derni-
ère édition
- Perrot - Introduction à l'étude de la Chimie
Moléculaire, dernière édition
- Cauchy - Principes généraux de Chimie Organique,
dernière édition
- Dumas - Leçons sur la Philosophie Chimique, der-
nière édition
- Lapaigne - Dictionnaire des réactifs Chimiques, der-
nière édition
- Girardin - Leçons de Chimie Élémentaire faites
les Dimanches - dernière édition
- Le Coq - Géologie - dernière édition
- Le Coq - Eléments de Géographie Physique et de
Météorologie. G. Bruxelles 1840
- Bendant - Traité de Minéralogie
- Garnier - Traité de Météorologie
- Rose - Trattato pratico di Analisi Chimica
Napoli 21 Marzo 1841

Notamento di libri che necessitano per uso del Gabinetto Fisico.

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse, b. 247 fasc. 7.

Bottiglie a due gole con turacciolo 

Bottiglie a due gole senza turacciolo 

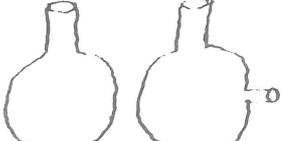
Bottiglie a tre gole per l'apparato di Woulff 

Imbuti di varia grandezza, con manico,
e senza manico 

Canne di ferro

Canne di porcellana

Stortes semplici e tubolati di vetro
di varia grandezza.

Preecipienti semplici e tubolati di
varia grandezza 

Crogiuoli di gres

Crogiuoli di porcellana

Crogiuoli di

Crogiuoli di platino

Stortes di gres di varia ~~grandezza~~ grandezza 

Misuratori graduati di varia capacità 

Provini graduati 

Mortai di porcellana di varia grandezza.
mortai di cristallo di varia grandezza.

gressive verso la capitale. Dall'estero giungono echi di nuove scoperte, descritte in articoli pubblicati su riviste specializzate e giornali «pittoreschi», tradotti, commentati e corredati da memorie scientifiche e disegni esplicativi, usati spesso come occasione di proposta d'acquisto per il Gabinetto del Re. In Inghilterra si acquistano le macchine di Clarke e di Newman, Troughton e Schmalcalder; in Francia gli apparati di Lerebours, Conchoix e Pixii, di Deleuil, Dien e Chevalier.

L'attività costante di arricchimento della collezione, documentata nell'archivio del museo, collegata al frequente acquisto di libri per uso del Gabinetto Fisico, sembra avvalorare l'ipotesi ormai accreditata di una stagione felice delle istituzioni scientifiche napoletane, iniziata nel decennio francese con la fondazione di importanti stabilimenti e continuata, negli anni dal '30 al '45 con l'intervallo di tolleranza concesso da Ferdinando II agli intellettuali napoletani, che si tradusse nel caso specifico nell'incremento della strumentazione scientifica dei musei e dei gabinetti, nel più fitto circuito di scambi, commissioni e corrispondenze, di viaggi scientifici di aggiornamento.

Un ruolo fondamentale è svolto dai direttori e dai professori incaricati della gestione e della cura delle macchine, impegnati sul fronte della ricerca e della sperimentazione scientifica, ma anche su quello della responsabilità amministrativa e contabile.

Il tenente di vascello Domenico de Miranda è il primo direttore del Real Gabinetto Fisico, coadiuvato da Giacomo Maria Paci, professore incaricato, che gli succederà. De Miranda promuove l'acquisto delle ultime pubblicazioni scientifiche, come gli *Annali di Fisica e Chimica* di Gian Alessandro Majocchi e le memorie di Ambrogio Fusinieri e dell'abate Francesco Zantedeschi, e di nuovi strumenti costruiti fuori dal Regno delle Due Sicilie, fra i quali il raro e delicato termometro costruito dal canonico Bellani, a Milano¹⁵.

Il suo successore Giacomo Maria Paci propone l'opportuna utilizzazione degli agenti diplomatici all'estero, come mediatori nella comunicazione scientifica, per l'arricchimento del Gabinetto Reale e per un costante e tempestivo sistema d'informazione sui progressi della scienza, con l'acquisto di Giornali scientifici e delle ultime opere degli scienziati dai rispettivi autori¹⁶.

L'incremento della collezione reale determina la riorganizzazione delle macchine, sulla base di progetti espositivi, secondo un'articolazione in sezioni scientifiche, rilevata da inventari e cataloghi del Gabinetto Fisico del Re che, oltre a documentare la consistenza patrimoniale del museo, forniscono preziose indicazioni sulle tendenze museologiche dell'epoca.

Si riferisce al periodo della formazione il *Catalogo delle Macchine del Gabinetto Fisico Di S.M. (D.G.) posto nella Real Biblioteca Privata 3.a stanza del piano superiore*, non datato, ma aggiornato al 1841, che elenca duecentotré strumenti suddivisi in sette classi: Matematica, Meccanica, Pneumatica, Elettricità, Ottica, Calorico, Magnetismo, oltre a *Oggetti diversi* e *Oggetti posti nella stanza oscura*¹⁷. Due anni dopo viene redatto un interessante *Progetto sulla distribuzione delle macchine fisiche e degli apparati chimici, nel Real Gabinetto della Biblioteca privata, salvo sempre l'approvazione di Sua Maestà il Re (N. S.)*, espressione della situazione di fatto e dei progetti scientifici e allestitivi del momento, che elenca gli strumenti, quelli esistenti nel museo, quelli mancanti e quelli ordinati *per completare la serie*, con l'indicazione del costruttore, la provenienza, la data di commissione e gli esperimenti per i quali vengono utilizzati. La distribuzione delle macchine è prevista in due stanze, la prima destinata alla Fisica Matematica e alla Chimica, con le classi di Astronomia, Geodesia, Meccanica, Statica e Dinamica; la seconda per la Fisica Sperimentale, con le classi Pneumatica, Calorico, Eletticismo, Magnetismo, Meteorologia.

L'inventario del R. Gabinetto, senza titolo e data, riconducibile al 1845, rispecchia quel progetto, descrivendo accuratamente trecentotre macchine, collocate in ventiquattro armadi¹⁸.

Nell'immaginare e nel realizzare la successione espositiva delle macchine fisiche, è evidente nei responsabili del museo una persistente preoccupazione per la resa estetica dello strumento, per la sua ambientazione museale, oltre che per la sua efficacia scientifica. Le macchine inviate dall'estero, in alcuni casi danneggiate nel trasporto, e quelle costruite a Napoli, vengono spesso modificate e abbellite con l'inserimento di metalli nobili, spesso l'argento al posto dell'ottone, per conciliare l'utilità dello strumento con l'eleganza del contesto. Così il macchinista Bonaventura Bandieri interviene sulla Gran Macchina Elettrica di Nairne *dovendo ora la Macchina figurare in un magnifico salone ove tutto spira dignitosa e semplice magnificenza* e sul grande apparato del Banco di Newton, inviato da Lerebours *imperfetto ed indecente*, e quasi del tutto rifatto per fornire il Reale Gabinetto di una macchina *degnata per eleganza, per arte, e per corrispondenza di effetti*¹⁹.

Bonaventura Bandieri, poi sostituito dal figlio Giovanni, è il costruttore napoletano che più spesso lavora alle macchine fisiche del Re, in un campo relativamente nuovo, all'epoca, quello del restauro della strumentazione scientifica, con le difficoltà derivanti dall'inesperienza, dalla complessità dei lavori, dalla lentezza dell'esecuzione e dall'inesattezza dei preventivi di spesa, poi contraddetti dai rendiconti consuntivi. Proprio per l'intervento sul Banco di Newton, Bandieri esprime al Professore Paci le sue perplessità, giustificando la complessità del lavoro e le sue ragioni professionali e sottolineando la difficoltà di operare su uno strumento costruito da altri²⁰.

Artefici e costruttori, napoletani ed esteri, forniscono al Gabinetto Reale gli strumenti occor-

renti a completare le classi e a realizzare nuovi esperimenti: una galassia di individualità e di famiglie artigiane, ma anche di singolari figure di ingegneri-costruttori, inventori ed esecutori insieme, di nuove macchine²⁰.

A Napoli lavorano per il museo reale fra la fine del Settecento e la prima metà dell'Ottocento: Bonaventura e Giovanni Bandieri, Francesco Bighencomer, Paolo Anania De Luca, Carlo e Leopoldo De Meglio, Filippo De Palma, Saverio Gargiulo, Cirillo Grange, Leitner & Heineman, Raffaele Malagrida, Raffaele Marantonio, Antonio Marini, Raffaele Giuliano Rordorf, Francesco Tartarelli.

Da Napoli si fa riferimento, per Londra alle ditte Arnold & Dent, Clarke, Dollond, Newman, Troughton e Schmalcalder, per Parigi a Deleuil, Dien, Chevalier, Ernst & Bunten, Koenig, Lerebours, Pelletier & Berthemot, Pixii, per Vienna a Plossl, per Monaco a Utzschneider e Fraunhofer, per Milano a Bellani e Dell'Acqua, per Firenze a Woolf. Sulla base dei cataloghi e delle descrizioni di macchine che essi inviano al Gabinetto Fisico, vengono effettuati gli ordini d'acquisto.

Altri macchinisti e tecnici operanti a Napoli alle dipendenze di diversi organismi statali civili e militari, come Lorenzo Taglioni, Macchinista dell'Amministrazione Generale dei Dazi Indiretti e Giuseppe Spano, Macchinista della Direzione Generale di Ponti e Strade e del Real Ufficio Topografico, intervengono periodicamente alla manutenzione e al restauro degli oggetti.

Costanti controlli e accomodi si effettuano sugli orologi del Re, tanti e preziosi, una ricca collezione incrementata nel tempo, per la cura dei quali sono in servizio permanente *macchinisti oriuolai* di provata perizia e di sicura fiducia, nomi noti e meno noti, che ricorrono nei documenti d'archivio, nelle relazioni tecniche e nelle note di spesa.

Per la manutenzione del Planisferologio farne-
siano, per regolarlo sulle tavole astronomiche, ven-
ne impiegato per tutto lo scorcio del secolo XVIII
Tommaso Felicetti, l'orologiaio che, solo, conosce-
va i segreti della complessa macchina e che, no-
vantenne, trasmise la sua scienza a Raffaele e
Nicola Marantonio, che, attivi nella prima metà
dell'Ottocento, accomodando i tanti orologi per-
sonali del Re e della Regina, costruiti da Prior,
Girard, Bautte, Courvoisier e i cronometri di
Arnold e di Vaucher de Fleurier. Lo sostituì
Francesco Keller e successivamente il nipote di
Keller, Francesco Bighencomer, che vi operò a
partire dagli anni '50, dopo essere stato sottopo-
sto al giudizio del Direttore della Biblioteca Luigi
Imperiali, dal quale dipendeva il Gabinetto Fisico,
che per assumerlo si riservava di sperimentarne
l'abilità, vedendolo all'opera sui due orologi più
complessi della collezione: il Farnesiano e
l'Elettro-magnetico²¹.

L'intervento sulle macchine era richiesto per
l'ottimale conservazione degli strumenti, molti dei
quali di pregevole fattura, rarità e ricchezza di ele-
menti decorativi, ma anche per il raggiungimento
del fine, che i direttori e i professori universitari
che vi operavano si prefiggevano da tempo: attrez-
zare il museo del Re secondo le esigenze e le ne-
cessità della scienza dell'epoca, completando le
classi e procurandosi strumenti aggiornati, tali da
favorire l'attività di ricerca e sperimentazione.

A cura del Reale Gabinetto si eseguivano in-
fatti, a partire dagli anni '40, osservazioni ed espe-
rimenti in vario modo formalizzati e descritti in
quadri riassuntivi, memorie, disegni illustrativi,
con un'attività di razionalizzazione, utile alla pra-
tica scientifica e alla didattica universitaria.

Il *Giornale del Cronometro di Arnold*, dal
1843, riportava sotto il controllo del Professore di
Astronomia nautica e navigazione Gaetano
Poderoso, le ore segnate dal cronometro, regolato
con l'orologio a secondi di Bonna e con la
Meridiana del Gabinetto²².

Operazioni Geodetiche si effettuavano nella
Darsena, sullo spianato sottostante la Reggia con-
tiguuo a Castel Nuovo, sotto il porticato del giar-
dino pensile e nelle rampe delle Cavallerizze, uti-
lizzando il teodolite di Dollond, il Sestante di
Troughton, la Diottra Stadia di Giuseppe Spano,
il Compasso Azzimuttale di Schmalcalder e le
Bussole d'Intensità, d'Inclinazione e delle Varia-
zioni, di Gambey. Si accertava di quanti palmi na-
poletani si elevava sul livello del mare il suolo del
secondo piano nobile della Reggia, dove erano
esposti gli strumenti, calcolandone la longitudine
e la latitudine, con il controllo del Professore di
Geodesia del Real Ufficio Topografico Fedele
Amante. La posizione geografica del Reale
Gabinetto Fisico veniva rapportata a quella della
Specola dell'Ufficio Topografico e verificata sulle
piante della Città²³.

Osservazioni Meteorologiche, dal 1842, furono
eseguite, in scala Fhareneit, Reaumur e Centigradi,
in pollici inglesi, poi tradotti in misure francesi e
napoletane, con i due barometri ed il termometro
campione, costruiti da Jhon Newman a Londra e
con il termometro inglese di Cetti, sempre espo-
sto all'aria e all'ombra. Vi si annotavano le per-
turbazioni atmosferiche, scariche elettriche duran-
te i temporali, ciclici passaggi delle comete di
Halley, Encke, Biela e di Eridano, eclissi, scosse
di terremoto, sbuffi, getti di fuoco e piccole eru-
zioni del Vesuvio²⁴.

Il Settimo Congresso degli Scienziati Italiani,
che si svolse a Napoli, dal 20 settembre al 5 ot-
tobre del 1845, ma già progettato dal 1843, fu
l'occasione, per molte istituzioni scientifiche na-
poletane, approfittando dell'eccezionale investi-
mento di energie e di fondi, per riorganizzare le
strutture, abbellire le sedi, incrementare le colle-
zioni, realizzare acquisti di libri e strumenti, pro-
porre esperimenti di cui dar conto nell'importan-
te Adunanza. Il Museo Mineralogico ne fu la se-
de ufficiale; s'inaugurarono l'Osservatorio Meteor-

ologico Vesuviano e le nuove sedi dei musei Zoologico, di Anatomia Patologica e del Grande Archivio del Regno²⁵.

Nel Reale Gabinetto Fisico si attese l'evento in un fervore di progetti finalizzati ad un migliore allestimento museale da presentare agli illustri ospiti, ma anche all'aggiornamento nel campo della strumentazione e della sperimentazione. Venne trasferito a Palazzo Reale, in una delle stanze del Reale Gabinetto, il Planisfero farnesiano fino ad allora collocato a Capodimonte. Ci si preoccupò di acquistare le opere scritte e le macchine ideate dagli scienziati in arrivo a Napoli, ma anche di organizzare esperimenti e osservazioni importanti e tali da dimostrare il ruolo rivestito dal Gabinetto Fisico del Re nel campo della ricerca scientifica. Il professore Paci propose al direttore della Biblioteca tre soggetti o saggi di esperimenti da esibire ai congressisti: gli *Esperimenti sul Ginnoto*, l'anguilla elettrica del Surinam, come esempio di ittio-elettricità; le *Osservazioni sullo stato elettrico delle fumarole*, da eseguire al Vesuvio, alla Solfatara, alle stufe di San Germano, nella Grotta del Cane, come manifestazioni di Meteorologia elettrica; e infine le *Osservazioni sulle acque del Golfo di Napoli* e la loro temperatura a varie profondità, indagando sull'origine dei vulcani sottomarini²⁶. Delle tre proposte vennero accolte le prime due; la terza non si realizzò, perché il battello a vapore necessario alle osservazioni nel Golfo non era disponibile.

Paci presentò le memorie sul Ginnoto e sulla meteorologia elettrica al Congresso nella sezione di Fisica e Matematica e dopo quasi un anno chiese di continuare le osservazioni sulle esalazioni vulcaniche, incoraggiate dal Melloni e gli esperimenti comparativi fra le scariche elettriche prodotte dal Ginnoto e quelle della Torpedine²⁷.

In seguito il pesce elettrico che prima era stato sistemato nella peschiera del gran loggiato a mezzogiorno, il giardino pensile, venne spostato

in un vano della scala segreta della Darsena, dove però le condizioni ambientali di bassa temperatura ed eccessiva ventilazione furono ritenute pericolose per la vita del Ginnoto, che in effetti dopo poco morì. Divenne quindi oggetto di una disputa, fra i musei scientifici che se ne contesero le spoglie, risolta nella considerazione che un simile esemplare fosse di pertinenza dei Musei di Anatomia e Zoologia, ma anche, come macchina elettrica, del Reale Gabinetto Fisico²⁸.

Dopo il Congresso e la morte di Domenico De Miranda, nel 1846, le due cariche di direttore e professore incaricato del Gabinetto Fisico Reale si unificano nella persona di Giacomo Maria Paci che fino al '50 sarà il responsabile scientifico del museo. I suoi appassionati rapporti, le sue memorie scientifiche costituiscono il segno del suo impegno appassionato, dell'attenzione rivolta al dibattito scientifico di quegli anni, suggerendo e sollecitando l'acquisto di nuovi strumenti, chiedendo continuamente ai responsabili della gestione amministrativa ed economica del museo di investire più fondi nel campo della ricerca scientifica, per restare al passo con le scoperte dell'epoca, per confermare il carattere vivo dell'istituzione, ritenuto non solo un prestigioso museo, ma anche un aggiornato laboratorio²⁹. Paci segue con interesse gli esperimenti di telegrafia elettrica tentati in Francia, Inghilterra e Stati Uniti e nel '48 propone la costruzione di due telegrafi a Napoli³⁰, che vengono acquistati, ma quasi subito abbandonati, insieme ad altri strumenti immessi all'epoca del Settimo Congresso.

Luigi Imperiali accusa per questo degrado lo scarso impegno sul lavoro e la negligenza di Paci, accentuata dall'assenza di un macchinista incaricato stabilmente della manutenzione delle macchine, dopo la malattia di Bonaventura Bandieri³¹. Il contrastato rapporto fra Paci e Imperiali procede in quegli anni, scandito da rapporti e relazioni del professore, che propone acquisti ed esperimenti, e risposte del direttore della Biblioteca che spesso li

Posizione geografica del Reale Gabinetto Fisico, rapportata a quella della Specola del Reale Ufficio Topografico, e verificata sulla pianta della Città di Napoli, e contorni, pubblicata dal suddetto Ufficio nell'anno 1829.

Latitudine della Specola del Reale Ufficio Topografico $40^{\circ} 49' 50''$ Nord
 Longitudine id $11^{\circ} 54' 40''$ Est Parigi

		Palmi Napoletani
Distanza fra	Ufficio Topografico e Gabinetto	2650
Diff. di Latit.	Differenza di Latitudine e Nord	2410
Appartamento	Est	<u>1125</u>

Ritenendosi per esattezza la differenza di latitudine, e la distanza, si calcolano il Rombo, e l'Appartamento

Distanza: Differenza di Latitudine:: Raggio: Coseno Rombo		
Distanza palmi	2650	} Il Gabinetto rileva la Specola dell'Ufficio Topografico per $S. 24^{\circ} 34' 22'' O$ E la Specola sudetta rileva il Gabinetto per $A. 24^{\circ} 34' 22'' E$.
Diff. di Latit.	2410	
Raggio	log 10	
Cos $24^{\circ} 34' 22''$	log 9.958771	

Raggio: Tangente Rombo:: Differenza di Latit.: Appartamento

Raggio	log 10	} Appartamento misurato palmi, sup. 1125
Tang. Rombo $24^{\circ} 34' 22''$	log 9.660164	
Diff. di Latit	2410	
Appartamento	1102	
	log 3.042181	} Ad calcolato id <u>1102</u>
		} Differenza id <u>23</u>

Coseno Latitudine: Raggio:: Appartamento: Differenza di Longitudine

Coseno Latit.	$40^{\circ} 49' 50''$	log 9.878893	} Long. Ufficio Topograf. $11^{\circ} 54' 40''$ Est Paris Diff. di Long. misurata $+ 12^{\circ} 244'' E$ Longitudine del Gabinetto $11^{\circ} 54' 52'' 744'' E$
Raggio		log 10	
Appat. misurato	1125	log 3.051153	
Diff. di Long.	1486,8	log 3.172260	

Risultamenti
delle
Osservazioni Meteorologiche
fatte in ciascun giorno dei mesi dell'anno 1843,
ante l'arrivo delle osservazioni fatte
nel Gabinetto Fisico
della Real Biblioteca Privata
per ordine di Sua Maestà il Re del Regno
delle Due Sicilie
Augusto ed Incilito Fondatore dello stabilimento.

Risultamenti delle Osservazioni Meteorologiche, fatte in ciascun giorno dei mesi dell'anno 1843.
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse, b. 246 fasc. lo 2.

Osservazioni Magnometriche

Istituite nel Reale Gabinetto Fisico di S. M.
(D. G.) colla Bussola delle variazioni diurne
di Gambey.

1850.

Osservazioni Meteorologiche.

Ottobre 1856.

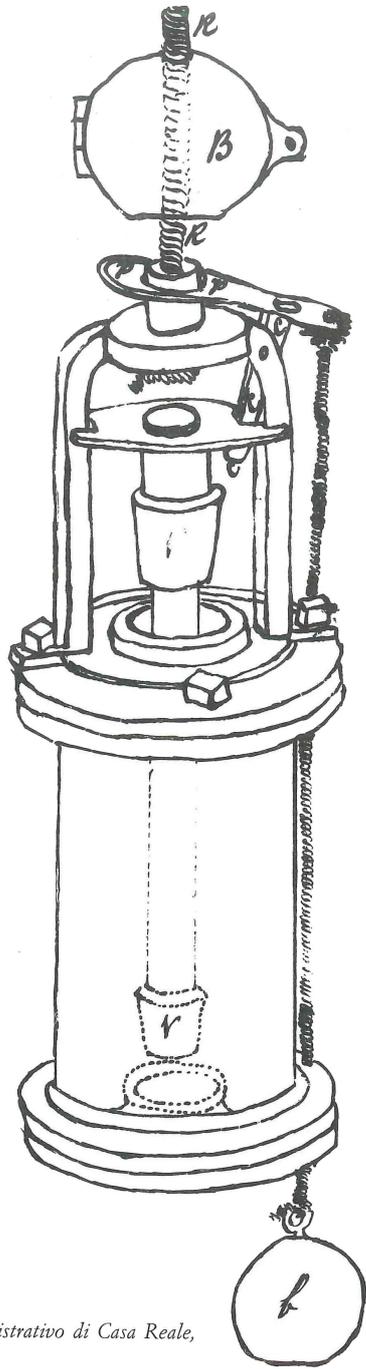
Martedì 1.^o Settembre.

Giorno } Del mese = 1.^o
 } della quindicina = 26.
 } della settimana = 5.

Termometro campione = 19° 50 R.

Stato del Cielo = Piovoso - variabile, con forti scari.
che al tritico, e vento impetuoso nella sera.

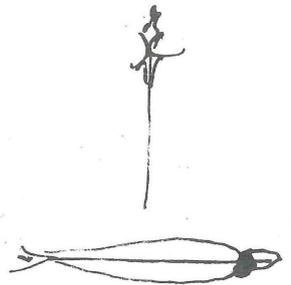
Ora delle osservazioni = 10^h 00' a. m.



Apparato per raccogliere l'acqua del mare.
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale*,
Categorie diverse, b. 254, fasc.lo 3.

16 luglio 1845

Galvanometro Nord e Sud.
Ginnoto - Testa Est



Temperatura della stanza 20.5° R.
dell'acqua 21.5° R.

13° Ovest intorno a 4. E

16 0.

di laterali Testa a coda

10. 0. a 200.

2h luglio

Temperatura dell'aria = 20 - B

idem dell'acqua ——— = 17.5 - B

acqua 6.

Napoli 15^o Giugno 1847

DI

S. M. IL RE N. S.

Signore

Essendo trapassato nei primi giorni di Marzo
 ultimo il Ginnoto, dietro verbale
 di autorizzazione di S. E. il Mag-
 giordomo Maggiore furono invi-
 tati i Professori Delle Chiaje,
 Costa, e Prudente a farne
 la sezione anatomica, ed isti-
 tuire osservazioni microscopi-
 che sull'organo elettrico per
 compararle con quelle fatte
 sulla Torpedine dal lodato
 Delle Chiaje e dal Professore
 Calamai di Firenze all'uso
 qui spedito da S. A. I. R. il
 Granduca di Toscana. Quin-
 di il Prof. Delle Chiaje con
 supplica diretta per mezzo
 del Cav. Fava, Controloro
 della R. Caja, a S. E. il

Si conrni finché S. E. non ex-
 da dovermi comunicare la propo-
 sta del professore delle Chiaje e
 richieder il mio avviso. — Quan-
 do ciò accade, si affugi all' E. I.
 quel che opera il professore Paci e
 che trovo giustificato. —

17 Giugno 1847 - Imperiali

Espondomi personalmente pervenuta da S. E.
 la proposta del pr. delle Chiaje più dem-
 corso al mio rapporto. —

28 Giugno 1847 - Imperiali

Al Signore
 Il Sig. Marchese Imperiali
 Direttore della R. Biblioteca
 privata di S. M. V. C.
 (Napoli)

Giornale del
Cronometro Arnold, il di cui andamento è
di + 15^o al giorno: e confronto degli altri
Cronometri ed orologi di Sua Maestà
(P.P.)

Dicembre 1847.

nega. Gli interessi scientifici di Paci convergono nel campo dell'elettricità e del magnetismo, nel quale interessanti esperienze venivano condotte all'estero, con pubbliche dimostrazioni ed una forte connotazione di utilità sociale, compromessa però dai costi elevati. A Parigi, in *Place de la Concorde* Deleuil otteneva l'illuminazione pubblica per due ore con l'intensità di trecento candele e l'esperimento veniva ripetuto ogni anno nei corsi scolastici del Collegio di Francia e alla *Sorbonne*³².

Talvolta le proposte di Paci risultavano a dir poco singolari, trattandosi di macchine bizzarre, come il *Fire Annihilator*, inventato dal londinese Philip, considerato utile come impianto antincendio per i siti reali, ma respinto da Imperiali, dopo averne letta sul *Mechanics magazine* l'assoluta inefficacia *al limite del ridicolo*³³. Altri esperimenti condotti sulle *tavole rotanti*, fornite dall'artefice Filippo De Palma, erano stati invece autorizzati da Imperiali come fenomeni degni di studio scientifico, quali d'altronde li aveva valutati Faraday³⁴.

Si conferma, leggendo le memorie scientifiche e i rapporti amministrativi, l'impressione che nell'attività scientifica del Reale Gabinetto Fisico vi sia in quest'epoca una sorta di ripiegamento, un ritardo nell'aggiornamento della strumentazione, una difficoltà crescente di affermare le ragioni della scienza, in contrasto con la ristrettezza economica e l'esiguità degli stanziamenti. Non sembra estranea inoltre alla pur circoscritta vicenda interna del museo reale, la più generale congiuntura politica e civile, che vide sostituirsi all'intervallo di tolleranza concesso da Ferdinando II di Borbone, una stagione di sospetti, culminata nel '48, con l'allontanamento e l'esilio di molti intellettuali napoletani, uomini di lettere e di scienza, protagonisti all'epoca del Congresso, poi indagati e perseguitati; segno evidente, questo, dell'irrisolto rapporto fra intellettuali e potere politico³⁵.

Macedonio Melloni fu fra le più illustri vittime

della persecuzione, dopo essere stato, al Congresso, fra i protagonisti della sezione di Fisica e Matematica, incaricato dal governo borbonico dell'inaugurazione dell'Osservatorio Meteorologico al Vesuvio e suo primo direttore. Gli strumenti da lui stesso ideati o commissionati vengono immessi nel Reale Gabinetto in più riprese. Dapprima il suo Banco o Apparato del calorico raggianti e il Galvanometro, poi, fra il '54 e il '55, il Magnetoscopio e l'Elettroscopio che viene venduto dopo la sua morte dal costruttore Saverio Gargiulo al museo del Re. Questa volta è Imperiali che ne caldeggia l'acquisto, vincendo le perplessità del professore incaricato Raffaele Napoli, pur ritenendo necessario altro tempo ed altre ricerche, per chiarire le teorie che Melloni andava provando³⁶.

Raffaele Napoli era subentrato a Paci, dopo il '50, in un periodo in cui il Reale Gabinetto Fisico cambiava fisionomia e destinazione, attrezzandosi ad un corso completo di Fisica, che avrebbe dovuto seguire il Duca di Calabria Francesco, futuro erede al trono, con l'acquisto di strumenti di cui il museo era carente, soprattutto nel campo dell'elettricità e dell'acustica. È questo il momento di massimo incremento della Collezione Reale. *L'Inventario della Real Biblioteca Privata. Gabinetto di Fisica*, compilato nel 1853 e firmato da Luigi Imperiali, elenca le macchine, con i relativi costruttori, suddivise in ventiquattro armadi e organizzati in classi: Pneumatica, Calorico e Magnetismo, Astronomia e Geodesia, Statica e Dinamica, Idrostatica e Idrodinamica, Meteorologia, Acustica e Luce, Elettricità di tensione e di corrente. Segue un'appendice di Geologia e Mineralogia e infine le *Macchine distribuite nelle diverse sale della Real Biblioteca, e del Real Gabinetto Fisico*³⁷.

È di questi anni una descrizione *letteraria* del Gabinetto Fisico di Palazzo Reale, scritta da Gennaro Maria Paci, figlio di Giacomo, che ne attribuisce la fondazione e l'incremento al padre,

definendolo *ammirabile* e confrontandolo col più antico Gabinetto di Fisica universitario. Ne enumera le macchine più preziose e rappresentative: la magnifica collezione di microscopi composti costruiti da Amici, le Bussole di Gambey, la bella ed elegante Bilancia idrostatica di Bandieri, il modello di Locomotiva di Stephenson³⁸.

Poco dopo l'entrata di Garibaldi a Napoli, il 20 settembre 1860 Raffaele Napoli consegna formalmente le macchine del Re al professore dell'Università Filippo Cassola, alla presenza del macchinista Giovanni Bandieri e dell'orologiaio Francesco Bighencomer³⁹.

Il Reale Gabinetto Fisico, come la Biblioteca, appartengono ora non più alla privata persona del re Borbone, ma allo Stato monarchico sabauda; il museo non cambia sede, ma accentua la sua funzione pubblica. Negli anni a seguire il professore Napoli si incarica di incrementarne le classi commissionando nuovi strumenti, soprattutto nel campo dell'Acustica, poco rappresentata nel museo, perché per anni trascurata dai dotti. Un costruttore napoletano, il novantenne Paolo Anania De Luca, aveva ideato un Cordometro a otto corde, costruito da Giovanni Bandieri e dal fabbricante di pianoforti Chierchia, di cui Raffaele Napoli sollecita l'acquisto, per circa duecento lire⁴⁰. Il Cordometro verrà inviato nel 1862 all'Esposizione Internazionale di Londra, insieme ad altre tre macchine del Reale Gabinetto Fisico: la Bilancia idrostatica, l'Apparato per la discesa parabolica dei solidi e l'Apparato elettro-magnetico di Ampère, presentati dall'espositore Giovanni Bandieri⁴¹.

Dopo l'Unità e nella seconda metà dell'Ottocento volge verso l'epilogo la complessa vicenda dell'Orologio Farnesiano. Nel 1858 viene recuperato e immesso nella Biblioteca Reale l'*Atlante*, dove il Regio Ingegnere Camerale Nicola Anito aveva descritto, in ventiquattro disegni ad acquerello i complicati meccanismi. Disperso per de-

cenni, ereditato da Michele Viola, l'*album* fu acquistato per novanta ducati, dopo l'apprezzo dell'architetto di Casa Reale Gaetano Genovese, che ne aveva sottolineato l'utilità, il valore e lo stretto legame con il Planisfero esistente nel Real Gabinetto⁴².

Dopo oltre trent'anni il Planisfero è a Roma, a Palazzo Farnese, dove il Padre Giovan Battista Embriaco lo descrive. Vi è giunto con il Conte di Caserta Alfonso di Borbone, fratello di Francesco II, ultimo Re di Napoli morto senza eredi. L'orologio, come molti altri beni farnesiani pervenuti alla casa Borbone, aveva seguito il destino degli esuli. Nel 1903 Alfonso regalerà al papa Leone XIII, per i venticinque anni di pontificato, il prezioso orologio, che verrà trasferito alla Specola Vaticana, dove sarà descritto dal direttore P. Angelo Rodriguez e restaurato dalla ditta Hausman. Dal 1924 passerà in consegna alla Biblioteca Apostolica Vaticana.

L'intera collezione del Gabinetto Fisico del Re rimase nel Palazzo Reale di Napoli, che aveva conservato dopo l'Unità la funzione di residenza della Real Casa Savoia, fino al 22 maggio 1879, quando le centosessantuno macchine furono trasferite nella Reggia di Capodimonte e consegnate al Custode, che le prese in carico, accertandone il valore complessivo di oltre novemila cinquecento lire. L'inventario, con le variazioni che vi furono annotate, documenta la graduale cessione degli strumenti, dopo otto anni, all'Università, avvenuta in un arco di tempo compreso fra il 1887 e il 1892.

Oltre cento furono gli *Strumenti già appartenuti al Gabinetto di Fisica di Casa Reale*, giunti così al gabinetto universitario, riunendosi alle macchine che dal primo Ottocento, vi erano state sistemate, per uso scientifico e didattico⁴³.

A fine secolo, nel generale clima positivista, le ragioni della scienza e della sperimentazione determinano la riunificazione delle collezioni museali che, nate dagli interessi privati di sovrani e

collezionisti, vengono da allora destinate alla pubblica utilità.

ROSSANA SPADACCINI

L'archivio del Reale Gabinetto Fisico è conservato presso l'ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, buste 244-251; 253-254; 274-278.

Di questo nucleo documentario è stato redatto l'inventario analitico.

¹ «Il Principe di Tarsia Ferdinando Spinelli pose in piedi una libreria daddovero magnifica ed oltre di un gran numero di libri, e codici, per altro di non molta rarità, la provide ancora di strumenti matematici, e di altre macchine per far fisici sperimenti, con due stanze di ritratti di uomini illustri di tutta l'Europa usciti da non infelice pennello. Non badò a spesa per l'eleganza degli armarj, che daddovero erano magnifici. Egli la fece anche pubblica, e vi destinò dapprima per bibliotecarj uomini di gran nome. Ma anni sono fu dismessa, con averne comprata una buona parte il Re per uso della biblioteca Reale». In L. GIUSTINIANI, *Dizionario geografico-ragionato del regno di Napoli*, 10 voll., Napoli 1797-1805, VI, pp. 345-346.

Sulle collezioni farnesiane:

G. BERTINI, *La Galleria del Duca di Parma. Storia di una collezione*, Milano 1987.

I Farnese. Arte e Collezionismo, a cura di L. Fornari Schianchi - N. Spinosa, Milano 1995.

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Farnesiano*, bb. 1853 I-III.

² Sul Planisferologio Farnesiano, ora conservato presso la Biblioteca Apostolica Vaticana, *Museo, Sezione Doni*, n. 10100.

E. MORPURGO, *Gli orologi*, Milano 1966, p. 112 e 129.

F. STRAZZULLO, *Le lettere di Luigi Vanvitelli della Biblioteca Palatina di Caserta*, 3 voll., Napoli 1977, III, pp. 635.

L. OESCHLIN, *Die Farnesianische Uhr*, Città del Vaticano 1982.

S. BEDINI, *Clockwork cosmos Bernardo Facini and the Farnese Planisferologio*, Città del Vaticano 1985.

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse* b. 245 fs.lo 14, b. 247 fs.li 9 e 50, b. 250 fs.li 94 e 101, b. 251 fs.lo 28. E *Maggiordomia*, b. 2240 fs.lo 541, b. 2317 fs.lo 336, b. 2690 fs.li 130 e 137, b. 2738 fs.lo 47.

³ Su G.M. Della Torre:

Da Vienna a Napoli in carrozza. Il viaggio di Lessing in Italia, a cura di L. Ritter Santini, Hannover 1991, vol. I, pp. 312-313 e vol. II, pp. 674-675.

Sulla Reggia di Capodimonte:

S. PALERMO in C. CELANO, *Notizie del Bello, dell'Antico e del Curioso della Città di Napoli, che contengono le reali ville di Portici, di Resina, e di Ercolano, lo scavamento Pompeiano, Capodimonte, Cardito, Caserta e San Leucio*, Napoli 1792.

F. DE FILIPPIS - O. MORISANI, *Pittori tedeschi a Napoli nel Settecento*, Napoli 1943.

B. MOLAJOLI, *Il Museo di Capodimonte*, Cava de' Tirreni 1964.

M. LUCÀ DAZIO - U. BILE, *Capodimonte da Reggia a Museo*, Napoli 1995.

A. FITTIPALDI, *Tutela, conservazione e legislazione dei Beni culturali a Napoli nel secolo XVIII*, in *Musei, tutela e legislazione dei beni culturali a Napoli tra '700 e '800*, Napoli 1995, pp. 8-29.

⁴ «Edifici ove riporsi il nobilissimo Museo Farnese, colle singolari meravigliose pitture, ed antichità dissotterrate, altre in cui sieno le macchine fisiche ed astronomiche, l'Osservatorio celeste, l'Orto dei semplici, il Teatro Anatomico, il Museo delle rarità naturali, il serraglio degli animali rari, edifizj, che in niuna delle città, anche mezzanamente ricche, pur che culte siano, non mancano, in Napoli restano ancora da fare». In G. CARAFA DUCA DI NOJA, *Lettera ad un amico contenente alcune considerazioni sull'utilità e la gloria che si trarrebbe da un'esatta carta topografica della città di Napoli e del suo contado*, Napoli 1750, in: C. DE SETA, *Storia della città di Napoli dalle origini al Settecento*, Bari 1973, pp. 444-445. «Persuadiamoci senza osservatorio, senza Orto Botanico, senza Gabinetto di Fisica e senza Laboratorio non si potrà mai studiare con profitto l'Astronomia, la Storia Naturale e la Chimica che compongono la Fisica». In V. RUFFO, *Saggio sull'abbellimento di cui è capace la città di Napoli*, Napoli 1789.

«Le arti al contrario diventano più oculate e più diligentemente sperimentatrici, quando le scienze ricevono l'acume necessario a far l'esperienza e la diligenza indispensabile per poter restituire alle scienze medesime i risultati dell'esperienza fatta». In *Rapporto al Re Gioacchino Murat e progetto di legge per l'organizzazione della Pubblica Istruzione*, 1809, in V. CUOCO, *Scritti vari*, a cura di F. Niccolini e N. Cortese, Bari 1924, vol. II, p.4.

Sulle origini del sistema museale napoletano:

U. BILE, *Musei e Scuole Tecnico Industriali e formazione professionale a Napoli tra il 1806 e il 1848*, in *Musei, tutela e legislazione dei beni culturali a Napoli tra '700 e '800*, Napoli 1995, pp. 145-171.

⁵ Lettera di Giuseppe Saverio Poli al Duca di Gravina, 13 febbraio 1802:

«Essendoci fra gli altri articoli del R. Museo di Capodimonte alcune poche macchine di Fisica del tutto isolate; cioè uno Specchio ustorio, una gran Lente doppia, un Pirometro, una Colonna universale, una Macchina pneumatica, ed un'altra per le forze centrali, co' loro apparecchi rispettivi; e potendo le medesime arricchire, e completare la gran Collezione delle macchine, ch'essistono nella R. Accademia Militare dell'Annunziata; mi fo un dovere di porgerne le preghiere a V.E., sperando, che vorrà compiacersi di contribuire alla perfezione di sì grand'opera che interessa lo Stato. Quivi, lungi dal rimanere le mentovate macchine del tutto inutili, ed isolate, potrà la M.S. porle a profitto, adoperandosi per l'istruzione de' giovani alunni della riferita Accademia, senza che si faccia veruno smembramento al R. Museo di Capodimonte, dalla cui natura le indicate macchine sono del tutto aliene; e quand'anche non lo fossero a nulla servirebbero essendo isolate, e non ponendosi in uso».

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Maggiordomia*, b. 102 inc. V/1 e *Archivio Amministrativo di Casa Reale*, b. 1272.

Sullo Specchio ustorio vedi anche:

F. STRAZZULLO, *Le lettere di Luigi Vanvitelli della Biblioteca Palatina di Caserta*, cit., p. 661.

⁶ *Volume di cautele*, esibite per l'allestimento del Museo Mineralogico.

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Ministero dell'Interno, II inventario*, b. 4798.

⁷ Sulla storia dei musei e dei gabinetti scientifici napoletani nel primo Ottocento:

A. ZAZO, *L'ultimo periodo borbonico*, in *Storia dell'Università di Napoli*, Napoli 1924, pp. 469-588.

R. SPADACCINI, *In un angolo dell'Europa: i musei scientifici napoletani dal Congresso all'Unità*, in *Atti del Convegno Scienze in Italia, 1840 - 1880 una storia da fare*, Milano 1993, pp. 111-119.

R. SPADACCINI, *Macchine, documenti: i gabinetti scientifici napoletani e le fonti archivistiche preunitarie*, in *Atti del XII Congresso Nazionale di Storia della Fisica*, a cura di F. Bevilacqua, Milano 1994, 259-287.

Sulla dispersione delle macchine:

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione*, b.3136 fs.lo 2 e 9 e *Ministero dell'Interno, II inventario*, b. 966.

⁸ ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Maggioromia*, b. 2530.

G. GUERRIERI, *La Biblioteca Nazionale Vittorio Emanuele III di Napoli*, Napoli 1974, p. 4.

⁹ F. CEVA GRIMALDI, *Della città di Napoli dal tempo della sua fondazione fino al presente*, Napoli 1857, p. 402.

C. N. SASSO, *Storia de' monumenti di Napoli e degli architetti che li edificavano*, 3 voll., Napoli 1856-1858, II, p. 262.

¹⁰ Lettera di Giovan Battista Amici da Modena, 10 settembre 1825:

«Il Signor Marchese Molza mi consegnò il Microscopio che nel viaggio di Napoli non piccolo guasto aveva sofferto. Io l'ho rimesso allo stato primiero cambiando fra le altre cose tutti gli specchi metallici, i quali per la loro fragilità avevano più sentito gli effetti delle scosse. Per quest'inconveniente però confido che l'Eccellenza vostra non vorrà accusarmi di poca premura nell'imballare l'istrumento, che in ciò mi diedi anzi ogni sollecitudine, ma riconoscerà la cagione della rottura nella negligenza del trasporto. Le profonde ammaccature nella controcassa, malgrado la difesa del grosso pagliariccio, manifestavano gli urti forti cui era stata soggetta. Egli è quindi per evitare possibilmente un secondo sconcerto che non ho approfittato dello stesso mezzo di spedizione di cui si valse il Signor Marchese Molza, ma invio a Livorno l'istrumento ad una Casa di commercio per essere inoltrato per mare fino a Napoli.

Vostra Eccellenza troverà aggiunto un moderatore della luce che facilita e migliora le osservazioni degli oggetti trasparenti, dei quali pure ne mando ventiquattro scelti per saggio. Così ancora oso sperare che all'Augusto possessore del microscopio non dispiacerà di accogliere l'unità collezione più completa delle mie memorie intorno soggetti di Fisica, avendo io fatto espressamente ristampare le principali che mancavano. Sarà poi sempre per me di gloriosa rimembranza quel giorno in cui le Loro Maestà il Re e La Regina

si degnarono di onorare di loro presenza la mia privata Specola. La visita di Sovrani si eminentemente istruiti e protettori magnanimi delle Scienze è invero il più bel compenso ed il più lusinghiero a chi coi propri studi cerca di rendersi non del tutto inutile alla Società».

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 245 fs.lo 27.

¹¹ A. PORZIO, *Arte e storia in Palazzo Reale*, in *Il Palazzo Reale di Napoli*, Napoli (1994), p. 64.

¹² ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 247 fs.lo 5.

¹³ Lorenzo Taglioni ad Antonio Fava, 20 luglio 1835:

«Dietro le sue disposizioni date onde si fossero ripulite tutte le macchine fisiche ed altri oggetti, con farvi ad alcune desse le corrispondenti casse affinché la ruggine non faccia deperirle di vantaggio, trovandosi in uno stato non molto buono a causa del lungo tempo che non sono state ripulite da mano perita, quelle istesse che tuttora sono nella Real Libreria particolare di S.M. (D.G.), e desiderava conoscere la spesa per tanto eseguire. Signore si rende difficile il poter dare una precisa idea della mentovata spesa, da poiché dovendosi ridurre alla perfezione oggetti di macchine di massima delicatezza, che da pochi si può intraprendere un tal lavoro, giacché non si tratta di materiali da impiegarsi, ma anziché di tempo e diligenza, mai potrà definirsi la spesa. Metto solo ai suoi sguardi di doversi intieramente smontare le dette macchine dovendosi ripulire tutt'i pezzi uno per volta, comprendendovi benanche le più picciole vitarelle, con inverniciare li metalli onde salvarli dal verderame, rifare violetti i pezzi d'acciajo dopoché saranno ripuliti dalla ruggine, e rimontarle con sperimentare se tutto corrisponda».

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 250 fs.lo 2.

¹⁴ ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 253 fs.lo 22.

¹⁵ Giovanni Monticelli a Giuseppe de Miranda, Milano 28 luglio 1845:

«...sarò imbarazzatissimo per la spedizione del termometrografo di Bellani. È un benedetto istrumento che se per poco perde nel viaggio la sua posizione perpendicolare, è subito guasto. Daltronde è proprio l'ultimo, che restava di questi istrumenti all'inventore ed in pari tempo esecutore Bellani che già avanzato e con una buona fortuna non lavora più. Questo istrumento adunque diviene raro perché fatto dall'autore istesso, che, non è in grado di farne altri ed è l'ultimo che li rimaneva dopo tanti anni...Bisognerebbe trovare un viaggiatore che col proprio legno prendesse l'assunto di fissarlo qui in un punto dell'istesso seco legno, e farlo distaccare quando giunto in Napoli da mano perita per trasportarlo al Gabinetto Fisico di S.M. il Re N.S.».

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 247 fs.lo 23.

¹⁶ Rapporto di Giacomo Maria Paci:

«Essendosi degnata S.M. il Re N.S. di fondare colla sua alta saggezza nella sua particolare Biblioteca un Gabinetto di Macchine Fisico-Chimiche, ha avuto certamente in mira non solo di accre-

V e r z e i c h n i s s

der

optischen Apparate,

welche von
Simon Plössl,

Optiker und Mechaniker in Wien, alte Wieden, Feldgasse, am Eck der
Schmölzergasse, Nr. 215, für beigesetzte Preise in Conventions-Münze
oder Augsburger Courant verfertigt werden.

Practisches Fortschreiten der Optik und des Künstlers, so wie fortgesetzte Erfahrungen über die Wünsche der Abnehmer, haben neuerdings Zusätze und einige Veränderungen in diesem Verzeichnisse veranlaßt. Besonders hat die nunmehr bewährte ausgezeichnet günstige Würdigung der dialytischen Einrichtung bei größeren Fernröhren, durch die competentesten Sachverständigen des In- und Auslandes, den Künstler bestimmt, die Standperspective fortwährend nur dialytisch zu verfertigen, indem die Abnehmer sowohl an Schärfe der Wirkung und bequemen Kürze des Tubus, als auch im Preise gewinnen. Nur auf besonderes Verlangen werden daher noch derlei Instrumente der älteren Einrichtung um die hier wiederholten älteren Preise geliefert.

October 1840.

	fl.	kr.
1. Augengläser, rund oder oval, convex oder concav, mit Fassung von feinem Stahl oder Büffelhorn	1	36
2. Derlei in feinerer Fassung	2—3	—
3. Derlei in Fassung von gehämmertem feinen Silber	4	48
4. Derlei in Fassung von Schildkröte, mit silbernen Spangen und Scharnieren	5	30
5. Derlei in Fassung von Schildkröte, mit derlei Spangen und silbernen Scharnieren	6	—
—		
1. Doppellorgnette mit Fassung von Büffelhorn	1	36
2. Derlei mit Fassung von Elfenbein und Horn	2	—
3. Derlei von feinem Stahle, die Glastheile zum Zusammenlegen	2	—

Catalogo di strumenti ottici costruiti da Simone Plössl.

Ottobre 1840.

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 253, fasc.10 12.

LIST
OF
ENGINES, MACHINES, AND TOOLS,

MADE BY

E. M. CLARKE,

RODNEY IRON WORKS, BATTERSEA, SURREY

AND

428, STRAND, LONDON.

-
- | | |
|--|--|
| <p>CONDENSING or High-pressure Beam, Table, and Direct-Action Steam Engines, put up and set to work free of expense (if within twelve miles of the Factory), exclusive of brick-work, at per horse power.</p> <p>Iron Steam Boats, or Hulls and Barges, with or without Engines, for Sea or River service, with Paddles or Screws on improved principles.</p> <p>Marine Steam Engines, Condensing or High-pressure.</p> <p>Locomotive Engines, to carry their Fuel and Water, or with Tenders.</p> <p>Cylindrical, Flue, Wagon, and Tubular Boilers.</p> <p>Evaporating Pans and Tanks.</p> <p>Hydro-electric Machines, with Fire Boxes or Heaters.</p> <p>Steam Fittings, viz. : Stop Cocks ; Gauge, Grease, and Blow-off Cocks ; High-pressure, Mercurial, and Water Gauges ; Ball Valves ; Universal and Spherical Joints ; Hemispherical Ground Union Joints ; Valve and Stuffing Boxes.</p> <p>Copper Cylinders and Locomotive Tubes.</p> <p>Cranes for Wharfs, Single or Double-purchase, with or without Steering Apparatus.</p> <p>Double or Single-purchase Crabs.</p> <p>Blocks, with Wood, Iron, or Brass Sheaves.</p> <p>Bright and Black Shafting.</p> <p>Slide, Centre, Hand, and Foot Lathes, on the most improved constructions.</p> <p>Lathe Heads for Iron or Wood Beds, with and without Wheel and Pinion Slow Motions, Puppet Heads, and Rests.</p> <p>Compound and Revolving Slide Rests.</p> | <p>Collar Plates and Heads.</p> <p>Universal Chucks and Carriers.</p> <p>Planing Machines, with Compound Rack for moving the Table, Self-acting in every position.</p> <p>Self-acting Drilling Machines.</p> <p>Bolt-screwing Machines.</p> <p>Wheel Cutting and Dividing Engines.</p> <p>Self-acting Nut Cutting and Shaping Machines, with Driving Apparatus.</p> <p>Self-acting Slotting Machines, with Transverse Slides and Rotary Table.</p> <p>Punching Machines for punching and shearing Boiler Plates, &c.</p> <p>Upright Boring Machines.</p> <p>Screwing Tackle from $\frac{1}{4}$ in. to 2 in.</p> <p>Single and Double-arm Screw Presses.</p> <p>Stamping and Lever Presses.</p> <p>Plate-bending Machines.</p> <p>Hydraulic Presses.</p> <p>Printing Machines and Presses.</p> <p>Blowing Machines.</p> <p>Flour, Malt, Sugar, Paper, Saw, and Flattening Mills.</p> <p>Sawing Machines.</p> <p>Air Pumps.</p> <p>Force and Lift Pumps.</p> <p>Wrought Iron Cisterns, Funnels, and Chimneys.</p> <p>Lieut. Kynaston's Ship-Trimner, for indicating the sailing trim of Vessels of all classes, a snow used on board H. M.'s Fleet.</p> |
|--|--|

Experienced Hands at all times ready to be sent out for Jobbing, Repairing Old Work, or Fitting New.

Drawings, Designs, and Estimates, sent for all description of Engines, Machinery, or Mill Work.

TURNING, BORING, PLANING, AND SCREW-CUTTING, AT MODERATE CHARGES.

Lista di macchine costruite a Londra da Clarke. 1845.
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale*,
Categorie diverse, b. 247, fasc. lo 26.

INSTRUCTIONS
NECESSARY TO BE ATTENDED TO, IN USING
NEWMAN'S
STANDARD,
OR, PORTABLE MOUNTAIN
BAROMETER.

MANUFACTURED AND SOLD BY
J. NEWMAN,
PHILOSOPHICAL INSTRUMENT MAKER TO THE ROYAL
INSTITUTION OF GREAT BRITAIN,
No. 122, REGENT STREET,
LONDON.

GEO. NICHOLS, PRINTER, EARL'S COURT,
CRANBOURN STREET, SOHO.
1841.

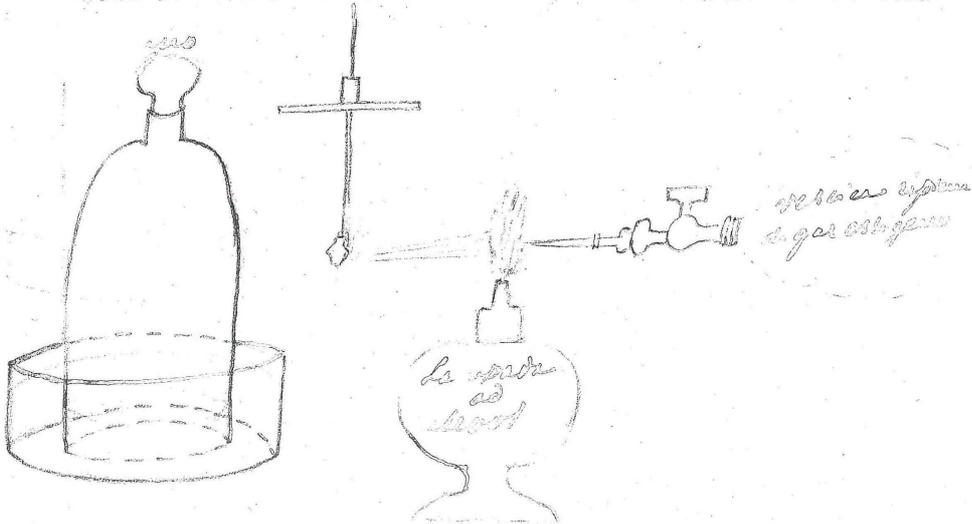
Istruzioni per l'uso del barometro di Newman. 1841.
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo
di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 254, fasc. lo 4.

La Combustione del Diamante nel Gas Ossigeno

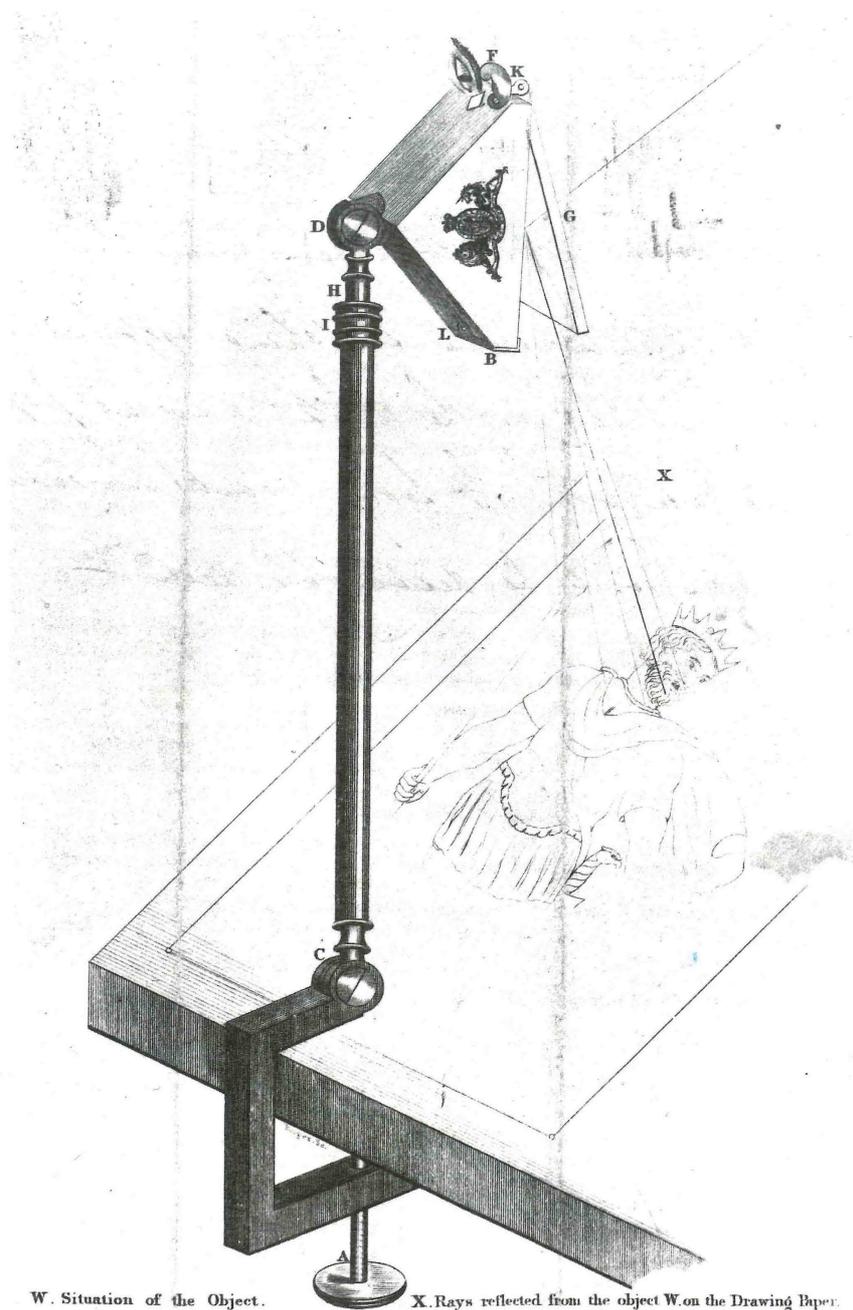
Ricevete il recipiente di Cristallo con gas Ossigeno
puro

Poi ad una estremità di una ^{piccola} fiamma di Platino
colmetto nel gas Ossigeno spinto in un tempo
spazioso di una o più ore fino a quando
e in un tempo di un'ora il processo del
cristallo. Le scintille saranno di colore
blauo e di intensità.

Il gas puro sarà ^{sempre} conseguito ^{travolta} l'aggiunta della
quali altre scintille ^{che} ^{restano} nelle



Il gas ^{sempre} ^{travolta} ^{l'aggiunta} ^{della} ^{quali} ^{altre} ^{scintille} ^{che} ^{restano} ^{nelle}



W. Situation of the Object.

X. Rays reflected from the object W. on the Drawing Paper.

Istruzioni per l'uso del *Graphic Mirror* di Alexander.
 ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*,
 b. 254 fasc.10.



On the 26th of December 1805, Arnold received £1678 which, together with the monies received by his late father, makes the full sum of £3000, voted by the Board of Longitude as a reward for the excellence of the principle and performance of his Timekeepers.

1499. 2 day Marine Chronometer. "Arnold"
 Loses daily three tenths of a second -

$$- \overset{\text{min sec \& tenth}}{0.03} \text{ daily rate}$$

This Chronometer is wound up, but stopped by placing a piece of Cork under the balance, which must be carefully removed, so that it may not be set going till the time at which the hands point, but at the proper moment, holding the Chronometer horizontal give it a quick circular motion as far as from the XII to the III and back, this will set it agoing - at all other times whatever, carefully avoid giving any kind of circular motion to the Chronometer.

Upon opening the Box, free the Chronometer from the stay: a brass screw \odot at the left hand corner and let it and the gymbols play freely.

John R. Arnold
 London January 23 1843



PRODUITS CHIMIQUES ET PHARMACEUTIQUES

de J. PELLETIER,

Membre de l'Institut, de l'Académie Roy^{le} de Médecine, &c.

et BERTHEMOT,

Pharm^{ie} Membre de plusieurs Sociétés Savantes.

Rue Jacob, N^o 43, au fond de la Cour.

BERTHEMOT SUCC^r



Paris, le 8 août 1845.

à Messieurs Scarpa, Secrétaire de l'Ambassade
de Vapleau,

Messieurs,

J'ai l'honneur de vous adresser une caisse contenant
deux produits chimiques que M^r Lorenzana m'a
demandés pour le compte de votre gouvernement.

Il manque à la collection seize de ces produits dont
voici les noms : Cerium Glucinum, Molybdène, Osmium,
Tellure, Vanadium, Yttrium, Zirconium, Lithium, —
Baryum, Strontium, Calcium, Magnésium, aluminium,
Rhodium & Tantale. Je ne pourrais pas les
fabriquer dans ce moment-ci ; cela me prendrait un
beaucoup trop de temps.

Je vous renvoie ci-joint ma facture, en
trois expéditions ; elle s'élève à 479^{fr} 30^c.

J'ai l'honneur d'être,
Messieurs,

vos très humble serviteur

J. B. de M^r Berthémot

C. Garre.



Orologeria e Forniture
DI
CIRILLO GRANGE
Via Toledo 16, 285, in Napoli



Napoli li 18 Marzo 1845
Signor *L. Domenico De Miranda* **Dare**
a **C. GRANGE**

Per venduto e consegnato di sua soddisfazione
pagabile *gli oggetti seguenti*

<i>2</i>	<i>Cannocchiali Inglese</i>	<i>49 16</i>	<i>49 32</i>
	<i>Quittonato</i>		
	<i>Cirillo Grange</i>		

Fattura di Cirillo Grange per l'acquisto di due cannocchiali inglesi. 18 marzo 1845.
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse, b. 250, fasc.10 42.



		<i>Lit. Patel</i>	
1.	<p><i>Orol.º d'oro a savonetta avario Cronometro di Aug.º Courvi- sier e C.ºi Chaux de Fonds, di Sua Real Maestà il Re D. G. nel Real Gabinetto Fisico, si è addorizato lo spirale le della molletta della scappamento, messo in libertà il pivò della bilancia, perchè non appoggiavano sulla pietra dura, e messo una pietra dura nuova di appoggio, esami- nato polito e regolato.</i></p> <p><i>Di 25 Settembre 1854</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Francesco Keller</i></p>		<i>Lit. Patel</i>

Fattura di François Keller, per l'accomodo di orologi. 25 settembre 1854.
 ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse, b. 251, fasc. lo 6.

Inventario
della
Real Biblioteca Privata

Gabinetto di Fisica

Napoli 1853.

senza della quale non avrebbero base certa le osservazioni che ad essa fan seguito, formolate mese per mese, colla ricapitolazione in ultimo dell'intera annata. Le variazioni barometriche e termometriche, lo stato dell'atmosfera, i fenomeni meteorologici vi sono con cura registrati. Non sarà da considerarsi questo primo esperimento che come un saggio, un modello di ciò che potrebbe farsi in appresso quando un sistema già stabilito nelle ore e nei metodi di osservazioni daranno agio di completare quei risultamenti che per questo primo anno trascorso non figurano nelle rispettive colonne e particolarmente quelli che pur sarebbero di grande importanza scientifica sui quattro magnetometri o bussole preziosissime macchine da non lasciarsi destinate alla sola vistosa apparenza»

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 246 fs. 39.

Osservazioni Meteorologiche in:

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 246 fs.li 1, 2 e 3, b.249 fs. lo 1, 7 e 15.

²⁵ Sul Settimo Congresso:

M. TORRINI, *Scienziati a Napoli 1830-1845*, Napoli 1989.

Napoli e i luoghi celebri delle sue vicinanze, 2 voll., Napoli 1845, Guida edita in occasione del Congresso. A p. 471 la descrizione del R. Gabinetto Fisico.

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Borbone*, b. 879 e *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 247 fs. li 11 e 14, b. 250 fs.li 46 e 62.

²⁶ Giacomo Maria Paci a Luigi Imperiali, 24 giugno 1845:

«La Settima riunione degli Scienziati, che prossimamente avrà luogo in questa Capitale, è per se stessa una pruova non dubbia della tendenza del nostro Sovrano a favorir la cultura delle Scienze Fisiche, e Naturali; ove già non ne dessero splendido argomento la prima strada ferrata, che s'abbia avuta l'Italia, in questo regno costrutta, e il numero de' legni a vapore, onde ogni dì più si fa ricca la Real Marina, e l'istallazione di militari fonderie, e di un'Officina per la costruzione delle macchine, che ci ha tolti alla umiliante necessità di aver ricorso allo straniero, e a non dilungarci, il nostro porto, che ormai non invidia agli altri di Europa il beneficio dello stupendo trovato Fresneliano. E ciò per la parte applicativa, che viene per vero in secondo luogo, ma è quella, che dà alle Scienze Fisiche un alto posto tra le discipline ordinate al procacciamento del ben essere sociale. Nulla poi diremo dei moltiplicati mezzi d'insegnamento, degli istituti scientifici, e scientifico-militari, espressamente creati, e della regia Università degli Studi come per incanto fornita di macchine, e di gabinetti, e taceremo altresì della generosa munificenza, ed onori impartiti ai cultori delle scienze medesime. Altra pruova pertanto più positiva, e diremo, più parlante stimiamo sarebbe quella di far palese al Congresso l'esistenza di un Gabinetto Fisico nella prima Reggia della M.S., con esibire, quanto comporta la recente data di sua istituzione, un saggio di ciò che vi si opera per l'incremento della scienza.

Epperò tra' subietti meritevoli di attenzione, e insieme capaci d'esser trattati nella brevità del tempo, che ne rimane, le sottoponiamo i tre seguenti, alla cui scelta dalle peculiari nostre condizioni naturalmente siamo stati condotti.

1° *Esperimenti sul Ginnoto*. La favorevole congiuntura del trovarsi

S.M. il Re possessitore, unico per quanto sappiamo in Europa, di uno di questi singolari animali tuttora viventi, c'impone un debito verso la scienza di portare anzi tutto su di esso il nostro studio. Di grande importanza, si sa pure, è per le teoriche riguardanti l'elettricità, una completa conoscenza dei pesi elettrici, ed è noto come, dopo il Walsh, il Conte Humboldt, e massime l'egregio Professor Matteucci, se ne sono particolarmente occupati, e copiosa messe di belle ed utili osservazioni si è raccolta su questa branca dell'elettricità animale. Sicché appunto colla scorta dei fatti già annunziati, e giovandoci de' novelli metodi di sperimentare ci sarà agevole un più regolare esame del l'anguilla surinamense, e forse ne sarà dato avviar la scienza a più certe deduzioni sulla causa produttrice di quei fenomeni meravigliosi.

2° *Osservazioni sullo stato elettrico delle fumarole*. Il lodato Professor di Pisa Cav. Matteucci, avendo esposte al Congresso di Firenze le esperienze da lui fatte sui soffioni delle Maremme toscane, elevò forti dubbi sulla teorica del Volta, convalidata dal Pouillet, circa la causa elettrizzante i vapori acquosi. L'esser noi circondati da numerevoli siti atti a sperimenti di questo genere, il Vesuvio, la Solfatara, le stufe di San Germano, la grotta del Cane ecc. ne ha suggerito l'idea di far parimenti oggetto del nostro studio questa quistione di Meteorologia elettrica, alla quale potrà dare una soluzione l'esame dello stato elettrico del gas acqueo, e delle altre esalazioni delle fumaiuole, che quei luoghi ci offrono, soluzione ch'è di tanto maggior momento l'ottenere, in quanto dovrà rifermare, o modificare l'opinione del chiaro fisico di Como generalmente ricevuta.

3° *Osservazioni sulle acque del Golfo di Napoli*. Lo esame della temperatura delle acque marine a varie profondità, e distanze dal lido è uno studio, di cui oggi si è arricchita la Meteorologia. Queste ricerche menano alla determinazione delle varie correnti verticali, ed orizzontali, dalle quali risulta una specie di equilibrio nella temperatura delle acque, non altrimenti, che ha luogo nella immensa massa dell'atmosfera. Oltre a ciò, essendo il nostro golfo circondato da vulcani attivi e semiestinti, è probabile rinvenir delle correnti partecipanti del calore del fuoco vulcanico, ed in tal caso congetture più positive possono farsi sulle relazioni di questi monti ignivomi, e sull'origine dei vulcani sottomarini; problema intorno al quale la scienza va ancora incerta ed a tentoni.

Qualora a Lei dispaccia di approvare l'esposto, La preghiamo implorare la Sovrana autorizzazione, non che i mezzi di trasporto per le osservazioni a farsi nei luoghi sopra citati, un battello a vapore per quelle da farsi in mare, ed altri piccoli oggetti di cui si accluede il notamento».

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 254 fs. lo 25.

D. DE MIRANDA - G. M. PACI, *Osservazioni di Meteorologia elettrica sulle vulcaniche esalazioni*, Napoli 1845.

²⁷ Giacomo Maria Paci a Luigi Imperiali, 17 giugno 1846:

«Allorché lessi al Congresso Scientifico tenuto in questa dominante le due memorie appositamente pubblicate, relativa l'una ai singolari fenomeni del Ginnoto, e l'altra ad un argomento di Meteorologia elettrica, provai la dolce soddisfazione, ch'è pur la sola a cui possa aspirare chi si addice alla coltura delle scienze, di ve-

der cioè approvati quei due lavori da quel Consesso che radunava i primi dotti della Facoltà. La Commissione eletta dall'illustre Presidente della Sezione Professore Orioli, per veder ripetere quanto erasi fatto sul Ginnoto, componendosi dei chiari Professori Cav. Belli, Cav. Botto, Majocchio, e Cav. Matteucci relatore, dopo di essersi dichiarata pienamente soddisfatta, esternò il desiderio di conoscere se l'animale potesse contemporaneamente scaricarsi in più punti del suo organo elettrico. A questo lusinghiero invito convenne annuire, poiché esso tendeva ad assodare un punto importante di Fisiologia applicata allo sviluppo della ictio-elettricità. Egualmente il celebre Prof. Cav. Melloni, mostrando in altra tornata dello stesso Consesso, la utilità delle intraprese ricerche intorno allo stato elettrico delle vulcaniche esalazioni, manifestava il desiderio di vederle condotte a compimento. La prego quindi, Signor Marchese, di provocare la superiore approvazione per le spese all'oggetto necessarie. A tanto prestandosi avrà Ella un nuovo argomento per dimostrare che questo Real Gabinetto, abbenché privato, pure dal canto suo contribuisce al progresso della scienza.

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 250 fs. lo 62.

²⁸ Giacomo Maria Paci a Luigi Imperiali, 15 giugno 1847:

«Essendo trapassato nei primi giorni di marzo ultimo il Ginnoto, dietro verbale autorizzazione di S.E. il Maggior-domo Maggiore, furono invitati i Professori Delle Chiaje, Costa e Prudente a farne la sezione anatomica, ed istituire osservazioni microscopiche sull'organo elettrico per compararle con quelle fatte sulla Torpedine dal lodato delle Chiaje e dal Professore Calamai di Firenze all'uopo qui spedito da S.A.I.R., il Granduca di Toscana. Quindi il Professore Delle Chiaje con supplica diretta per mezzo del Cav. Fava, Controloro della Real Casa, a S.E. il Maggior-domo Maggiore rammentando di essere stato incaricato dalle Sezioni riunite di Fisica e Matematica, e di Zoologia ed Anatomia comparata del Settimo Congresso Scientifico tenuto in questa Metropoli, di eseguire la sezione di questo pesce per la prima volta trasportato in Italia, in cui più che altrove ha lungo tempo vissuto; invece di conservarsi il Ginnoto in un recipiente pieno di spirito di vino nel Real Gabinetto particolare, a titolo di singolar favore lo chiedeva per depositarlo nel Museo Anatomico-Patologico della Regia Università degli Studi, di cui è degno Direttore, per restarvi sempre esposto alla contemplazione de' Dotti stranieri e della Gioventù studiosa, che giornalmente vi accorre, ed esservi un continuo attestato dell'augusto patrocinio, che l'adorabile nostro Monarca accorda alle scienze naturali. Ed alterando l'alcool le fattezze dei pezzi anatomici, proponea di far modellare in cera dal Dottor Sorrentino l'apparato Elettrico del Ginnoto e della Torpedine per serbarsi gli analoghi modelli esprimenti la naturalezza delle forme corporee e de' loro colori in questo Real Gabinetto Fisico e nel cennato Museo Anatomico; e compier così in Europa un gran servizio reso per la prima volta alle scienze Fisico-Mediche».

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 254 fs. lo 23.

Sul Ginnoto:

D. DE MIRANDA - G. M. PACI, *Esperimenti istituiti sul Ginnoto elettrico da Domenico De Miranda Incaricato del Gabinetto Fisico della R. Biblioteca Privata di S.M... e G.M. Paci Professore di Fisica dello stesso R. Gabinetto*, Napoli 1845.

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 245 fs. lo 25, b. 250 fs. lo 53, 55, 56, 71, b. 254 fs. lo 23.

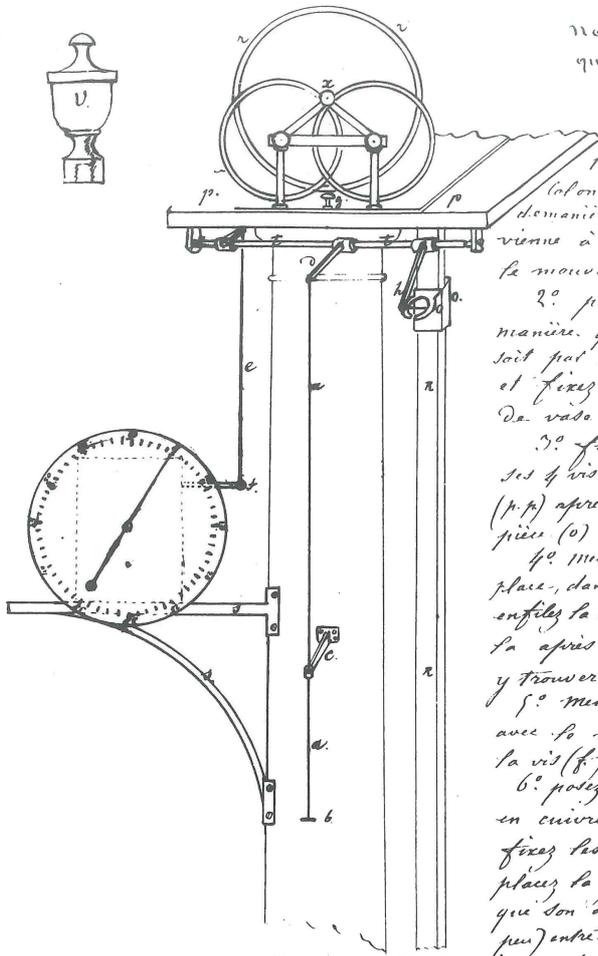
²⁹ Giacomo Maria Paci a Luigi Imperiali, 1° dicembre 1846:

«È ricco questo Real Gabinetto dei più belli apparati, che la scienza dell'Ottica vanta. Sono in preferenza notabili il grande apparato di polarizzazione cromatica, l'apparato di Fraunhofer per le frange dello spettro, il microscopio solare, una lodevole collezione di prismi per l'analisi della luce, e l'apparato per la sintesi della stessa. Ora con tutti questi pregiati strumenti non si è potuto ancora istituire alcuno esperimento e costatare le verità a cui sono relativi, per mancanza d'una camera buia... In unione quindi del Regio Macchinista Sig. Bandieri ho ideato una specie di chiusura applicabile in breve tempo ad ogni balcone senza deturparne i forzieri, potendo anche adattarvi tutti gli strumenti ottici con cangiarne un sol pezzo ... È questa preghiera resa più viva dalla circostanza che mediante i cennati strumenti si eseguono ora in tutte le rinomate Accademie interessanti lavori, il di cui successo fa mestieri verificare, potendo menare ad importanti conseguenze».

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, *Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse*, b. 248 fs. lo 8.

³⁰ Giacomo Maria Paci a Luigi Imperiali, 19 giugno 1846:

«Inteso il nostro secolo alla ricerca ed invenzione di tutto quanto attivando e facilitando i rapporti tra gli individui e le masse può influire a miglioramento e perfezionamento dell'umana condizione, dopo di aver impiegato il vapore per mare e per terra a fare scomparire nel cambio delle merci le distanze che separano le contrade che le producono, un'altro mezzo tentava per superare lo stesso ostacolo nel cambio delle idee. Era questo il telegrafo. Grezzo però ed imperfetto nella sua origine si risentiva questo congegno di tutti gli inconvenienti, che sogliono rendere incommodo qualunque ritrovato della mente umana ne' primi saggi di sua applicazione. Tra quelli infatti che s'imputano ai telegrafi ordinarii non è il minimo il loro niun uso in tempo di notte, e quando l'aria eccessivamente ottenebrata da nubi o da nebbia rende inefficaci i cannocchiali. Colpite generalmente le menti da sì notevole difetto tutta l'attenzione rivolsero a farlo cessare. Molti progetti furono all'uopo suggeriti, ma niuno fu riconosciuto più idoneo di quello che dapprima i Telegrafi-elettrici, e poi gli elettro-magnetici al pubblico segnalava. Ecco perché questi strumenti di comunicazione tanto interesse destando nell'universale, ora tante cure cagionano a pienamente soddisfarlo ai Fisici e Macchinisti d'ogni nazione. Reso il loro miglioramento oggetto di serio esame ne' Congressi Scientifici Italiani, una discussione tra esso meritato in una delle tornate di quello non ha guari tenuto in questa Capitale, attese alcune modifiche all'uopo proposte dal Professore Cavaliere Matteucci. Membro e Segretario della Sezione, nel cui seno la disamina di sì importante argomento s'impegnava, concepì anch'io sin d'allora l'idea di proporre per questo Real Gabinetto l'acquisto di un modello della più recente costruzione, onde nuovo argo-



Note explicative pour remonter
quelques instruments

Machine d'Atwood

- 1.° Commencez par placer la colonne sur le plateau carré de manière que le support du pendule, vienne à gauche et placez de telle sorte le mouvement sur ce support (h.h.)
- 2.° placez la planche (p.p.) de telle manière que la tige en acier (a.a.) soit par devant ou en face de l'observateur et fixez la avec la vis de bois en forme de vase (v)
- 3.° fixez la règle divisée (r.r.) par ses 4 vis sur le plateau (p.p.) et la planche (p.p.) après avoir eu soin de placer la pièce (o) au zero de la division.
- 4.° mettez la tige en acier (a.a.) à la place, dans ce but ôtez le bouton (b) et enfillez la tige dans le bras (c) et fixez la après le bras (c) par la vis qu'on y trouvera.
- 5.° mettez la tige (o) en communication avec le mouvement du pendule par la vis (f.f.)
- 6.° posez les 4 poulies sur la planche en cuivre sur la planche (p.p.) et fixez les avec les boutons (g.) et enfin placez la grande roue (v.r.) de manière que son axe ait un peu de jeu (maîtriser peu) entre les vis (x).

Ainsi l'appareil est disposé pour l'expérience, et il nous reste seulement à expliquer le jeu de la détente qui laisse tomber le corps au coup du pendule. Suffit que la tige (a.a.) soit poussée en haut, de manière que le bras (h) empêche le corps de tomber en même temps. L'aiguille du pendule n'est plus en communication avec la roue d'échappement, et par conséquent arrêtée. Admettons qu'elle soit à zéro; il est facile à comprendre qu'il faut tirer la tige (a) au moment où on attend le coup du pendule ou au moment où la pendule du pendule vient à l'extrémité d'une oscillation et dans le même instant l'aiguille commença à marcher et le poids à tomber? que le poids vient de courir sur le talon qui termine sa course, on avertit assez de temps (si on veut) pour arrêter l'aiguille afin de faire le corps =

Nota bene on recommande d'attacher le poids dans l'intérieur de son mouvement.

Paris

Instrument de physique fait par M. Gambey
Gambey & Co. opticien à Paris
P.B.S.M. n. 10. 18.

Magnétisme et électro-magnétisme

Boussole d'inclinaison	frs	800
" de déclinaison	"	1800
" de variation	"	1000
(voir la note, c'est à un gain)	"	300

Optique

Éliostat	frs	1000
Frais d'emballage	"	100

Total francs - 2800

Eliostato e Bussole di Gambey, spedite da Parigi a Napoli per il Gabinetto Fisico del Re.
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse, b. 253 fs. lo 10.

29 Gennaio 1842 rilevata la Palla della cupola dello Spirito Santo
sua forma Bussola di Declinazione

Il Cannocchiale situato al di sotto del Cerchio
azimutale tiene il suo asse ottico parallel
lo al diametro che passa per punti 120° e
 300°

Mettendo il nonio a 180° e 0° e prendendo
col cannocchiale inferiore un oggetto fisso, si
deve portare lo stesso nonio a $169^{\circ} 5' 40''$
per riguardarvi lo stesso oggetto.

quindi	0°	180°
	$10^{\circ} 54' 20''$	$169^{\circ} 5' 40''$

L'Angolo di posizione del ~~Cannocchiale~~ ^{fisso dell'asse}
se ottico del Cannocchiale fisso colla linea
 0 e 180° è di $10^{\circ} 54' 20''$

Note - Nella osservazione ho rilevato che la gra-
duazione è difettosa perchè all'angolo
 $169^{\circ} 5' 40''$ non corrisponde sul nonio la
quantità di $10^{\circ} 54' 20''$ - da verificarsi con
altre osservazioni.

Dal Reale appartamento

1843

Modello di una locomotiva costrutta
da Robert Stephenson & Comp.
di Newcastle, sul Tyne.

Per l'istruzione di questa
macchina vedi la Parte Scientifica.
(Locomotiva)

Nota sul passaggio del Modello di locomotiva a vapore di Stephenson, dal Reale Appartamento
al Gabinetto Fisico del Re. 1843

ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse, b. 253 fs.lo 22.

Nota

Per il Real Gabinetto Fisico Privato di Sua Maestà (29)

Elettroscopio, invenzione del fu Cavalier Melloni

con i suoi diversi accessori - - - - - L. 50.00

No. Macchinista Saverio Gargiulo

Fattura per l'acquisto dell'Elettroscopio di Melloni, costruito dal macchinista Saverio Gargiulo. Maggio 1855
ARCHIVIO DI STATO DI NAPOLI, Archivio Amministrativo di Casa Reale, Categorie diverse, b. 251 fs.lo 17.

E (Polizza di Spedizione)

REALE COMITATO CENTRALE ITALIANO
residente a Torino



REGNO D'ITALIA

N.º d'ordine mandato
dal Reale Comitato Centrale
coll' accettazione (articoli 14
e 19 Reg. Gen.).

PROVINCIA di *Nepoli*

SOTTOCOMITATO di *Nepoli*

GIUNTA di _____

Esposizione internazionale di Londra 1862

NB. Sarà fatta in quattro originali (Reg. Gen., art. 19 a 23).

CLASSE *XIII* SOTTOCLASSE _____

NB. Ogni collo non potrà contenere che oggetti appartenenti ad una CLASSE, o a collezioni. In quest'ultimo caso si metterà il numero della Classe, ove dovrà essere esposta la collezione.

I colli appartenenti a differenti CLASSI dovranno avere una separata polizza di spedizione.

MARCHE PARTICOLARI DEL COLLO	Un collo	
	1. Bilancia dinamometrica da servire pure ad esperienze idrostatiche suo valore lire	3300
	2. Apparato per dimostrare la curva parabolica di un solido suo valore lire	255
INDICAZIONE SOMMARIA DE' PRODOTTI SPEDITI	3. Apparato elettrico magnetico di Ampere suo valore lire	300
Peso, chilogr. <i>252</i>	4. Cronometro armonico con squadra e covista suo valore lire	255
Misura, in metri cubi <i>Un metro</i>		<u>4110</u>
Valore, lire ital. <i>4110</i>		

NOME E COGNOME DELL'ESPOSITORE } *Baudieri Giuseppe*

SUO INDIRIZZO A LONDRA O INDIRIZZO DEL SUO AGENTE } _____

Firma dell'Espositore

Giovanni Baudieri

Visto

Il Presidente del Sottocomitato

Francesco del Giudice

Oggi che sono li 20 Settembre noi qui sottoscritti
Professori ci troviamo riuniti nel locale della
Biblioteca particolare, così denominata, appartenente
ora allo stato, unitamente al meccanico Bandieri,
ed al orologiaio Bigliucconi, in forza delle
disposizioni ricevute dal Signor Marchese Torgiani
per l'organo del Direttore Cav. Casa Grimaldi,
e nel Gabinetto Chimico Fisico il Professore
Raffaello Napolitano ha cominciato a dare consegna
al Prof. Filippo Cassola di tutte le Machine
ed apparati componenti la Collezione a lui affi-
data, ma siccome detta consegna non si è potuto
eseguire in un sol giorno, così a richiesta del
suddetto professore Cassola si è convenuto proseguir-
la nei giorni di Venerdì e Martedì di ogni settim-
ana, per quindi finita che sarà, consegnare tutti
i ricevuti di due professori in apposito verbale che si
rimetterà al suddetto signor Marchese Torgiani
oggi 20 Set 1860 fatto letto e firmato degli intervenenti

Raffaello Napolitano

Filippo Cassola

Giovanni Bandieri

Francesco Bigliucconi

Catalogo della mostra

a cura di

Giovanni Paternoster, Ezio Ragozzino, Edvige Schettino

I

Strumenti del Seicento e del Settecento

Lente di Torricelli - Firenze 1645

Evangelista Torricelli (1608-1647) raggiunse Galileo Galilei il 18 ottobre 1641 ad Arcetri per seguirne gli insegnamenti. Nel breve periodo trascorso accanto al maestro, Galileo morì l'8 gennaio 1642, fu da lui stimolato ad interessarsi anche della costruzione delle lenti per cannocchiali. In quest'opera divenne ben presto il migliore del suo tempo, benché si dedicasse attivamente alle ricerche di matematica e di fisica. La sua produzione fu limitata, in quanto la morte lo colse dopo pochi anni, il 25 ottobre 1647.

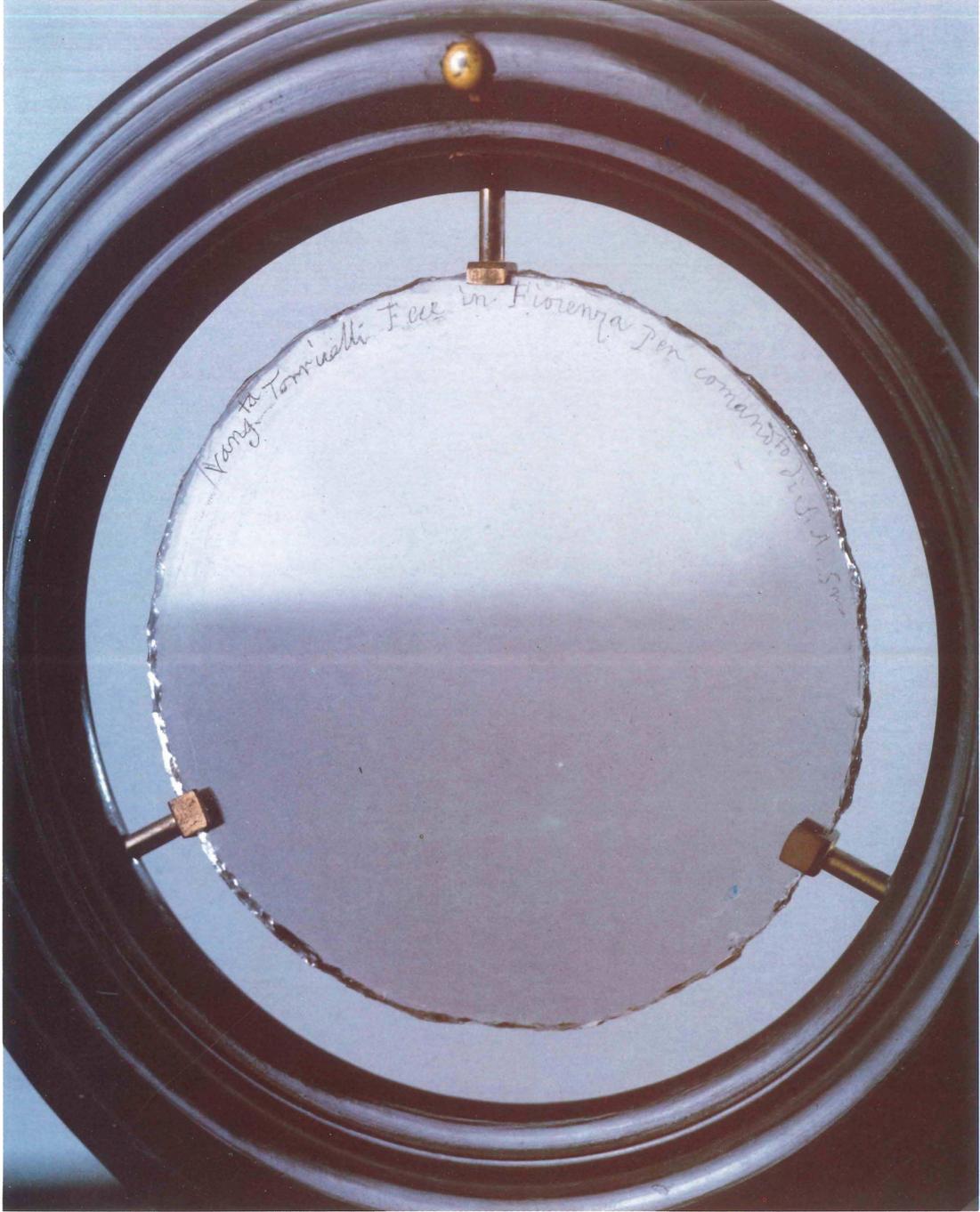
Delle lenti da lui prodotte poche sono giunte sino a noi e questa è la più grande ed è l'unica firmata sul vetro:

“Vang.ta Torricelli fece in Fiorenza per comand.to di S.A.Sma”.

Essa fu trovata per caso, intorno al 1885, da Gilberto Govi, professore di Fisica Sperimentale della Reale Università di Napoli, il quale, dopo averne studiato accuratamente le caratteristiche, presentò una relazione all'Accademia delle Scienze nel 1886. Egli fece anche realizzare il supporto in legno, che la sostiene.

È una lente obiettiva per cannocchiale piano-convessa di 111 mm di diametro per uno spessore di circa 5 mm ed una distanza focale di 6 metri. La colorazione violacea è dovuta ad un eccesso di manganese aggiunto alla pasta di vetro per schiarirla; infatti le normali paste vitree hanno una colorazione bruna per la presenza di ferro. Recenti studi hanno permesso di stabilire che Torricelli realizzò questa lente tra il luglio e l'ottobre del 1645.

Firenze, 1645
Evangelista Torricelli
Diametro 111 mm



Lente di Domenico Selva - Venezia inizi 1700

I Selva furono una famiglia di famosi costruttori di strumenti ottici, che operò a Venezia dai primi del '700 alla prima metà dell'800. Domenico Selva ne fu il capostipite, emulato e superato dal figlio Lorenzo, che nel 1771 fu nominato ottico pubblico in Venezia e l'anno successivo destinatario di un vitalizio. I due figli di Lorenzo seguirono le tracce paterne, ereditandone il titolo ed il vitalizio. Di Domenico Selva sappiamo solo che operò nella prima metà del XVIII secolo, lavorando al perfezionamento dei microscopi ed alla realizzazione di cannocchiali.

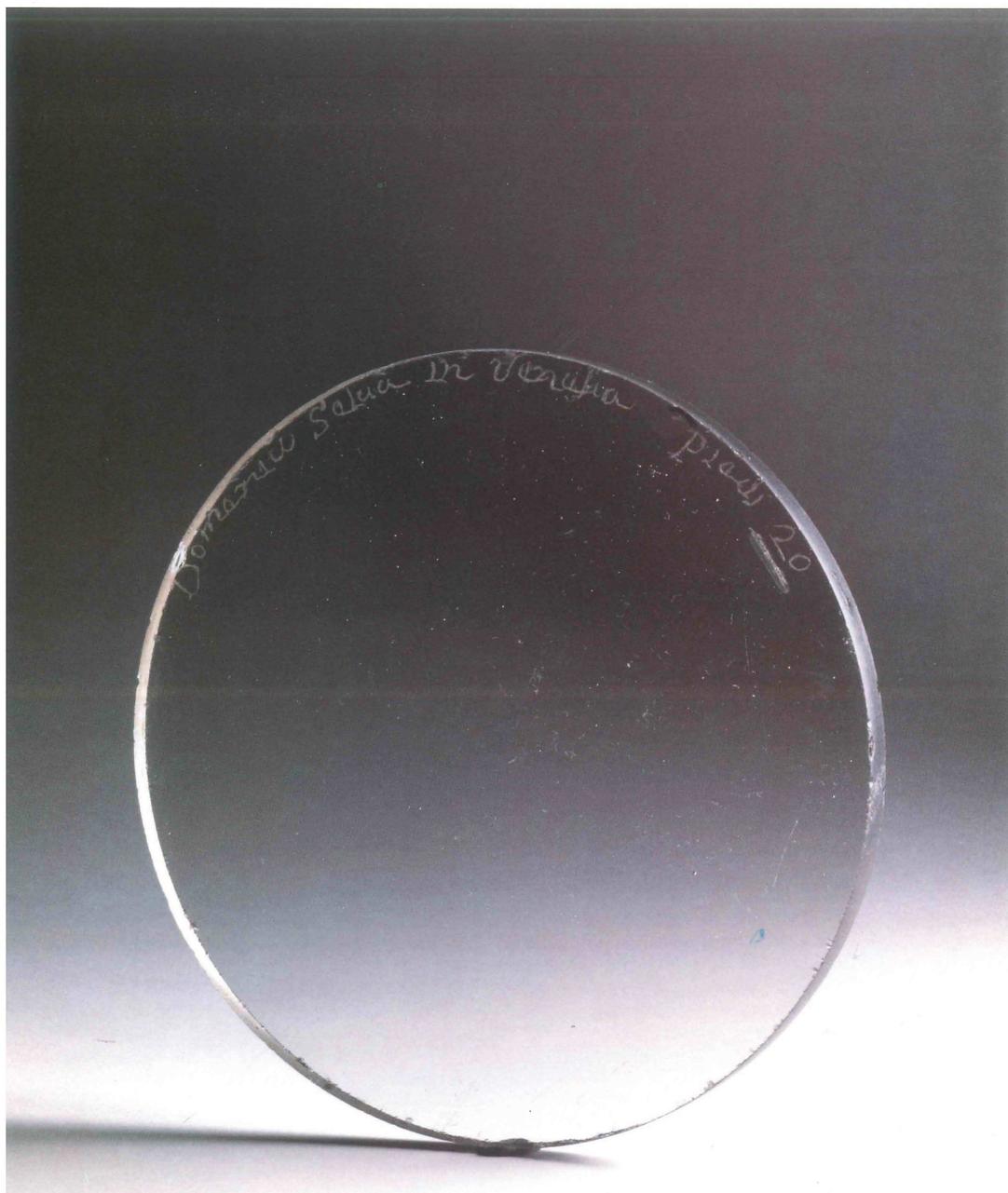
La lente, sebbene inserita nell'inventario del Gabinetto di Fisica del 1887 come proveniente dal Gabinetto Reale, solo recentemente è stata ritrovata nei laboratori del Dipartimento di Scienze Fisiche e sottoposta a misure ottiche, geometriche e chimiche.

È una lente bi-convessa di 88 mm di diametro e 5 mm di spessore al centro. La sua lunghezza focale è di circa 6 metri e porta la seguente incisione: "Domenico Selva in Venezia piedi 20". Le analisi chimiche hanno confermato che si tratta di un vetro dell'epoca, molto simile in composizione alla lente di Torricelli.

Venezia, primo quarto del XVIII secolo

Domenico Selva

Diametro 88 mm



Domasno Selva in Venetia

Pied 20

Doppia lente ustoria - Brander & Höschel - Augsburg 1770 c.

L'uso di sistemi ottici per concentrare i raggi del sole era noto sin dall'antichità; ma fu solo nel XVIII secolo che, sulla spinta degli studi del matematico E.W. von Tschirnhaus (1651-1708), si realizzarono le prime lenti ustorie doppie. Il loro vantaggio, rispetto alle lenti singole, è di avere minori aberrazioni, per cui il fuoco risulta più piccolo, ottenendo così una maggiore concentrazione dell'energia solare.

L'apparecchio presentato è costituito di due lenti poste alla distanza di 23 cm in un telaio di legno, originariamente montato su un cavalletto. La lente più grande ha il diametro di 30 cm, quella più piccola di 14 cm; le due distanze focali sono, rispettivamente, 50 e 15 cm. Il sistema ottico, così realizzato, con una distanza focale di 18 cm, ha il secondo fuoco a 10 cm dalla lente piccola.

Lo strumento è firmato dal costruttore G.F.Brander (1713-1783) e dal suo collaboratore e successore C.C.Höschel; si ha notizia che solo presso l'Abbazia di Kremsmünster vi è un altro esemplare di doppia lente attribuito allo stesso costruttore.

Augsburg, 1770 c.

Brander & Höschel

Diametro 40 cm, altezza 30 cm



Meridiana per la latitudine di Napoli - Napoli 1769

Questa meridiana, a forma di tronco di piramide, poggia su viti calanti in modo da poter essere facilmente livellata. Lo strumento, le cui cinque facce sono marcate con le ore solari, va orientato per mezzo di una bussola alloggiata, insieme con due livelle a bolla d'aria, in un piccolo vano chiuso dalla faccia superiore della meridiana stessa. Nella parte interna del coperchio del vano sono incise istruzioni dettagliate sull'uso dello strumento.

Su ogni faccia della meridiana agisce da gnomone il braccio sollevato di un piccolo angelo in argento; in tal modo è possibile sempre rilevare l'ora solare contemporaneamente su tre facce.

La meridiana fu ideata e realizzata nel 1769, come è riportato in una incisione sulla faccia orientata a Nord insieme alla latitudine di Napoli: «Instrumentum Solare Horarium a Josepho M.^a Cavaliero Barone S.^{cti} Caetani adinventum atque delineatum A.D. 1769 ad Latit: Bor: Neapolis Grad.: 40.50.».

È in argento, con gli spigoli rinforzati con ottone placcato in oro; è custodita in una scatola di legno foderata all'interno con velluto verde ed all'esterno con velluto cremisi, dotata di piccole maniglie e sormontata dallo stemma borbonico, il tutto in argento.

Napoli 1769

Giuseppe Maria Cavaliero

Larghezza 20 cm, altezza 16 cm

II

Strumenti ideati o commissionati da Macedonio Melloni

Banco ottico - Ruhmkorff - Parigi 1840 c.

Macedonio Melloni (1798-1854), partendo da un principio di analogia fra luce e radiazione termica, fu il primo a servirsi di banchi ottici di sua ideazione per le esperienze sul del calore radiante.

Il banco, qui presentato, fu realizzato a Parigi da Ruhmkorff e spedito a Napoli nel luglio del 1842 dal costruttore N.P. Lerebours. Il macchinista Giovanni Bandieri fece, nel 1846, dodici cilindretti di ottone per "l'apparecchio del calorico raggianti di Melloni".

Servendosi di tale banco, Melloni realizzò una serie di esperimenti che gli consentirono di definire molte proprietà del calore radiante e dimostrarne l'identità con la luce.

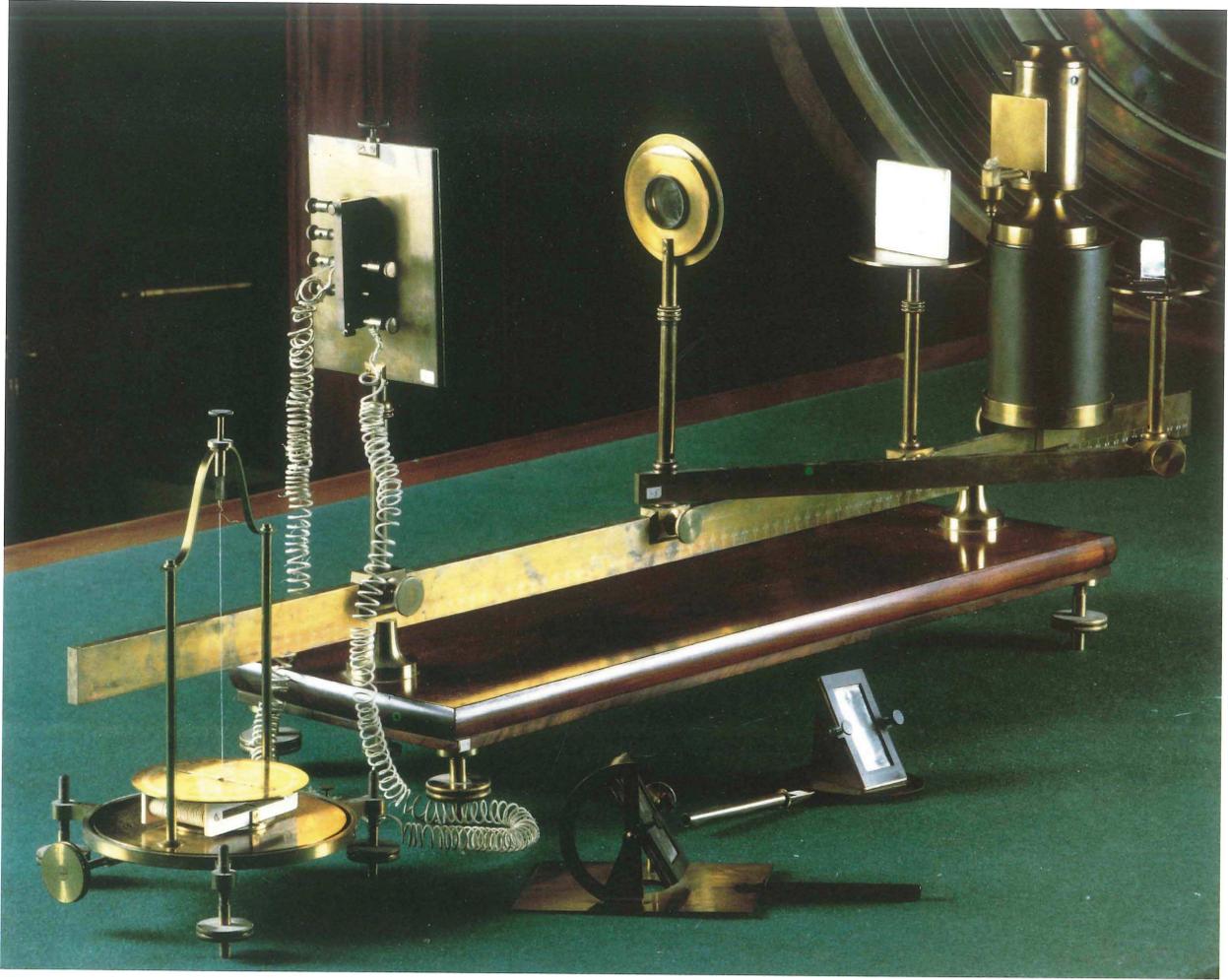
È costituito da una barra di ottone, lunga 1 m e con scala incisa, fissata ad una base di legno di mogano mediante due bulloni. La base, lunga 61 cm e larga 18 cm, poggia su quattro viti calanti. Il banco è dotato di un braccio girevole in un piano orizzontale, sul quale possono essere montati una termopila ed altri elementi necessari per le misure. Altri elementi ancora possono essere disposti su supporti fissati alla barra mediante viti a pressione.

Il corredo del banco è costituito da 46 elementi e comprende, fra l'altro, una serie di schermi di vario genere, diaframmi e fenditure, nonché diversi tipi di sorgenti luminose ed «oscuire», come ad esempio una lampada di Locatelli, un cubo di Leslie, ecc.. Gli schermi servivano ad attenuare, parzialmente o totalmente, il flusso luminoso della sorgente o quello incidente sulla termopila del termomoltiplicatore, un rivelatore sensibile alla variazione di temperatura ideato da Melloni. I diaframmi e le fenditure erano utilizzati per adattare la sezione del fascio di radiazioni agli elementi adoperati.

Tutti gli accessori possono essere riposti in una cassa di legno foderata all'interno di velluto rosso.

Firmato: «Ruhmkorff, rue des Orfèvres, Paris».

Le dimensioni della scatola sono 104x26x17 cm



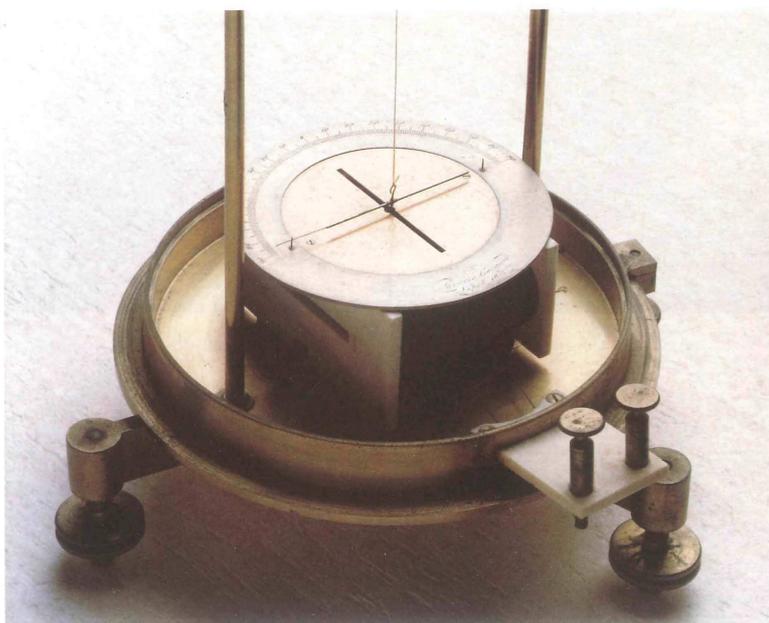
Galvanometro astatico - Gargiulo - Napoli 1857

Il sistema astatico per l'equipaggio mobile dei galvanometri fu ideato nel 1825 da Leopoldo Nobili (1784-1835), che presentò il primo esemplare da lui realizzato alla Società Italiana delle Scienze di Modena. Esso è costituito da due lunghi aghi magnetici uguali, rigidamente collegati, in modo che siano paralleli e rivolgano dalla stessa parte i poli opposti.

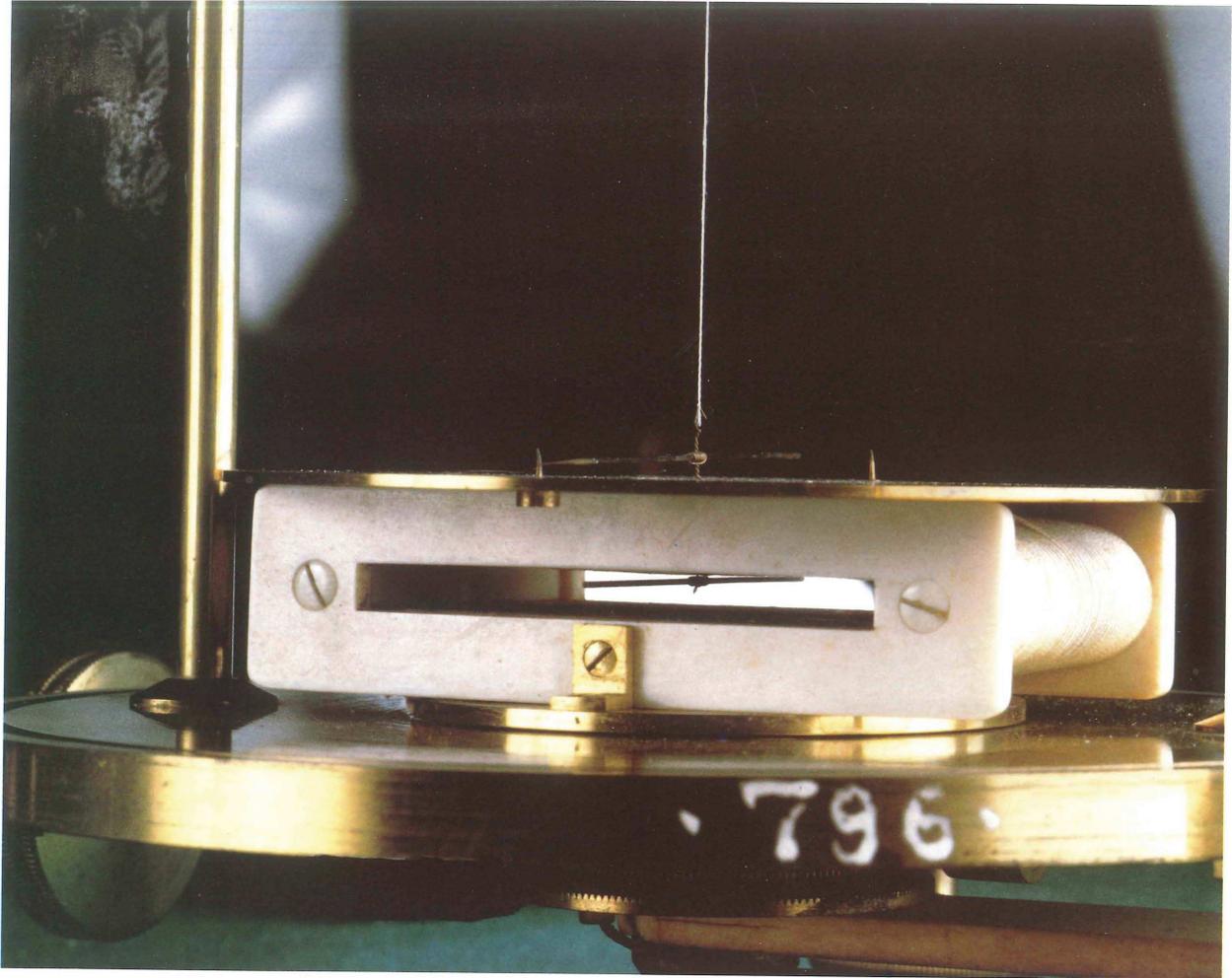
Nel galvanometro astatico il sistema è sospeso ad un lungo e sottile filo di seta per il centro di uno dei due aghi, in modo che quello inferiore sia all'interno di un telaio su cui è avvolto il filo percorso dalla corrente da misurare. L'ago superiore, che funge da indice, è al di fuori della bobina e al di sopra di un disco di rame sul cui bordo è riportata una scala. La piattaforma circolare, su cui poggiano bobina e quadrante, è girevole intorno ad un asse verticale ed è sostenuta da piedi a viti calanti. In tal modo la piattaforma dello strumento è perfettamente posta in un piano orizzontale e gli aghi magnetici allineati perpendicolarmente all'asse della bobina.

Lo strumento è dotato di campana cilindrica di vetro protettiva. Sul quadrante sono incisi i dati relativi al costruttore: «Saverio Gargiulo, Napoli, 1857». Fa probabilmente parte degli strumenti commissionati da Melloni a Gargiulo prima della sua morte.

Napoli, 1857
Saverio Gargiulo
Altezza 26 cm









III
Strumenti ottici

Microscopio composto - Amici - Firenze 1830 c.

Giovan Battista Amici (1786-1863) è stato uno dei più importanti costruttori di strumenti ottici; egli ebbe soprattutto il merito di contribuire notevolmente allo sviluppo del microscopio con l'invenzione dell'obiettivo acromatico a grande apertura e di quello ad immersione. La sua notorietà era tale che il suo laboratorio, sito in Modena sino al 1830 e poi trasferito a Firenze, fu visitato da molte persone illustri; fra queste egli annotò, nel 1825 e nel 1829, il Re e la Regina delle Due Sicilie. In occasione della prima visita egli regalò al Re un microscopio, che nel trasporto a Napoli fu seriamente danneggiato; Amici provvide alla sua riparazione e lo rispedito a Napoli il 10 settembre 1825. Il 25 settembre 1835 il microscopio del re Francesco I viene immesso nel Gabinetto di Fisica, proveniente dal Reale Appartamento.

Durante oltre 45 anni di attività Amici costruì circa 350 microscopi di vari tipi, ma i più richiesti erano quelli acromatici, di cui ne realizzò circa 40, tra il 1826 ed il 1850, sia in configurazione orizzontale sia verticale.

Il microscopio descritto è del tipo acromatico e adotta la disposizione orizzontale del sistema oculare. In effetti un'alternativa al microscopio a visione verticale fu, per un breve periodo, il microscopio a visione orizzontale, il cui fine era quello di facilitare le osservazioni. In tale tipo di microscopio i raggi uscenti dall'obiettivo, che ha l'asse ottico verticale, vengono deflessi in direzione orizzontale mediante un prisma a riflessione totale.

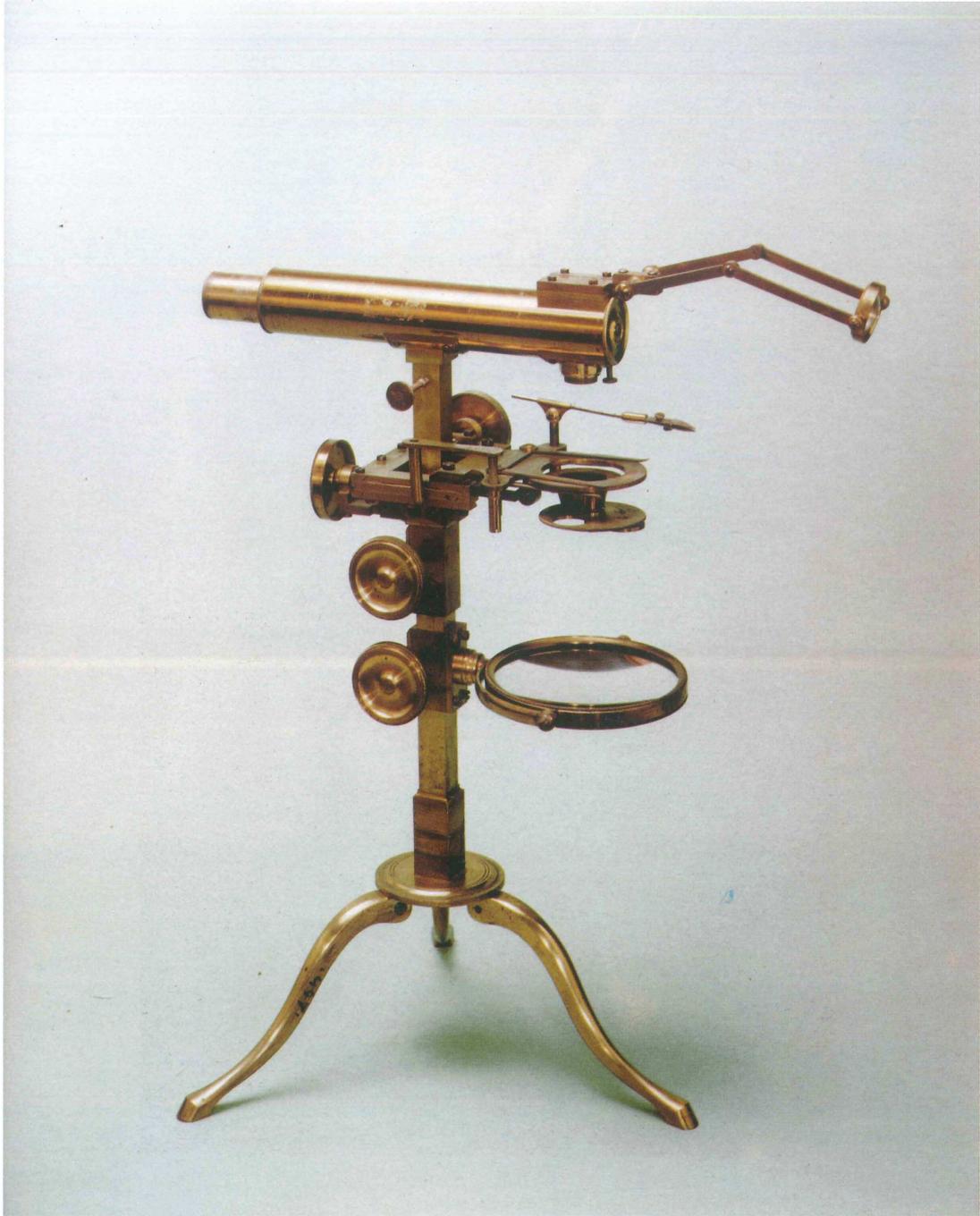
Il preparato si pone su un porta-oggetti, dotato di movimenti orizzontali, per il posizionamento, e verticali per la messa a fuoco; esso può essere illuminato sia con luce incidente, mediante una lente convergente, sia in trasmissione, servendosi di uno specchio concavo.

L'obiettivo è andato disperso.

Firenze 1830 c.

G.B. Amici

Altezza totale 36 cm



Microscopio composto - Dollond - Londra 1800 c.

La caratteristica che distingue questo microscopio è la possibilità di essere orientato nella posizione più comoda per l'osservazione; infatti il tubo del microscopio, il porta-oggetti ed il condensatore per l'illuminazione del campione sono innestati su una barra di ottone che può assumere tutte le possibili orientazioni per mezzo di uno snodo che la collega al treppiede. Tale configurazione fu introdotta dal costruttore George Adams jr. intorno al 1787.

Lo strumento può essere utilizzato sia come microscopio semplice che composto; infatti una piccola lente d'ingrandimento o il tubo del microscopio va innestata, in alternativa, sulla barra mediante un'asta tenuta ferma da una vite a pressione. L'osservazione è possibile sia in luce incidente sia in trasparenza per mezzo, rispettivamente, di una lente convergente e di un condensatore, costituito da uno specchio concavo e da una lente convergente fissati a due slitte scorrevoli a pressione lungo la barra.

L'apparecchio, tutto in ottone, ha in dotazione tre obiettivi intercambiabili e numerosi accessori, e può essere raccolto per intero in una cassetta di legno.

Su uno dei piedi è inciso il nome del costruttore: «Dollond London»

Londra 1800 c.

Dollond

Altezza massima 45 cm





Microscopio composto polarizzante - Amici - Firenze 1845 c.

Tale tipo di microscopio fu ideato da G.B. Amici intorno al 1830. Esso permette lo studio dei cristalli, che vengono illuminati per trasparenza da luce polarizzata.

Il tubo del microscopio può essere spostato parallelamente all'asta verticale di sostegno mediante un sistema a cremagliera per realizzare la messa a fuoco. Il preparato, costituito da un cristallo, è poggiato su di un disco circolare di vetro, disposto al di sotto dell'obiettivo; esso può ruotare completamente su se stesso e intorno a un asse orizzontale di angoli misurabili. Il cristallo riceve dal basso luce fortemente polarizzata per riflessione multipla su di una pila di lastre di vetro sulle quali la luce cade con incidenza di 55 gradi (angolo di Brewster per il vetro). Se il cristallo è birifrangente, se ne può così studiare l'anisotropia ottica.

L'apparecchio è corredato di una nota di istruzioni autografa di Amici, non datata, ma in cui egli fa riferimento, per una succinta descrizione del funzionamento dello strumento, agli "Annales de Chimie et de Physique" del settembre 1844.

Firenze 1845 c.

G.B. Amici

Altezza 47 cm



Microscopio acromatico di Chevalier - Clarke - Londra 1835 c.

È uno dei primi microscopi ad adottare un obiettivo acromatico, ideato nel 1825 da Victor Chevalier, come è riportato nell'iscrizione incisa sul tubo del microscopio stesso:

"Microscope achromatique perfectionné par Vincent Chevalier Ing. Opt. Brev. Quoi de l'Horloge 69 Paris. Sold by E.M. Clarke 128 Strand London".

Su una cassetta di legno, che ha la duplice funzione di custodia e di base per l'apparecchio, si avvita un'asta di ottone, che funge da sostegno allo specchio condensatore, al porta-oggetti ed al tubo del microscopio, che può essere facilmente sfilato dall'anello che lo sostiene. Mentre l'obiettivo è avvitato all'estremità inferiore del tubo, l'oculare è sfilabile e può essere facilmente cambiato. La messa a fuoco si realizza mediante spostamento del porta-oggetti e il campione può essere illuminato sia in trasparenza sia in luce diretta. Il microscopio è corredato di due oculari intercambiabili mentre l'obiettivo è unico.

Fu immesso nel Gabinetto Reale nel dicembre 1841, insieme ad altri strumenti spediti da Londra dal costruttore E.M. Clarke.

Londra, 1835 c.

E.M. Clarke

Altezza totale 35 cm





Eliostato - Gambey - Parigi 1840 c.

Nel secolo scorso, quando non erano disponibili intense sorgenti di luce artificiali, era usata spesso la luce solare negli esperimenti di ottica. Il modo più semplice per ottenere un fascio di luce in laboratorio era quello di porre uno specchio all'esterno di una finestra, il quale, attraverso un foro nell'imposta della finestra stessa, rifletteva i raggi solari all'interno. Per tener conto del movimento del sole e mantenere costante la direzione della luce riflessa nel laboratorio, lo specchio era sostenuto da un supporto mobile comandato da un movimento a orologeria. Il meccanismo è in grado di muovere lo specchio seguendo il movimento apparente del sole per varie ore.

Lo strumento presentato fu immesso nel Gabinetto Reale nell'agosto del 1841, insieme a quattro bussole spedite da Parigi dal costruttore Gambey.

Firmato: "Gambey à Paris".

Parigi, 1840 c.

Henry Prudence Gambey

Altezza 50 cm





IV

Strumenti di rilevazione e di misura

Bussola marina - Gregory & Wright - Londra inizi dell'800

La bussola è costituita da una scatola cilindrica di ottone, sostenuta da una sospensione cardanica all'interno di una cassetta di legno. Ciò consente alla bussola di mantenersi costantemente orizzontale malgrado le oscillazioni a cui è sottoposta la cassetta. Al centro della scatola è fissato un perno su cui è sospeso l'ago magnetico della bussola. Su di esso è incollato un disco di carta, dove è riprodotta la rosa dei venti.

La bussola è firmata dai costruttori londinesi Gregory & Wright.

Londra, inizi dell'800

Gregory & Wright

Altezza della cassetta 17 cm



Sestante - Troughton & Simms - Londra prima metà dell'800

Il sestante serve a misurare l'altezza del sole, o di una stella, rispetto all'orizzonte. Uno specchio e un cannocchiale sono rigidamente collegati fra loro e fissati a un supporto a forma di settore circolare, su cui è riportata una scala graduata in palladio. Su di essa scorre un'alidada, cui è solidale un secondo specchio. Tenendo lo strumento per un'apposita impugnatura lo si dispone verticalmente e muovendo l'alidada si fa in modo che attraverso il cannocchiale appaiano allineati la linea dell'orizzonte e l'immagine dell'astro, ottenuta per doppia riflessione sullo specchio fisso e su quello mobile.

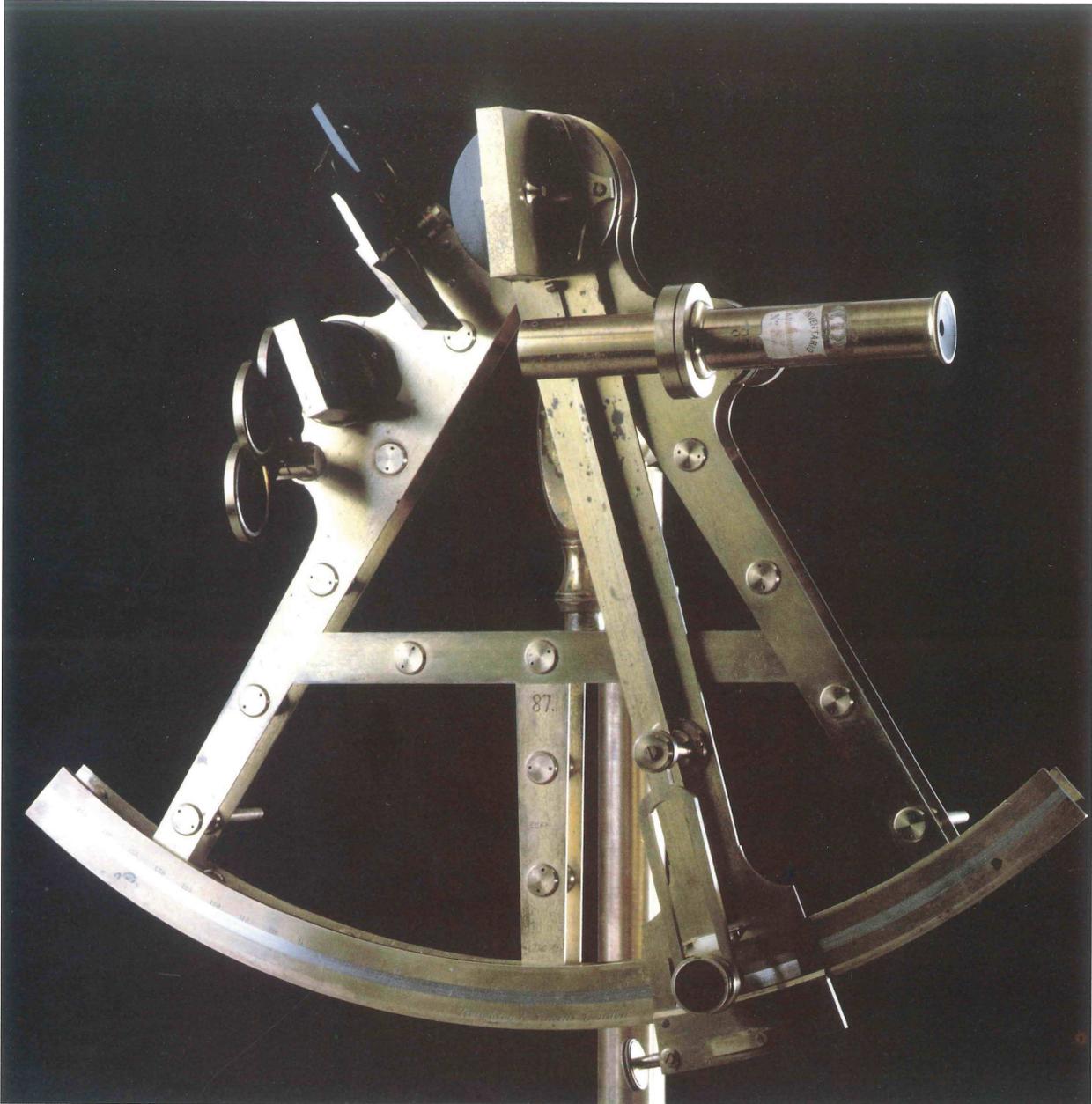
Lo strumento è custodito in una scatola di legno sagomata ed è firmato: "Troughton & Simms, Opticians & Mathematical Instrument Makers to the Honourable Board of Ordnance, London".

Londra, prima metà dell'800

Troughton & Simms

Raggio del settore circolare 20 cm circa





Calibro degli artiglieri - Napoli primo quarto XIX secolo

Lo strumento veniva usato dagli ufficiali di artiglieria per misurare il calibro dei propri cannoni ed il diametro dei proiettili. Lo strumento è interamente in ottone tranne le due punte, che sono in ferro per preservarle da deformazioni e rapida usura.

Napoli, primo quarto XIX secolo

Firmato: "Gen. Galiani inc. Napoli

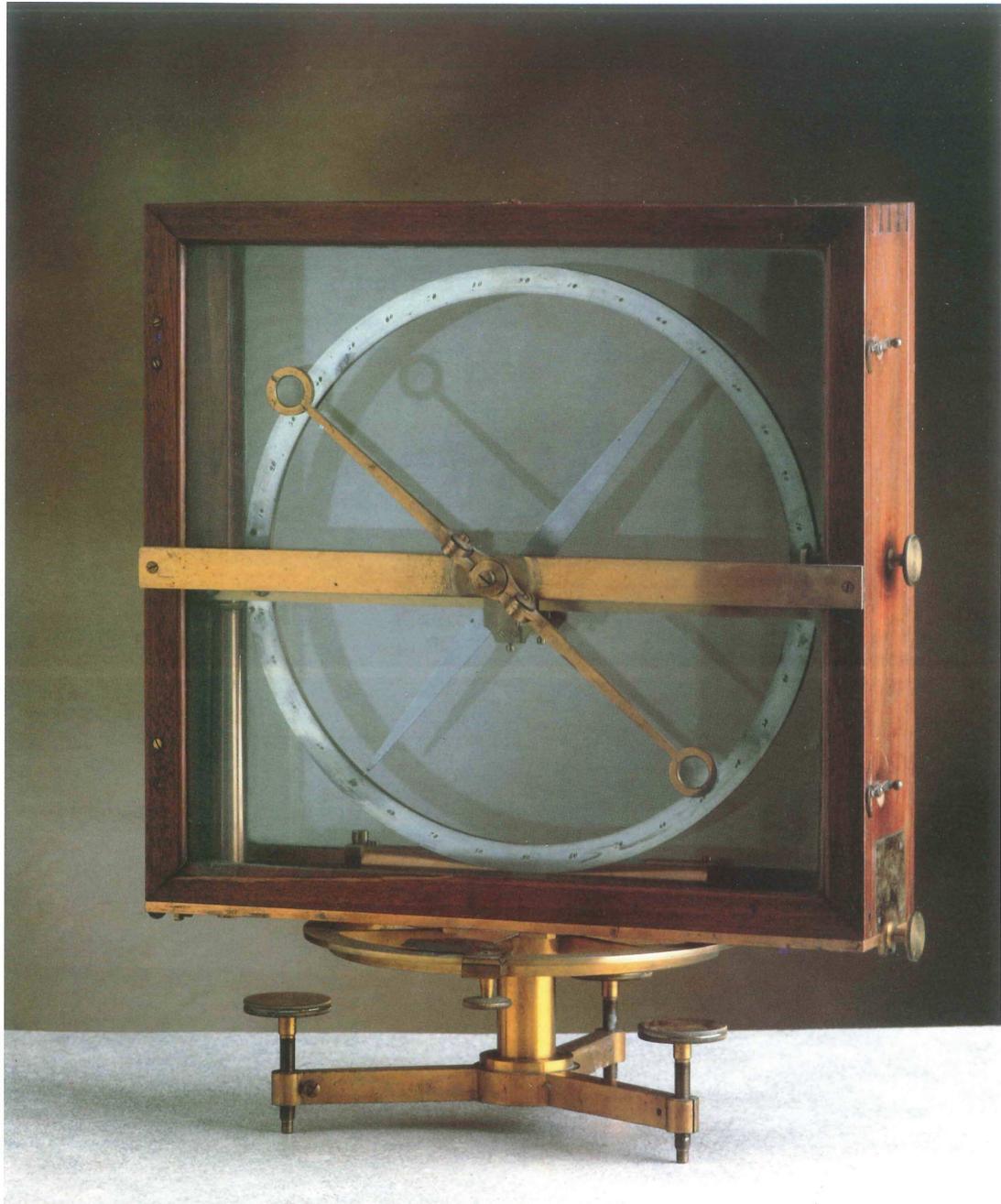
Gio. de Sterlich Cap. di Vascello

Per uso della Reale Mar.na"

Lunghezza 18 cm







Bussola di inclinazione - Gambey - Parigi 1840 c.

Con questo apparecchio si determina l'inclinazione magnetica, ovvero l'angolo che la direzione del campo magnetico terrestre forma con il piano dell'orizzonte.

Un ago magnetico lungo 24 cm può ruotare in un piano verticale all'interno di un cerchio graduato. Quest'ultimo è fissato a un supporto d'ottone che, a sua volta, può ruotare orizzontalmente. Per una precisa misura occorre dapprima determinare il piano meridiano magnetico del luogo. Questo si ottiene ruotando il supporto finché l'ago non si disponga verticalmente (in tale posizione è nulla la componente orizzontale del campo magnetico terrestre) ed effettuando poi una rotazione di 90° per disporre il cerchio graduato nel piano del meridiano magnetico così determinato. L'inclinazione magnetica si legge sul cerchio graduato.

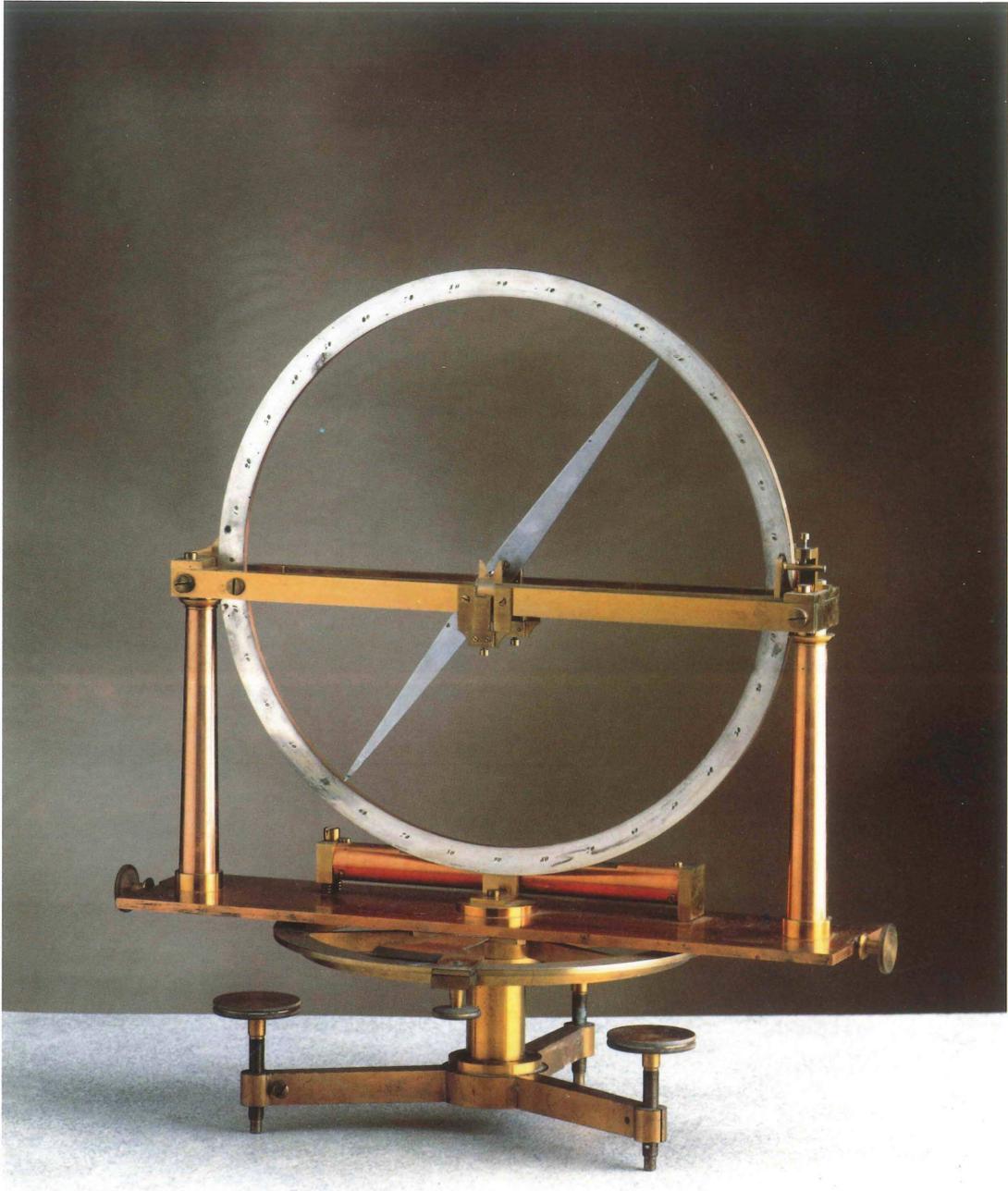
Lo strumento è racchiuso in una teca di legno e vetro, attraverso cui si effettuano le misure; in tal modo esso è preservato dalle perturbazioni dell'ambiente esterno. Il supporto è dotato di livella a bolla e piedi con viti calanti per un preciso posizionamento nel piano orizzontale.

Tra il 1841 e il 1843 essa fu riparata, per 3 ducati, dal costruttore Bonaventura Bandieri, in quanto presentava un difetto nell'asse grande di rotazione.

Parigi, 1840 c.

Henry Prudence Gambey

Altezza 30 cm



Bussola di declinazione - Gambey - Parigi 1840 c.

Lo strumento serve per la misura della declinazione del campo magnetico terrestre, ovvero dell'angolo formato dal meridiano magnetico del luogo con quello geografico. La rilevazione si effettua determinando, su un cerchio graduato, l'angolo compreso tra la direzione del campo magnetico e l'azimuth di una stella.

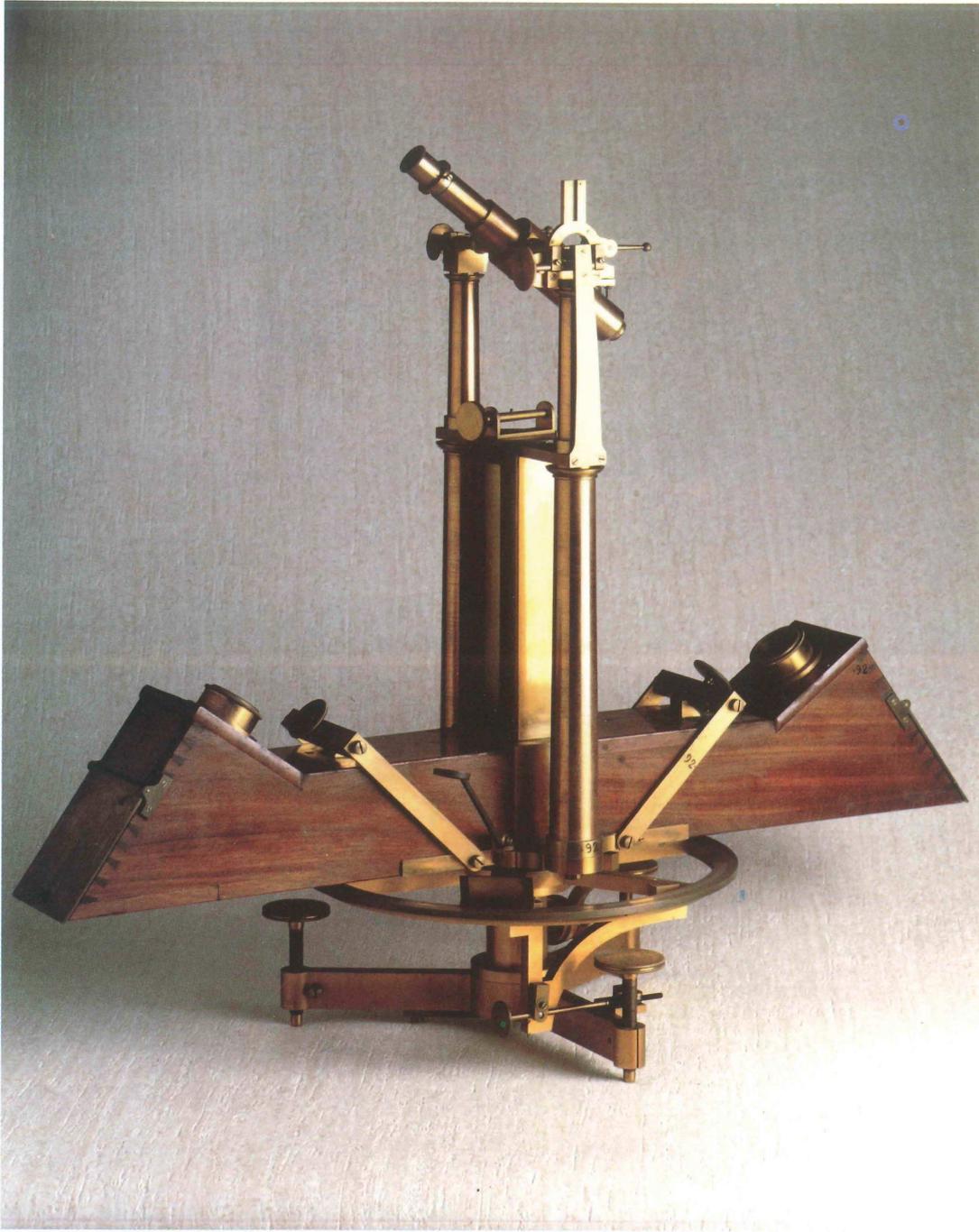
La bussola si compone di un cerchio graduato, che può ruotare sul piano orizzontale, cui sono fissate due colonnine di rame; alla loro sommità è sospesa, mediante un fascio di fili di seta, una lunga barra magnetica. Un cannocchiale, posto al di sopra delle colonnine e libero di ruotare in un piano verticale, serve per trarre sia un astro di riferimento sia le estremità della barra magnetica. Mediante le rotazioni del cerchio graduato si determina la declinazione magnetica del luogo, dall'angolo tra l'azimuth dell'astro e la direzione della componente orizzontale del campo magnetico terrestre.

Una cassa di legno smontabile, dotata di piccole aperture chiuse da vetri per rilevare la posizione della barra magnetica, la racchiude completamente per preservarla dai moti dell'aria.

Parigi, 1840 c.

Henry Prudence Gambey

Lunghezza 60 cm, altezza 50 cm



Bussola delle variazioni - Gambey - Parigi 1840 c.

Lo strumento serve per la misura delle piccole variazioni diurne della declinazione del campo magnetico terrestre.

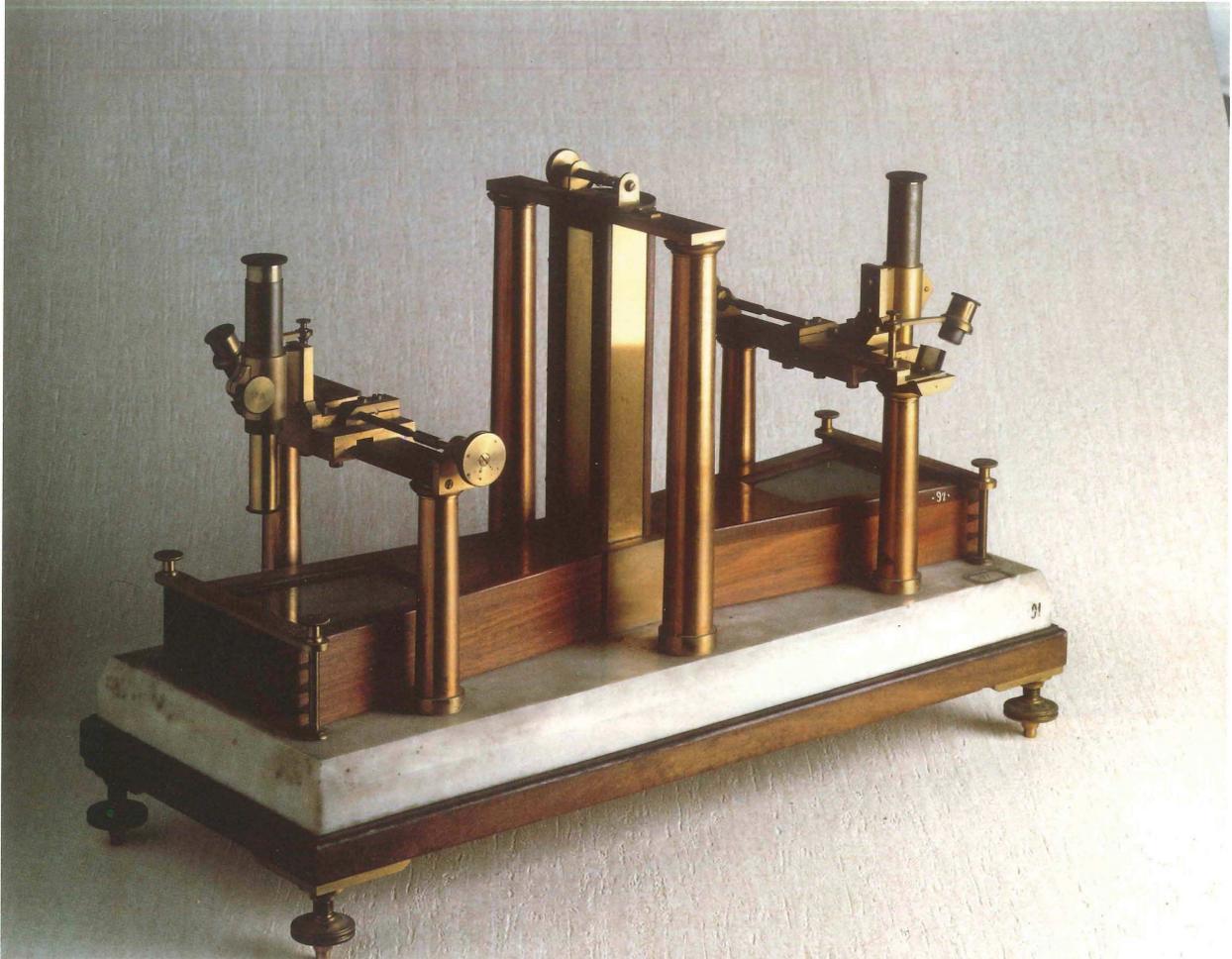
Una barra magnetica lunga circa 60 cm, che porta alle estremità due placchette d'avorio con una scala incisa, è sospesa mediante un fascio di fili di seta all'interno di una scatola di legno, per essere preservata dai moti dell'aria. Le piccole rotazioni della barra, dovute alle variazioni diurne della declinazione magnetica, sono rilevate, attraverso finestre di vetro, da due microscopi, montati su regoli graduati. Essa veniva utilizzata insieme alle altre bussole di Gambey per le rilevazioni e gli studi sul campo magnetico terrestre.

Firmata: Gambey à Paris.

Parigi, 1840 c.

Henry Prudence Gambey

Lunghezza 70 cm, altezza 30 cm



V

Strumenti per un didattico

Globo di Nobili

Per simulare il campo magnetico terrestre si sfrutta l'equivalenza tra magneti permanenti e spire percorse da corrente elettrica. Leopoldo Nobili (1784-1835) ideò questo apparecchio costituito da un filo di rame avvolto lungo i paralleli di un globo di materiale isolante. Se si collegano gli estremi dell'avvolgimento con una batteria, la corrente elettrica, che circola nel filo, crea un campo magnetico lungo l'asse dell'avvolgimento, che può essere evidenziato con un semplice ago magnetizzato. Lo strumento è sostenuto da una staffa collegata a uno stelo di ottone fissato a un treppiede in metallo verniciato.

Attribuito a E.M. Clarke, Londra 1840 c.
Altezza 44 cm



Pirometro a dilatazione - Pixii - Parigi 1830 c.

Per le misure di alte temperature si utilizzano particolari strumenti detti pirometri; il principio di funzionamento di alcuni di essi si basa sulla dilatazione termica dei metalli, come in quello qui illustrato. Infatti l'allungamento di una sottile asta di metallo, dovuto alle variazioni di temperatura, viene amplificato da un sistema di leve e trasmesso a un indice mobile lungo una scala di porcellana a forma di corona circolare.

Il sistema è fissato su di una lastra di marmo posta su una base di legno dotata di un piccolo cassetto, in cui sono custodite varie aste di metalli diversi.

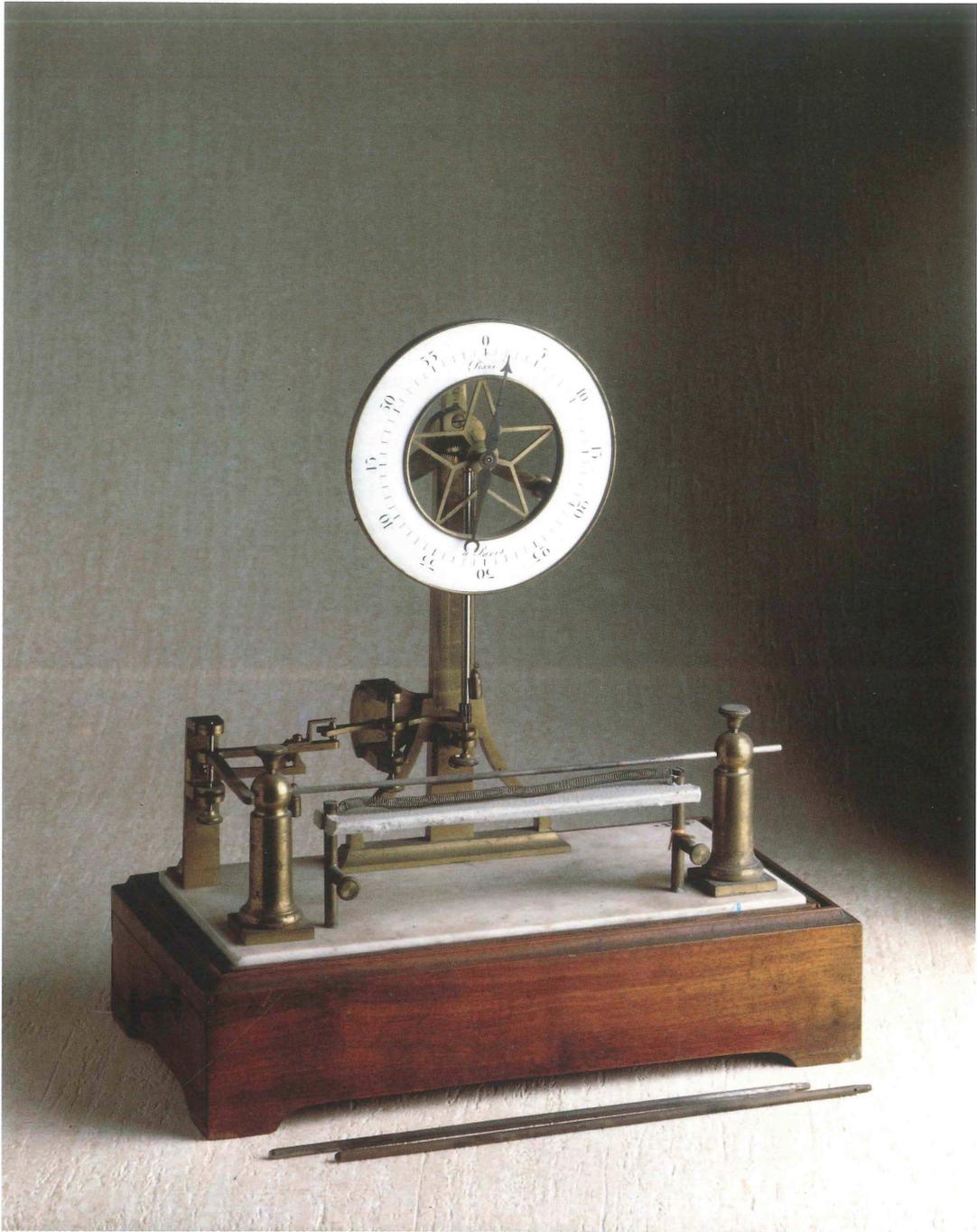
Lo strumento è stato successivamente modificato con l'aggiunta di un sistema per il riscaldamento dell'asta realizzato con un filo metallico percorso da corrente elettrica. In tal modo è possibile studiare la dilatazione dei metalli con la temperatura: dilatometro.

Firmato: Pixii à Paris

Parigi, 1830 c.

Antoine Hippolyte Pixii

Altezza 35 cm



Bilancia idrostatica - Bandieri - Napoli 1845

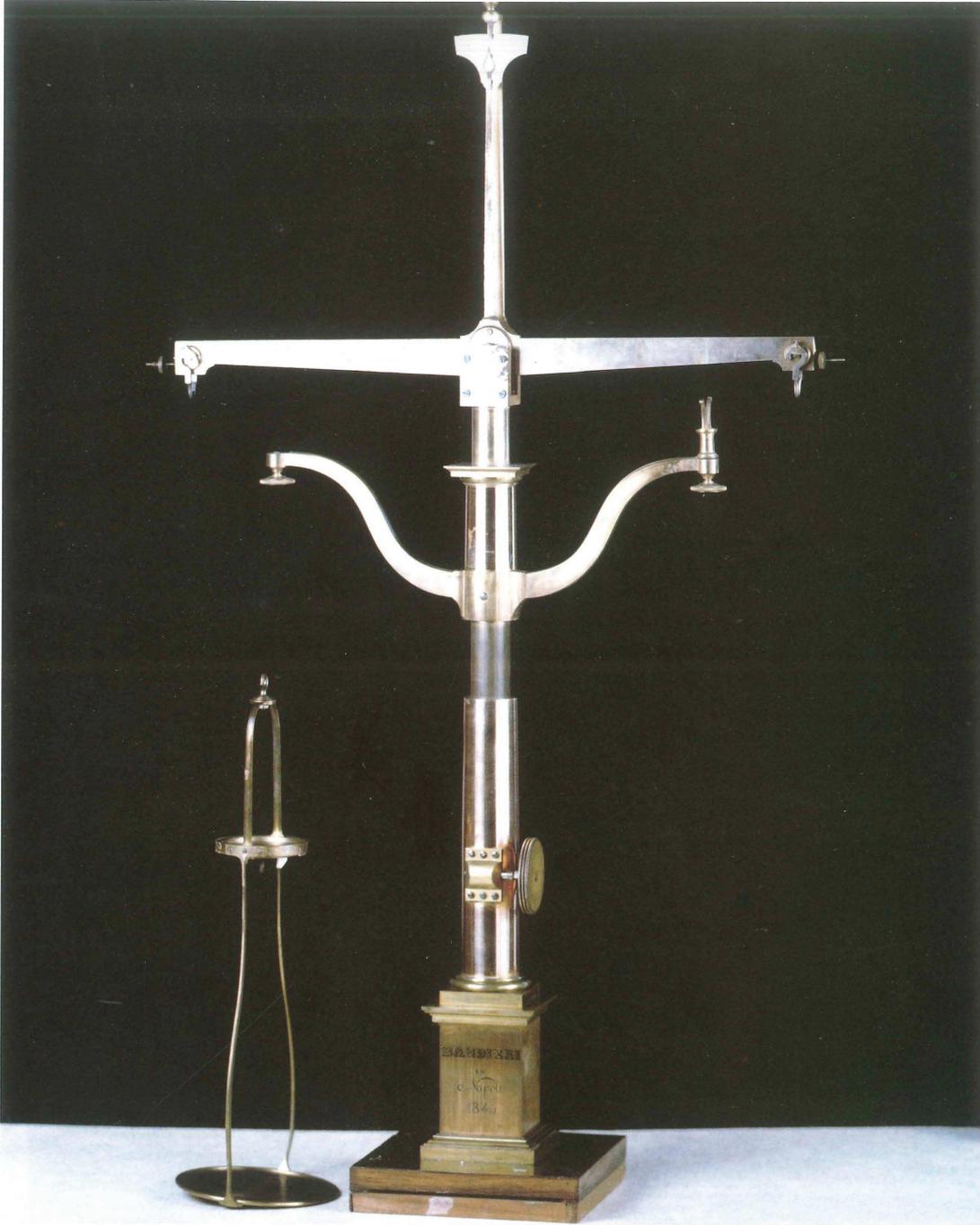
Bonaventura Bandieri ebbe nel 1842 l'incarico di costruire una bilancia idrostatica, che fu consegnata al Gabinetto Reale nel dicembre del 1845 dietro il pagamento di 898 ducati. Giacomo Maria Paci, direttore del Gabinetto, nel prenderla in consegna così la descrive: "(Bandieri) ha saputo riunire quanto l'arte e la scienza poteano suggerirgli per congiungere l'eleganza alla perfezione e render così il suo lavoro degno di questo Real Gabinetto; meritevoli di particolare attenzione sono il moto ascendente dell'intero sistema, la correzione agli estremi delle braccia di leva. Essa è migliore della bilancia docimastica della Regia Zecca e di quella dell'Università, costruita a Parigi da M. Le Conte ed è la migliore di quelle costruite a Napoli per sensibilità e precisione".

Fu inviata all'Esposizione Universale di Londra del 1862.

Il funzionamento della bilancia idrostatica si basa sul principio d'Archimede, secondo il quale il peso di un corpo immerso in acqua è pari al suo peso in aria diminuito del peso dell'acqua spostata. Essa permette, quindi, di misurare il volume dei corpi solidi e la loro densità.

Lo strumento è costituito da una bilancia a bracci uguali montati su una robusta colonna. All'esemplare descritto manca uno dei due piatti, che fu sostituito con una carrucola per trasformarlo in bilancia di Poggendorff, atta allo studio della "forza d'inerzia". Il piatto rimasto è in effetti un doppio piatto, in cui quello inferiore è smontabile, mentre quello superiore è munito di un gancio per la sospensione dei corpi in misura.

Napoli, 1845
Bonaventura Bandieri
Altezza 97 cm



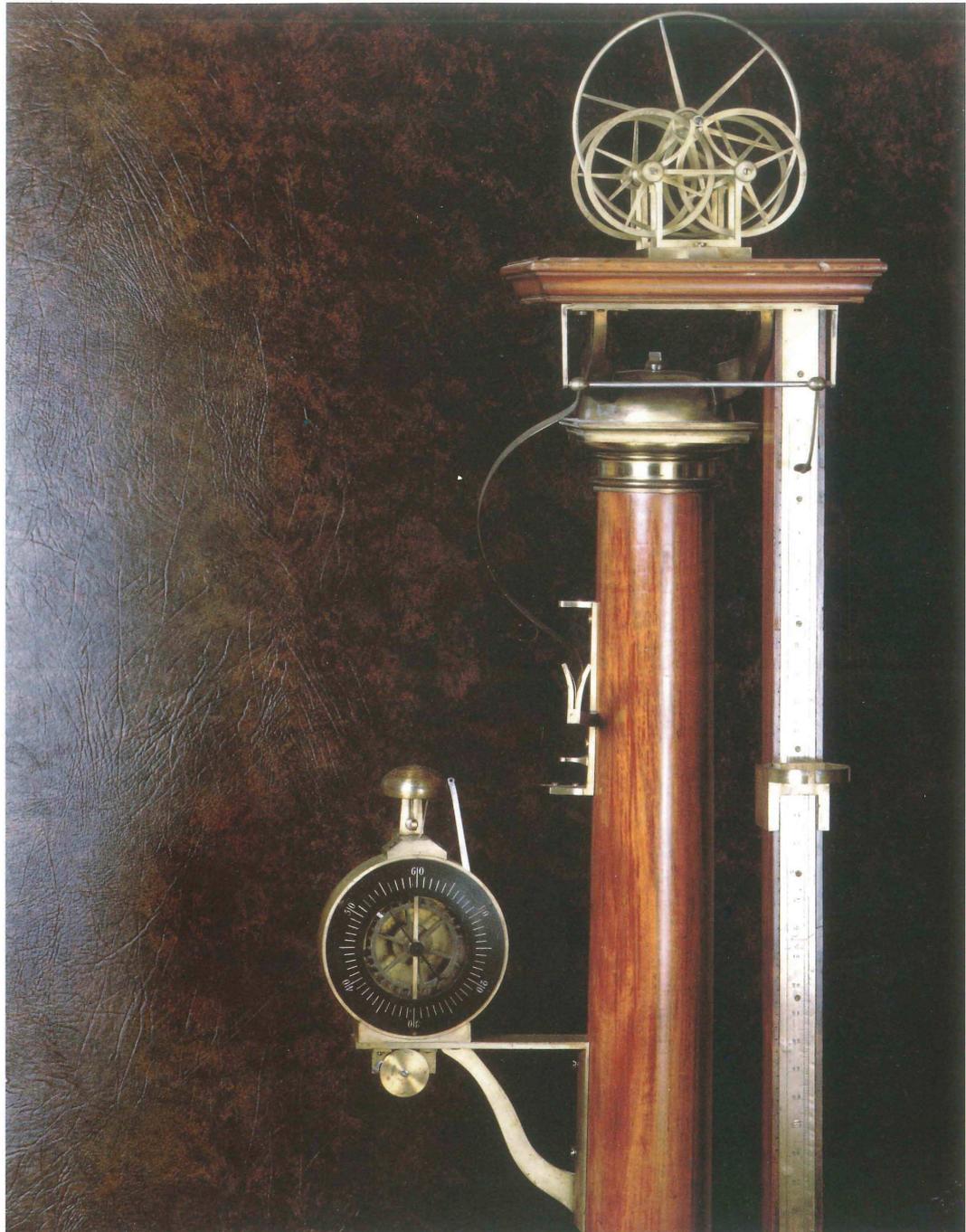
Macchina di Atwood - Fortin - Parigi 1825 c.

Fu ideata da George Atwood (1746-1807), professore di chimica al Trinity College di Cambridge, per studiare la legge oraria dei moti uniformemente accelerati.

Questo esemplare, costruito e firmato da Nicolas Fortin (1750-1831) a Parigi, fu definito ben fatto dal famoso fisico Arago in una lettera che ne accompagnava la spedizione, curata da N.P. Lerebours nel luglio del 1842. Nel 1851 il direttore del Gabinetto Reale, Giacomo Maria Paci, propose al marchese Luigi Imperiali, direttore della Reale Biblioteca, la riparazione della "macchina per la discesa dei gravi di Atwood" per 17 ducati da parte di Giovanni Bandieri: "... la base è aperta nelle connessioni e così il corso di legno ... il regolo di legno che sostiene la scala graduata storto, i pezzi di ottone macchiati dalla polvere e dalle mosche."

Lo strumento è costituito da una colonna di legno, alla cui sommità vi è una puleggia in ottone, nella cui gola passa un filo recante ai due estremi due piattelli circolari identici, che possono essere variamente zavorrati. Un pendolo contasecondi è fissato sulla parte superiore della colonna. Se si pone una massa su uno dei due piattelli, questo inizia a scendere mentre l'altro sale. In queste condizioni la forza motrice è costante, come anche l'accelerazione, che però è inferiore a quella di gravità. Se si misurano gli spazi, lungo un regolo verticale fissato sulla colonna, e i tempi, si verifica la legge oraria del moto uniformemente accelerato. Se si fa scorrere il filo senza masse aggiuntive, quindi con forza motrice nulla, si ha un moto uniforme. L'apparecchio ha in dotazione una doppia serie di masse custodite in un cassetto di legno rivestito internamente di velluto verde.

Parigi, 1825 c.
Nicolas Fortin
Altezza 247 cm







Modello di locomotiva a vapore - Stephenson - Newcastle 1840

Il 3 ottobre del 1839 fu inaugurata la prima linea ferroviaria italiana, che collegava Napoli con Portici. Essa fu realizzata a proprie spese, in cambio di una concessione, dall'ing. francese Armand Bayard de la Vingtrie, mentre i vagoni furono costruiti a Napoli e le locomotive acquistate dalla società Longridge Starbuck e Co. di Newcastle-Upon Tyne, "fatte a somiglianza delle più perfette del celebre Robert Stephenson".

Un modello della locomotiva fu inviata dai "Sig. i Robert Stephenson e Comp. i di Newcastle sul Tyne a Sua Maestà il re delle Due Sicilie" come recita una nota di accompagnamento "sul miglior modo di far camminare la macchina locomotiva brevettata con cilindri da fuori".

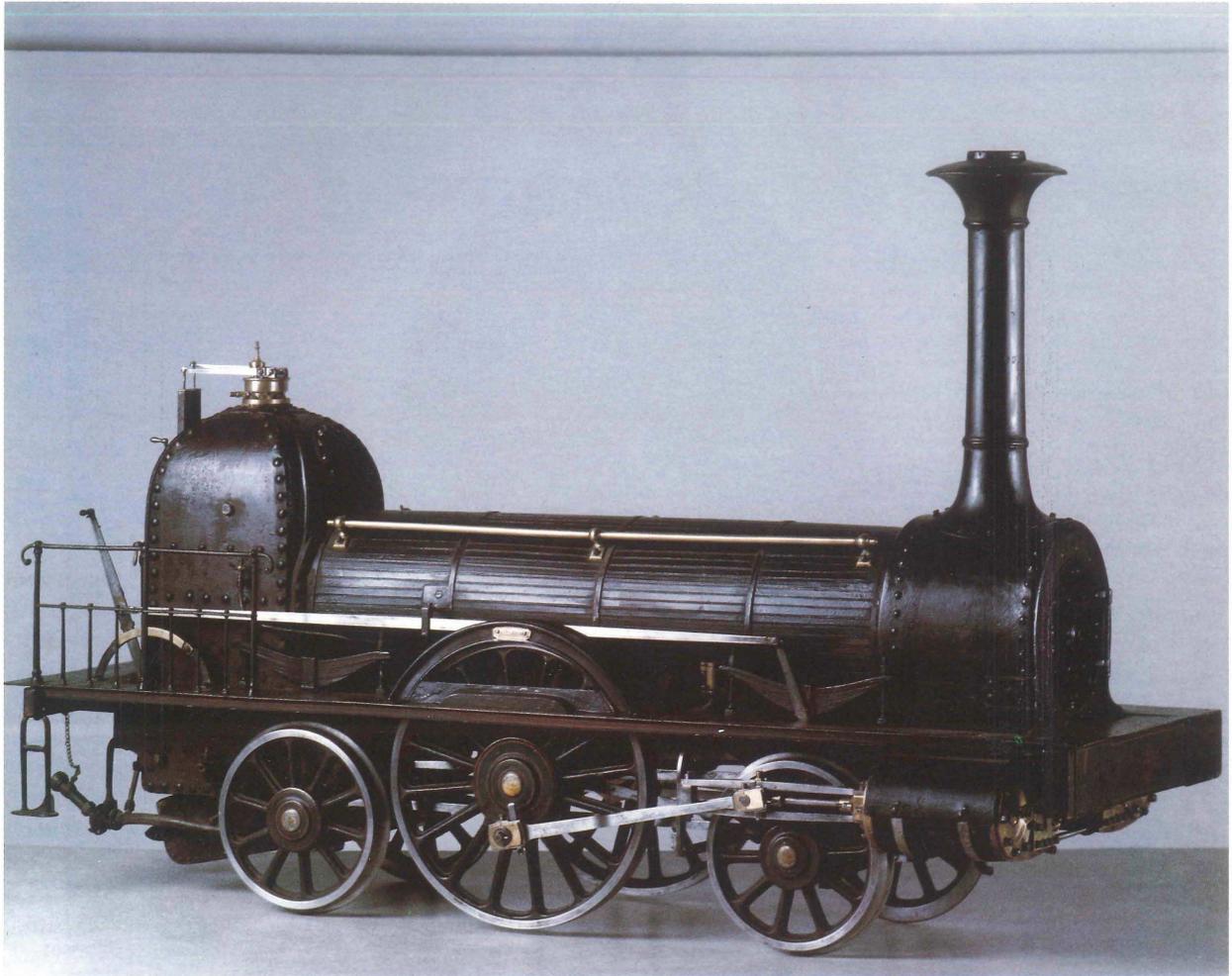
Il modello di locomotiva, che faceva parte dell'arredamento dell'Appartamento Reale, passò al Gabinetto di Fisica il 29 novembre 1843.

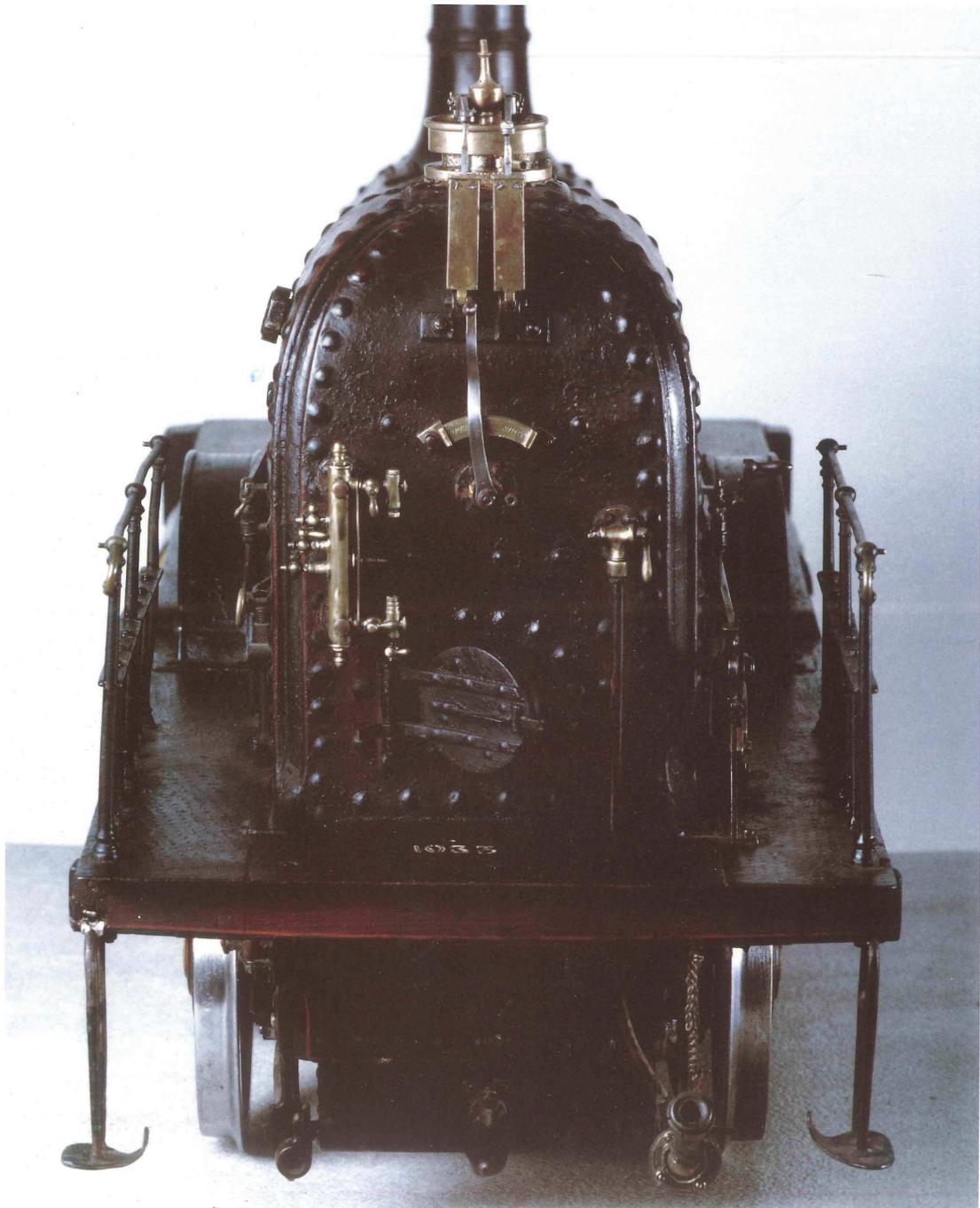
È un esempio di modellismo industriale molto in voga nel XIX secolo, il cui fine era quello di riprodurre in scala ridotta le conquiste realizzate dalla tecnica.

Newcastle sul Tyne, 1840 c.

Robert Stephenson & Co.

Lunghezza 87 cm





Presentazione del Catalogo informatico del Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche

In questa occasione ci sembra opportuno presentare il catalogo informatico del Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche, che si può consultare via Internet nel server WWW dell'INFN-DSF di Napoli all'indirizzo: <http://www.na.infn.it/>.

Perché, nel momento in cui si presentano in modo «reale» strumenti di una collezione, viene presentato il Museo «virtuale»?

Qualunque esposizione di oggetti, se non ci si vuole limitare alla mera stimolazione della vista per mezzo di forme e colori, risulta sterile se non è accompagnata dalle notizie storiche, biografiche e relative alla funzione degli oggetti stessi. Questo è soprattutto vero per una mostra di strumenti scientifici, in cui le forme e i colori possono essere attrattivi, gradevoli e anche in parte soddisfacenti per il fruitore, ma non possono esaurire le motivazioni di chi cura la loro esposizione.

Uno strumento scientifico porta con sé molte informazioni, legate all'epoca di realizzazione, al costruttore e alla finalità d'uso; in particolare notiamo quanto la forma e il materiale di cui l'oggetto è costituito siano indicative del gusto artistico dell'epoca, nonché della capacità economica di chi l'ha commissionato. Si notino le diversità nella forma dei sostegni, delle manopole o delle custodie, come anche nella scelta dell'ottone, dell'argento o dell'oro. Inoltre rivestono particolare importanza: la tecnologia impiegata nella realizzazio-

ne degli strumenti, che è quasi sempre la più avanzata dell'epoca; il principio di funzionamento, legato allo stato delle conoscenze scientifiche; la destinazione d'uso sia didattico sia, soprattutto, scientifico, indice dello sviluppo della ricerca.

Allora ci si rende conto che l'esposizione degli strumenti deve essere accompagnata da mezzi d'informazione diversi, che mirino alla massima completezza d'informazione. Il primo livello è costituito da pannelli descrittivi ed esplicativi, il secondo è costituito da filmati e il terzo, che potremmo dire interattivo, basato su simulazione di esperimenti. Ma non sempre in una esposizione, soprattutto se occasionale, si può raggiungere questa multimedialità; si pensi alla densità di informazioni che dovrebbe avere un pannello, al problema del livello di conoscenze cui deve far riferimento sia un filmato, per non essere né noioso né astruso, sia un esperimento simulato, per essere comprensibile. Allora ci viene in aiuto l'informatica con cataloghi ipertestuali e ipermediali. Il loro indubbio vantaggio è nell'interattività di tali sistemi, ovvero nella possibilità per l'utente di scegliere e definire il percorso in base alle proprie conoscenze o curiosità o gusti o alla disponibilità di tempo.

Il catalogo che presentiamo è un saggio dell'ipertesto che stiamo sviluppando per accompagnare le nostre esposizioni e mostre tematiche. Per

sua natura non può mai considerarsi compiuto, ma segue giorno per giorno lo sviluppo del Museo nella catalogazione, nello studio, nella ricerca storica e documentale. Accanto alle informazioni relative alla struttura del Museo, alle iniziative realizzate e programmate, è riportata la storia della Collezione, costantemente aggiornata nei dati storici. Gli strumenti, divisi sia su base storica sia per categorie, sono ampiamente descritti e accompagnati da molti riferimenti; particolare rilievo è stato dato al corredo di foto, perché esse devono essere sia attraenti sia descrittive. Un'idea di ciò che questo catalogo è, al primo livello, si ha dalle schede, che accompagnano gli strumenti esposti nella mostra, e che sono da esso mutate.

Perché presentarlo qui, dunque? Il Museo

«virtuale», come potrebbe chiamarsi un catalogo computerizzato, pensiamo vada vissuto in uno con il Museo «reale», anche se ciò può avvenire in tempi diversi. Il piacere e la curiosità di guardare oggetti nelle loro dimensioni fisiche, la lettura di pannelli, la visione di video e la partecipazione a un'esperimento devono stimolare una richiesta di maggiore informazione; non a caso nelle sale dei più importanti Musei sono sempre più presenti schermi attraverso cui chiedere e ricevere ulteriori notizie sugli oggetti esposti. D'altra parte pensiamo che debba avvenire anche il viceversa; il catalogo deve spingere a ricercare, riconoscere, guardare gli oggetti nella loro fisicità, non può né deve essere esaustivo.

GIOVANNI PATERNOSTER

Allestimento

Negli anni '30 del sec. XIX, nel Palazzo Reale, viene realizzato dal Passaro la Rimessa delle Carrozze, rettificando e riallineando la sagoma del precedente edificio sanfeliciano. Il risultato è uno spazio di alta qualità formale, giocato sul ritmo delle colonne neo-doriche in pietra, di recente restaurato.

Dobbiamo però attendere la definitiva sistemazione di Gaetano Genovese che, nell'imporre un ritmo unico alle finestre del braccio meridionale, modifica anche quelle della Rimessa delle Carrozze, contraddicendo la scansione dello spazio suggerito dalle colonne.

Ed è questo il luogo, interno a Palazzo Reale, scelto per realizzare l'allestimento della mostra «Le macchine del Re».

Il Palazzo Reale, che è da sempre una delle architetture più significative della città, un luogo che ancora suscita un interesse crescente, per il ruolo avuto negli ultimi anni nella rinascita culturale di Napoli, è sede e oggetto stesso della mostra. E in alcune sue sale al secondo piano le macchine esposte in mostra venivano utilizzate e custodite. Ciò realizza un insieme di interessi: quello legato al monumento e quello legato alla storia degli oggetti esposti.

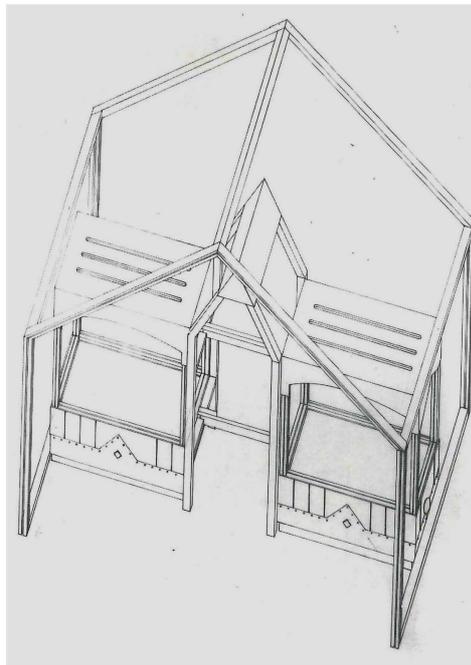
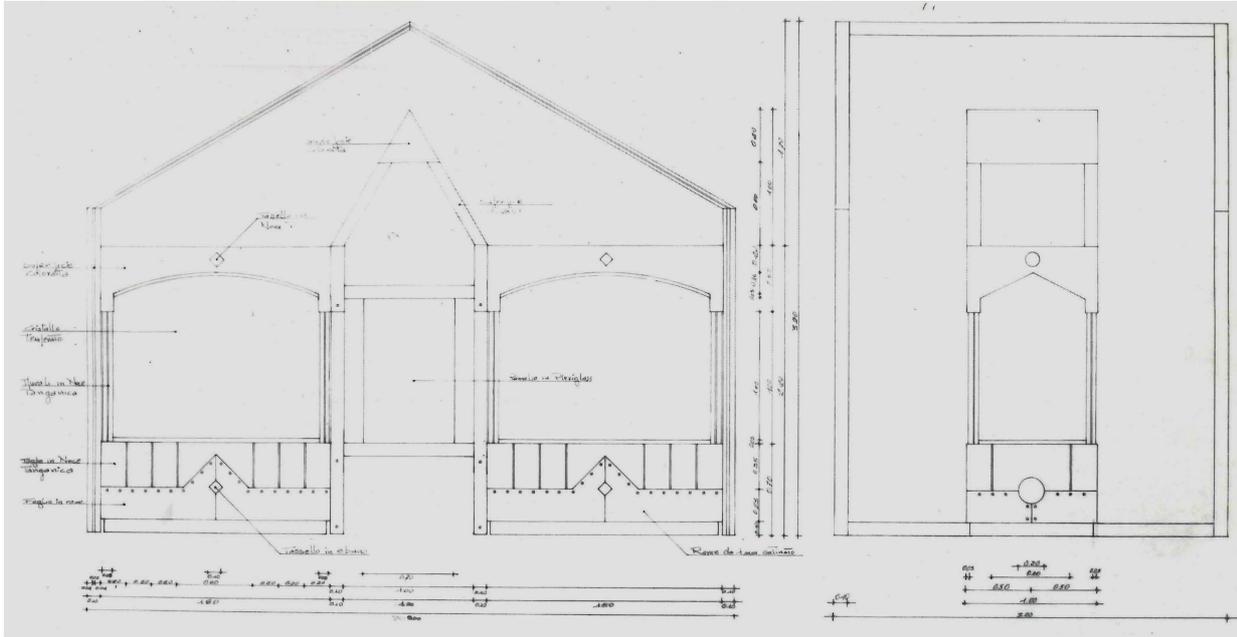
La sala di esposizione con le sue colonne doriche suggerisce un allestimento sobrio che, avvolgendo

il visitatore lungo il percorso, gli permette di entrare nell'itinerario espositivo e parallelamente di cogliere la configurazione dello spazio architettonico. Ed è per questo che si punta sulla trasparenza degli involucri espositivi: le teche, che unite a gruppi di due da una struttura «aperta» e inserite tra l'intercolonne, lasciano libera la sala permettendo la lettura dello spazio nel suo insieme.

A questa percezione è affidato il dialogo istituito tra il percorso espositivo e la sala che lo include, e a questa compresenza, del monumento e di un'architettura provvisoria, estranea ad essa, si deve la suggestione dell'allestimento che è partecipe della bellezza della sala; e questo, parimenti, deve la propria contingente fruibilità all'occhio del visitatore, che vive la doppia emozione percettiva con lo sguardo rivolto ora all'insieme del monumento ora all'immagine specifica presente nell'esposizione, in un continuo rimando di emozioni ricettive che ne moltiplicano la reciproca efficacia.

Nelle teche sobrie ed essenziali, che accolgono il materiale espositivo, ritroviamo i colori e le tonalità degli oggetti esposti, in un mutuo scambio di informazioni che intercorre tra questi senza interferire con lo spazio della sala, ma rispettando la sua severa monumentalità.

TOBIA DI RONZA



INDICE

<i>Giuseppe Zampino</i>	p. 7
<i>Giulio Raimondi</i>	9
<i>Sergio Patricelli</i>	11
La Collezione Reale nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche <i>Edvige Schettino</i>	13
Il Gabinetto di Fisica del Re. La storia, i documenti <i>Rossana Spadaccini</i>	17
Catalogo della mostra <i>Giovanni Paternoster, Ezio Ragozzino, Edvige Schettino</i>	79
Presentazione del Catalogo informatico del Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche <i>Giovanni Paternoster</i>	143
Allestimento <i>Tobia Di Ronza</i>	145

FINITO DI STAMPARE NEL MESE DI NOVEMBRE MCMXCV
NELLO STABILIMENTO «ARTE TIPOGRAFICA» S.A.S.
S. BIAGIO DEI LIBRAI - NAPOLI



Il testo che segue (*Breve Storia delle Collezioni del Museo di Fisica*) ha una prima edizione online, leggermente diversa, corrispondente a *Le collezioni strumentarie del Museo di Fisica*, versione depositata nel 2007 in fedOA, archivio aperto dei documenti digitali dell'Università degli Studi di Napoli Federico II (<<http://www.fedoa.unina.it/1088/>>).

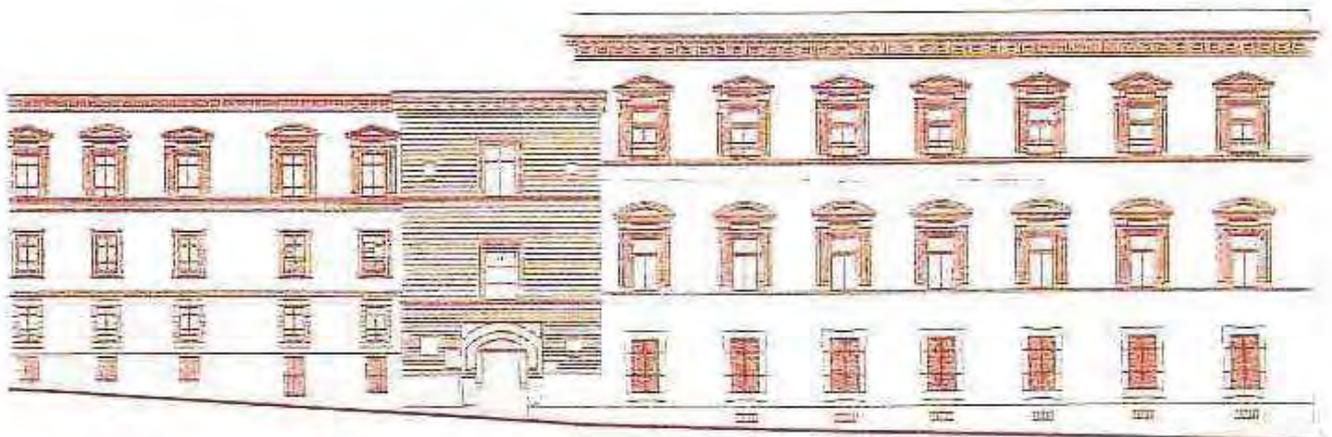
Università degli Studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Scienze Fisiche

Museo di Fisica

BREVE STORIA DELLE COLLEZIONI DEL MUSEO DI FISICA

Edvige Schettino



INDICE

Premessa	p. 3
Gli strumenti nella formazione del sapere scientifico	p. 4
Il Gabinetto fisico dell'Università	p. 5
Rinnovamento del Gabinetto fisico	p. 7
La Collezione Melloni	p. 9
Il Gabinetto fisico verso un moderno laboratorio di ricerca	p. 10
La Collezione della Casa reale Borbone	p. 13

Questa pubblicazione illustra brevemente la trama culturale sottesa alla formazione delle raccolte oggi costituenti il patrimonio strumentale del Museo di Fisica, degnamente restituito all'attenzione degli studi non solo, ma alla città di Napoli quale parte cospicua della sua storia.

Premessa

Il Museo di Fisica nasce ufficialmente nel 1983 su iniziativa di alcuni ricercatori dell'Istituto di Fisica dell'Università di Napoli Federico II. La Collezione strumentaria ivi compresa fu inventariata tra il 1983 e il 1987 e ne furono compilati anche i cataloghi. Insediato nel frattempo come specifica struttura del Sistema museale di Ateneo, il Museo trova oggi la sua sede in Via Mezzocannone 8. Il Museo, parallelamente alla sua funzione di conservazione, accoglie anche attività di ricerca, di documentazione storica del patrimonio custodito e di divulgazione del sapere connesso alle raccolte strumentarie.

Il Museo ospita oggi circa settecento strumenti, la cui parte maggiore è di origine ottocentesca.

Le vicende della formazione delle Collezioni strumentarie oggi raccolte nel Museo di Fisica sono complesse e stratificate. Possiamo distinguere per grandi linee tre nuclei storici di età differente confluiti nell'attuale raccolta: *il Gabinetto fisico dell'Università, La Collezione Melloni* e infine *la Collezione della Casa reale Borbone*.

Il Museo occupa oggi i locali dell'antico refettorio del Collegio gesuitico, oggetto di restauro nel biennio 2003-2004¹. Il refet-

¹ La nuova sede del Museo di Fisica di via Mezzocannone 8 è stata inaugurata il 28 gennaio 2005.

torio, progettato intorno al 1680 da Dionisio Lazzari, conserva ancora le originarie decorazioni in stucco e ospita una *Circoncisione* del cinquecentesco pittore senese Marco Pino, dipinto commissionato dai Padri per la chiesa del Collegio.

Gli strumenti nella formazione del sapere scientifico

Generalmente si ritiene che l'attività degli scienziati consista nell'enunciazione di sistemi di pensiero che hanno per oggetto il mondo della natura e che il prodotto principale di tale attività siano le pubblicazioni scientifiche, i libri e le memorie. Una visione della scienza che tiene conto solo dei risultati della ricerca è fortemente riduttiva quando si voglia analizzare l'attività svolta dagli scienziati del passato. Questi furono impegnati non solo a comunicare per iscritto le loro teorie ma anche a fornire prodotti non verbali, e gli strumenti scientifici sono tra questi. Essi sono di certo il prodotto di riflessioni scientifiche ma hanno pure una forte valenza informativa, perché prodotti di scelte politiche e di condizionamenti economici. La loro storia è legata a quella dei costruttori che li fabbricarono. Oggetti di lusso, a volte vere e proprie opere d'arte, divennero più funzionali nel Settecento, secolo caratterizzato da una sorta di rivoluzione nel modo d'insegnare le scienze e che coincise con l'affermarsi dell'insegnamento della Fisica sperimentale e con la diffusione dei Teatri universitari. Il nuovo modo d'insegnare fu una conseguenza del rinnovamento del pensiero scientifico che soprattutto con Newton proclamò la conoscenza fondata sulle osservazioni, rifiutando ogni trattazione deduttiva e basata sulle ipotesi.

Il Gabinetto fisico dell'Università

Il primo nucleo del Museo è riconoscibile nelle collezioni del *Gabinetto fisico*, fondato con il regio decreto del 1811. La sua sede trovò posto in poche stanze attigue al *Teatro chimico*, alloggiato nella spezieria dell'antico Collegio Massimo dei Gesuiti. L'edificio, fondato nel 1593, con lo scioglimento dell'ordine religioso fu requisito per trasferirvi parte dell'Università. Il Collegio, tuttora sede universitaria, comprende gli edifici di via Mezzocannone e via Palladino. Le iniziali dotazioni furono costituite dalla strumentaria del Collegio militare della Nunziatella (Fig. 1) e da quella dell'abate Giuseppe Conti (Fig. 2).



Fig. 1 - Doppia lente ustoria firmata Brander & Holscher, seconda metà XVIII Secolo.



Fig. 2 - Caleidoscopi firmati Anania De Luca in Napoli, inizio XIX Secolo

A queste si aggiunsero gli strumenti ottici costruiti dal direttore del Gabinetto fisico de Concillii (Fig. 3).



Fig. 3 - Camera chiara firmata de Concillii, inizio XIX Secolo

Rinnovamento del Gabinetto fisico

Gli anni '20 dell'Ottocento furono molto fecondi per la fisica; la scoperta di Hans Christian Oersted riguardante l'ago magnetico di una bussola deviato dalla corrente che circola in un conduttore suscitò negli ambienti scientifici europei vivaci discussioni. Parecchi fisici s'interessarono ai fenomeni elettromagnetici e in particolare André Marie Ampère che in pochi mesi gettò le basi dell'elettrodinamica. Riconoscendo l'effetto del campo magnetico terrestre sull'ago, utilizzò una nuova disposizione tra il filo percorso dalla corrente e l'ago, detta astatica. Realizzò anche un primo rudimentale misuratore di corrente che chiamò galvanometro. Questo strumento fu poi migliorato dallo scienziato modenese Leopoldo Nobili. Il *Gabinetto fisico* acquistò un esemplare (Fig. 4) agli inizi degli anni '30, quando il nuovo direttore Mario Giardini cercò di rinnovare le scarse attrezzature scientifiche.



*Fig. 4
Galvanometro astatico
firmato Nobili,
Modena 1830 circa*

In occasione del VII Congresso degli scienziati, tenutosi a Napoli nel 1845, il *Gabinetto fisico* acquistò altre stanze, sottostanti quelle in uso, per alloggiarvi le Bussole di Gambay, provenienti dalla Collezione della *Casa reale Borbone* (Fig. 5, Fig. 6).



Fig. 5 - Bussola di declinazione
firmata Gambay, 1840 circa



Fig. 6 - Bussola d'inclinazione
firmata Gambay, 1840 circa

Collezione Melloni

Nei primi anni post-unitari confluirono nel *Gabinetto fisico* alcuni strumenti acquistati da Melloni tra il 1840 e il 1845 e destinati all'Osservatorio vesuviano, tra questi la grande lente tipo Fresnel (Fig. 7). Con essa Melloni realizzò nel 1845 un famoso esperimento sul potere frigogeno dei raggi lunari. Il Museo custodisce anche l'unico esemplare di elettroscopio ideato da Melloni (Fig. 8).

Le prime ricerche sul calore radiante intorno agli anni '30 dell'Ottocento si devono a Melloni. Le scoperte effettuate con una strumentazione da lui ideata (Fig. 9 e Fig. 10) lo resero famoso in tutto il mondo.



Fig. 7 - Grande lente tipo Fresnel firmata Lepaute, Paris 1845 circa



Fig. 8 - Elettroscopio firmato Gargiulo, Napoli 1854



Fig. 9 - Termopila firmata Gourjon, Paris 1835 circa



Fig. 10 - Banco del Melloni, prima metà XIX Secolo

Il Gabinetto fisico verso un moderno laboratorio di ricerca.

Gilberto Govi dal 1878 diresse il *Gabinetto fisico* modificandone la fisionomia. Fu dotato di macchine moderne, soprattutto apparecchi d'altissima precisione (Figg. 11, 12, 13).

Il settore della Fisica maggiormente rinnovato fu quello degli strumenti elettrici. Govi si adoperò affinché la struttura si trasformasse in un moderno laboratorio di ricerca.

Emilio Villari gli successe nel 1889. Egli è noto per la scoperta che porta il suo nome e che riguarda la dipendenza della magnetizzazione del ferro dalla variazione del campo magnetico. Alcuni strumenti da lui ideati sono tuttora conservati nel Museo (Fig. 14).



*Fig. 11 - Grande catetometro,
seconda metà XIX Secolo*



*Fig. 12 - Macchina a dividere,
seconda metà XIX Secolo*



*Fig. 13 - Grande bilancia firmata Deleuil,
Paris, 1870 circa*



*Fig. 14 - Bussola reometrica firmata Villari,
Napoli, 1890 circa*

La Collezione d'apparecchi della Casa reale Borbone

La ricchezza e l'importanza della Collezione del Museo deriva soprattutto dall'aver ereditato, all'Unità d'Italia, gli strumenti scientifici appartenuti alla *Casa reale Borbone*. La storia documentaria della Collezione reale è di particolare interesse perché ha permesso di portare alla luce l'esistenza di una strumentazione, considerata dispersa fino al 1995, di cui un nucleo è tuttora custodito nelle stanze del Museo. Le vicende della Collezione, sono strettamente legate a quelle della Casa regnante. Nel 1734 il figlio di Filippo V d'Angiò-Borbone e di Elisabetta Farnese, Carlo, divenne re di Napoli e di Sicilia. Poco dopo giunsero a Napoli: quadri, manoscritti, archivi cartacei, pergamene, medaglie e cammei, ereditati dalla madre. Insieme a questi oggetti d'arte furono trasportate *anche* quattro casse di *diverse macchine matematiche*.



Fig. 15 - Lente obbiettivo firmata Evangerlista Torricelli, Firenze 1645 circa

A Napoli la Collezione del sovrano viene arricchendosi, trovando sede nella villa reale di Capodimonte accanto alla quadreria e alla biblioteca. È difficile e complesso seguire le vicende del passaggio di questa Collezione nei diversi siti reali, da quello di Capodimonte a quello di *Largo di Palazzo*, ora Piazza del Plebiscito. Una prima dispersione iniziò nel 1787, quando una parte delle macchine, quelle più preziose, rimasero nel sito reale, per abbellire le stanze, le altre furono trasferite nel Palazzo dei Regi Studi, l'attuale Museo Archeologico Nazionale, per essere utilizzate dall'Accademia delle Scienze, fondata nove anni prima nel 1778.

Fanno parte della Collezione reale: le due lenti obiettive per cannocchiale, costruite da Evangelista Torricelli (Fig. 15) e da Domenico Selva (Fig. 16) e le già citate bussole di Gambey.



Fig. 16 - Lente obiettiva firmata Domenico Selva, prima metà XVIII Secolo

La preziosa Collezione di microscopi del Museo è anch'essa borbonica (Figg. 17, 18, 19, 20).

Agli inizi del Novecento il *Gabinetto fisico dell'Università*, con un corredo di circa milletrecento strumenti, perse la sua funzione d'entità distinta. Di questo patrimonio il Museo di Fisica conserva ed espone un'ampia e significativa testimonianza.

Il Direttore del Museo di Fisica
Prof. Edvige Schettino



*Fig. 17 - Microscopio composto
firmato Amici, 1820 circa.*



*Fig. 18 - Microscopio composto
firmato Chevalier, 1840 circa.*



*Fig. 19 - Microscopio catottrico
firmato Jecker, 1820 circa.*



*Fig. 20 - Microscopio polarizzante
firmato Amici, 1830 circa.*

Per approfondimenti

E. Ragozzino, E. Schettino, *Early Instruments of the Institute of Fisics*, Naples, Cuen 1988.

R.G. Mazzolini ed., *Non-verbal communication in Science Prior to 1990*, Florence, L.S. Olschki 1993.

A. Fratta ed., *I Musei Scientifici dell'Università di Napoli Federico II*, Napoli, Fridericiana Editrice Universitaria 1999.

E. Schettino, "A New Instrument for Infrared Radiation Measurements: the Thermopile of Macedonia Melloni", *Annals of Sciences* **46** (1989), 511-517.

E. Schettino, "Il calore radiante della Luna: una prova per l'identità della radiazione termica e luminosa", *Memorie della Società Astronomica Italiana* **20** (1996), 54-64.

E. Schettino, R. Spadaccini ed., *Le macchine del Re*, Napoli, Edizioni Arte Tipografica 1995.

F. Obrizzo, E. Schettino, R. Spadaccini, "Physics Instruments in the Royal Palace of Naples: from Collection to Museum", *Rendiconti della Accademia Scienze Fische Matematiche Naturali*, Napoli **73** (2006), 47-49.

Museo di Fisica dell'Università degli Studi di Napoli Federico II

Via Mezzocannone, 8 - 80134 Napoli - Tel. 081.2536.222 / 256

www.museodifisica.unina.it - museodifisica@unina.it

Università degli Studi di Napoli Federico II
Centro di Ateneo per le Biblioteche "Roberto Pettorino"

Il volume intende ricordare la figura e l'opera della prima Direttrice del Museo di Fisica dell'Università di Napoli Federico II, attraverso i suoi lavori sugli strumenti scientifici della collezione napoletana, riconosciuta essere tra le più importanti esistenti, sia per consistenza sia per rilevanza storica e scientifica. Vengono qui riproposti al pubblico, in ristampa anastatica digitale, gli introvabili *Le macchine del re. La Collezione Reale nel Museo del Dipartimento di Scienze Fisiche* a cura di E. Schettino e R. Spadaccini e la serie di opuscoli su *La collezione degli antichi apparecchi dell'Istituto di Fisica*, oltre ad un inedito e prezioso rapporto di attività su *La collezione degli strumenti di Fisica* scritto nel 1990 da E. Ragozzino, R. Rinzivillo ed E. Schettino. Brevi note sul profilo biografico, umano e scientifico di Edvige Schettino introducono e completano il volume.

Salvatore Esposito: Professore Associato di Storia della Fisica all'Università di Napoli Federico II e Presidente della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia (SISFA). Considerato uno degli esperti mondiali sull'opera edita e inedita di Ettore Majorana, ha poi focalizzato i suoi studi anche su altri importanti personaggi della storia della fisica contemporanea, nonché su casi studio rilevanti per la Fisica del XVIII e XIX secolo.

Ivana Stazio: laureata in lettere moderne. Bibliotecaria, lavora presso la biblioteca "Roberto Stroffolini" del Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini" dal 2008. Si occupa prevalentemente di catalogazione, servizio di consulenza bibliografica e comunicazione web.

ISBN: 978-88-6887-161-1

DOI: 10.6093/978-88-6887-161-1

