

Lo stato solido e la nuova mappa della fisica

Joseph D. Martin¹ 

¹Durham University, Durham, UK, jdmartin@gmail.com.

Abstract: Neither solid state nor condensed matter physics existed at the end of World War II. Physical problems related to the properties of materials, of course, have a much longer history, but the physics community was not yet subdivided in a way that recognised those efforts as distinct branches of physics. By the time condensed matter physics became the preferred term in the late 1970s, it was far and away the largest subfield of physics. As condensed matter physics grew, it nevertheless struggled for popular recognition and professional prestige. The reputation for uncovering nature's deepest secrets resided with high energy physics and cosmology. Condensed matter physics did, however, become king in another sense. Its rise reconfigured how the field of physics itself was defined and internally organised. It reflected new ideas about what it meant to be a physicist and challenges to the cherished ideals upon which the twentieth-century physics community had been founded. By tracing the emergence of solid state and condensed matter physics as new ways of organising physicists' labour, this talk will argue that further attention to the sciences of materials is necessary to encourage a thoroughgoing understanding of the history of physics in the twentieth century.

Keywords: Solid state physics, Map of physics

Introduzione

Cos'è la fisica dello stato solido? La risposta sembra semplice: è lo studio delle proprietà fisiche della materia solida. Tuttavia questa definizione lascia da parte aspetti essenziali. Per comprendere l'evoluzione di questa branca della fisica nel corso del XX secolo, dobbiamo cominciare chiedendoci come sia arrivata a diventare una specialità della disciplina¹.

La fisica dello stato solido non esisteva nel 1939, quando uno studente dottorato della Brown University, Bernard "Bern" Porter, disegnò una mappa della fisica. In appena un decennio, tuttavia, aveva già una propria divisione all'interno dell'American Physical Society, e alla fine del XX secolo era la più grande specialità della fisica, conosciuta ormai come fisica della materia. Questa rapida crescita è tanto più sorprendente in quanto non è del tutto chiaro come Porter l'avrebbe inclusa nella sua mappa, se l'avesse rivista dieci anni dopo. La fisica dello stato solido non era un insieme coerente di concetti e metodi che potevano apparire come un'isola, un continente o qualsiasi altra caratteristica naturale del paesaggio, ma era correlata a quasi ogni regione sulla mappa. Era percepita come una categoria insolita. Inserendo un capitolo dedicato alla fisica dello stato solido nella seconda edizione del manuale dell'American Institute of Physics, il suo curatore osservò che

aggiungere un capitolo con questo titolo alle discipline convenzionali della meccanica, del calore, dell'acustica, ecc., è come cercare di classificare le persone tra donne, uomini, ragazze, ragazzi e suonatori di cetra. (Gray, 1963, p. 41)

Per comprendere l'ascesa della categoria dobbiamo guardare ai cambiamenti nell'atteggiamento nei confronti della fisica negli Stati Uniti, in particolare nei confronti della ricerca industriale e applicata (Lucier, 2012). Agli inizi del XX secolo il termine fisica si riferiva ai fenomeni naturali e il fisico indagava

¹ Per approfondimenti, vedere: [Martin, 2018](#); [Hoddeson et al., 2015](#).

le leggi che li governavano, cosa che escludeva i fisici applicati o industriali. A metà del secolo, questa nozione cominciò ad essere messa in discussione. Nel 1943, William Hansen, un fisico dell'Università di Stanford le cui ricerche avevano portato allo sviluppo del klystron (un tubo a vuoto che amplifica le microonde), contestò l'affermazione del suo collega David Webster secondo cui la fisica riguardava la scoperta delle leggi naturali:

Questo criterio è troppo impegnativo. Quanti fisici conosci che hanno scoperto una legge della natura? Pochi di noi hanno avuto questo privilegio, ma ciò non toglie nulla al lavoro degli altri. (Hansen, 1943)

Gli altri sarebbero stati d'accordo. Lo stato solido era una categoria sufficientemente ampia da comprendere ambiti molto diversi ed evitare l'emarginazione della fisica applicata. La nuova sottodisciplina copriva sia il campo accademico che quello industriale e univa materie fino ad allora dissociate.

La rapida espansione di questa categoria nel dopoguerra risponde a due ragioni. In primo luogo, il suo utilizzo favorì i fisici applicati, tradizionalmente trascurati dalle istituzioni emblematiche della fisica negli Stati Uniti. In secondo luogo, essendo stata creata per affrontare problemi professionali e non per costruire un insieme di concetti o pratiche, avrebbe potuto riunire fisici di molte specialità, non solo generalisti.



Fig. 1: *Map of Physics* of Bern Porter. Illustra una prospettiva in cui la fisica è categorizzata in termini di fenomeni naturali. La mappa contiene uno schema storico della materia, di interesse per fisici, studenti e persone comuni. Dà anche una descrizione della terra della fisica vista dalle anime audaci che si avventurano lì, in particolare la posizione dei villaggi (dal nome dei fisici pionieri), dei molti fiumi trovati e la data della fondazione di ogni villaggio, così come la data della sua estinzione; e infine una raccolta di vari simboli, spesso incontrati nel viaggio. (Porter, 1939). Riproduzione con il cortese permesso di Mark Melnicove, esecutore letterario di Bern Porter, mmelnicove@gmail.com.

Comprendeva anche ricerche che avevano a malapena a che fare con i solidi. Lo studio di John Van Vleck sulla suscettività magnetica dei gas era un testo classico (van Vleck, 1932). Il primo maser, costruito

dal gruppo di Charles Townes, era basato sul gas di ammonio (Bromberg, 1991). E la scoperta della superfluidità dell'idrogeno, fatta da Pyotr Kapitsa nel 1937, portò a un fruttuoso programma di ricerca, di cui si fecero carico anche i fisici dello stato solido. Essendo una categoria artificiale, ha permesso l'incorporazione di nuovi settori. I fisici dello stato solido non hanno avuto remore ad accogliere nella loro comunità fisici che indagavano le proprietà della materia aggregata e che non disponevano di altri spazi professionali.

Naturalmente, questa tolleranza aveva i suoi limiti. Nato per rispondere alle sfide professionali del dopoguerra, non sorprende che il nome "fisica dello stato solido" abbia perso di importanza con il mutare delle circostanze. A partire dal 1960 si cominciò ad usare l'espressione "fisica della materia condensata," riflettendo l'interesse per gli stati non solidi della materia ed evidenziando il problema quantistico a molti corpi (Martin, 2015). Tra gli altri vantaggi, il nuovo nome prospettava una maggiore coerenza concettuale. Durante il periodo dominante della fisica dei semiconduttori, non aveva molta importanza che le tecniche della fisica dello stato solido fossero altrettanto rilevanti nel caso di liquidi, molecole, plasma e altri materiali non solidi. Negli anni '70, le frontiere cambiarono, quando fenomeni critici come le transizioni di fase, la fluidodinamica non lineare, la ricerca sull'elio liquido e altri aspetti che avevano poco o nulla a che fare con i solidi acquisirono importanza. L'inadeguatezza del termine originario non poteva più essere ignorata.

Il nuovo nome parlava anche di rigore intellettuale. La "materia condensata" evocava i complicati calcoli quantistici del problema a molti corpi meglio dello "stato solido," in un momento in cui i fisici dello stato solido avevano bisogno di enfatizzare i loro contributi concettuali. Durante la guerra del Vietnam, gli Stati Uniti ridussero gli investimenti nella ricerca fondamentale nel campo, aumentando al contempo gli investimenti nella fisica delle alte energie. Il governo e gli investitori privati richiedevano applicazioni tecniche a breve termine.

Le scoperte in materie come i fenomeni critici hanno permesso alla fisica dello stato solido di rivendicare parte del prestigio intellettuale di cui gode la fisica delle alte energie. Nel 1972, il fisico della materia condensata Philip W. Anderson pubblicò un articolo cruciale sulla rivista *Science*, "More Is Different," in cui sosteneva che ogni nuova scala di complessità offriva una cornucopia di domande fondamentali intellettualmente stimolanti (Anderson, 1972; Zangwill, 2021). Affrontando fenomeni fisici più complessi, i fisici della materia condensata stavano aprendo nuove frontiere concettuali. L'adozione della categoria "fisica della materia condensata" non fu un semplice cambio di nome: rifletteva le nuove priorità intellettuali e professionali della fisica negli Stati Uniti. I fisici della materia condensata dovevano difendere il valore intellettuale della loro specialità contro l'accusa di praticare la "fisica sporca" (*Schmutzphysik*) o la "fisica dello stato squallido." Dalla metà degli anni Sessanta avevano espresso preoccupazione per le risorse destinate ai grandi acceleratori, che avrebbero potuto essere distribuite in modo più equo. La superiorità numerica di cui avevano goduto per decenni, insieme alla rinascita del loro programma intellettuale, rafforzarono i leader della disciplina. Verso la fine degli anni '90, i fisici della materia condensata poterono opporsi al finanziamento del Supercollider Superconduttore, sostenendo non solo che occupavano un posto centrale nella disciplina, ma che i loro obiettivi rappresentavano meglio quelli della fisica nel suo complesso (Riordan, Hoddeson & Kolb, 1995; Martin, 2015a).

La storia della nascita della fisica della materia condensata è quindi una storia sull'uso e sul significato delle categorie della fisica. All'inizio del XX secolo, i fisici potevano mappare la disciplina come fece Porter, basandosi sulle categorie che percepivano nel mondo naturale. Ma questo metodo era impregnato di ideologia, perché presupponeva una certa concezione della fisica e discriminava tra i fisici che guidavano la disciplina dal centro e quelli che lavoravano alla periferia. Il modo in cui gli scienziati definiscono il loro lavoro determina il modo in cui viene svolto e il valore ad esso assegnato. La concezione della fisica prevalente all'inizio del XX secolo aveva relegato i fisici applicati alla periferia.

Dopo la Seconda Guerra Mondiale, la fisica dello stato solido vide il consolidamento professionale dei fisici industriali all'interno della disciplina. A sua volta, la fisica della materia condensata ha contribuito a riorientare la specialità, una volta esaurita la prima categoria. In entrambi i casi si trattava di ridisegnare la mappa della fisica in modo che le periferie (fisica applicata, nel primo caso, teoria a molti corpi, nel secondo) si avvicinassero al centro. Ma non si trattava di un processo semplice come stabilire il confine di un nuovo territorio, annetterlo a una mappa preesistente e dargli un nome. La creazione dei campi “fisica dello stato solido” o “fisica della materia condensata” ci ha costretto a ripensare la questione fondamentale di come tracciare un confine. Lo storico Daniel Kevles ha fatto eco alla percezione comune secondo cui “la fisica è ciò che fanno i fisici” (Kevles, 1995, p. 263). Lo sviluppo della fisica della materia condensata suggerisce che la fisica è ciò che i fisici decidono che sia. La fisica dello stato solido o della materia condensata ha acquisito importanza perché i fisici hanno riconosciuto il potere delle categorie e le hanno modellate in base alle loro esigenze.

Bibliografia

- Anderson, Ph.W. (1972). “More Is Different: Broken Symmetry and the Nature of Hierarchical Structure in Science”, *Science*, 177(4047), pp. 393–396.
- Bromberg, J.L. (1991). *The Laser in America*. Cambridge: MIT Press.
- Gray, D.E. (1963). “The New AIP Handbook”, *Physics Today*, 16(7), pp. 40–42.
- Hoddeson, L. et al. (eds.) (1992). *Out of the Crystal Maze: Chapters from the History of Solid State Physics*. Oxford: Oxford University Press.
- Kevles, D.J. (1995), *The Physicists: The History of a Scientific Community in Modern America*. Repr. 3rd ed. 1971. Cambridge: Harvard University Press
- Lucier, P. (2012). “The Origins of Pure and Applied Science in Gilded Age America”, *Isis*, 103(3), pp. 527–536.
- Martin, J.D. (2015a). “Fundamental Disputations: The Philosophical Debates that Governed American Physics, 1939–1993”, *Historical Studies in the Natural Sciences*, 45(5), pp. 703–757.
- Martin, J.D. (2015b). “What’s in a Name Change?: Solid State Physics, Condensed Matter Physics, and Materials Science,” *Physics in Perspective*, 17(1), pp. 3–32.
- Martin, J.D. (2018). *Solid State Insurrection: How the Science of Substance Made American Physics Matter*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Riordan, M., Hoddeson, L. & Kolb, A. (2015). *Tunnel Visions: The Rise and Fall of the Superconducting Super Collider*. Chicago: University of Chicago Press.
- van Vleck, J.H. (1932). *The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities*. Oxford: Clarendon Press.
- Zangwill, A. (2021). *A Mind over Matter: Philip Anderson and the Physics of the Very Many*. Oxford: Oxford University Press.

Fonti d’archivio

- Hansen, W.W. (1943). Letter to David L. Webster, February 4. Stanford University Archives, *Felix Bloch papers*, series 1, B. 5, f. 20.
- Porter, B. (1939). *Map of Physics*. Colby College Libraries, *Special Collections, Bern Porter Collection, Correspondence, Materials by Others*, 30.