

Presentazione

L'otto novembre del 1895 Wilhelm Roentgen scopre i raggi X; il 30 giugno 1905 la rivista *Annalen der Physik* riceve l'articolo di Albert Einstein sull'*Elettrodinamica dei corpi in movimento*. Si conclude così un decennio definito da Ernest Rutherford come "molto fruttuoso per la fisica". Questo giudizio, se non fosse stato seguito dall'asserzione "la rapidità di questo progresso è stata raramente, se mai lo è stata, eguagliata nella storia della scienza" costituirebbe senza dubbio una sottovalutazione dell'importanza di questo decennio. Alla sequenza di scoperte sperimentali (raggi X, radioattività, elettrone) racchiuse in poco più di un anno, ha fatto seguito nel dicembre del 1900 l'*invenzione* della costante h da parte di Max Planck.

La trasformazione dell'invenzione di Planck in una scoperta avviene lentamente. Nel lavoro del 1905 sui quanti di luce di Einstein la costante h (pur non comparando in modo esplicito; Einstein usa la costante $\beta = h/k$, k costante di Boltzmann) è usata per porre in relazione la descrizione corpuscolare e quella ondulatoria della luce attraverso la formula $E = (\beta k)v$. Nel 1913, nella descrizione del modello dell'atomo di idrogeno, Bohr, verso la fine dell'articolo, mostra che, nel caso di orbite circolari, il momento angolare dell'elettrone rotante può essere espresso come $L = n(h/2\pi)$, indicando così che $h/2\pi$ (più tardi indicata con \hbar) potrebbe essere il valore più piccolo del momento angolare (orbitale) di un sistema atomico. L'invenzione dello spin dell'elettrone (1924) mostra che, in realtà, il valore più piccolo del momento angolare osservabile in natura potrebbe essere $\hbar/2$; infine, nel 1929, si suggerisce che anche i quanti di luce potrebbero possedere un momento angolare (intrinseco) pari ad \hbar .

Il 1905 non comparirebbe quale anno finale del decennio straordinario se esso non avesse registrato la pubblicazione dei due lavori di Einstein sui quanti di luce e la relatività.¹ In una prospettiva che solo la storia può dare, dobbiamo riconoscere che il lavoro più innovativo è stato quello sui quanti di luce. Si faccia attenzione; non si sta dicendo il lavoro più importante (sarebbe peraltro poco significativo cercare di stabilire una graduatoria); più innovativo perché si poneva come una "bold, not to say reckless" (per usare le parole di Millikan, 1916) sfida ("flies in the face of the thoroughly established facts of interference") alla profondamente radicata concezione ondulatoria della luce.

I due lavori di Einstein possono anche essere visti come uno spartiacque: il lavoro sulla relatività (integrato da quello sulla relatività generale) può essere considerato come il suggello della fisica classica; quello sui quanti di luce costituisce un fondamentale contributo alla nascente fisica quantica.

Come è ben noto, la nascita della teoria della relatività ristretta ha dato luogo a discussioni che si sono prolungate nel tempo, anche al di fuori della comunità scientifica. Questa discussione è stata in parte condizionata da due fattori: da un lato l'accentuazione eccessiva della contrapposizione tra assoluto e relativo; dall'altro, dall'assenza, per lungo tempo, di verifiche sperimentali dirette.² Impressionati dalla relatività delle misure di lunghezze e intervalli di tempo, si è sopravvalutata la rivisitazione einsteiniana dei concetti di spazio e di tempo, ponendo così in secondo piano la caratteristica fondamentale della teoria: l'invarianza delle leggi fisiche al variare dei sistemi di riferimento,³ nonché l'importanza della relazione $E = mc^2$.⁴ Ciò nonostante, la teoria della relatività ristretta veniva applicata ad altri campi della fisica: si pensi alla trattazione relativistica (1916) di Sommerfeld dell'atomo di idrogeno (che ha condotto ad una sorprendente spiegazione dello sdoppiamento di alcune righe di emissione degli atomi,

oggi spiegata come dovuta alla cosiddetta interazione spin-orbita); o all'uso assai spregiudicato di equazioni relativistiche da parte di Louis de Broglie (1923) ai tempi della sua invenzione dell'*onda fittizia* da associare ad ogni particella materiale.

Mentre i contributi scientifici di Einstein entrarono a far parte della conoscenza acquisita, la sua visione epistemologica fu duramente contrastata dopo la nascita della Meccanica Quantica. Questa ha prodotto un fenomeno del tutto sconosciuto in precedenza: la diffusione della discussione epistemologica, precedentemente riservata a pochi. All'allargamento del dibattito, non ha però corrisposto un adeguato affinamento della riflessione. Ciò è verosimilmente dovuto a due ordini di motivi: da un lato la Meccanica Quantica, essendo sovente più un algoritmo predittivo che una teoria fisica, ha favorito il nascere di "interpretazioni" le più stravaganti; dall'altro, i "padri fondatori" non hanno certamente contribuito a mantenere la necessaria distinzione tra fisica e filosofia. Si è giustamente riconosciuto che la risposta alla domanda "quale tipo di conoscenza (scientifica)?" può essere data solo con strumenti di analisi tradizionalmente considerati come filosofici e che la filosofia può ispirare le teorie scientifiche; ma si è smarrita la consapevolezza che l'esperimento entra in rapporto *solo* con la teoria e *mai* con la filosofia. Si afferma così che esperimenti falsificano posizioni filosofiche realiste e corroborano invece posizioni secondo cui i fisici che operano su sistemi quantici contribuiscono attivamente a costruire la "realtà"; si sostiene che la Meccanica Quantica "dimostra" che il Mondo è, a livello atomico, indeterministico: può darsi, ma oggi non lo sappiamo. Una questione va sottolineata con forza: il principio di causalità non è come, per esempio, il principio di inerzia. Questo è un postulato fisico che, posto agli inizi di una catena deduttiva, permette di formulare predizioni da sottoporre ad esperimento. Il principio di causalità, correttamente inteso come "*ricerca delle cause*", è invece un principio metodologico, che è stato il principale motore, insieme all'esperimento, dello sviluppo della conoscenza scientifica: rinunciando ad esso si rischia di inaridire le fonti della conoscenza.⁵ La confusione tra fisica e filosofia non può non alimentare le pulsioni irrazionalistiche che già si stanno manifestando anche all'interno della scienza.

Mi sembra quindi un'idea felice quella di pubblicare, in un numero speciale del Bollettino della nostra Associazione, alcuni lavori legati alla produzione einsteiniana degli anni intorno al 1905. Particolarmente lodevole è stata poi la scelta di lavori non molto noti, fra cui due di fisici italiani. Tra questi lavori spicca, per l'importanza che poi ha avuto, quello di Minkowski sullo spazio-tempo, nella traduzione (a cura di Giuseppe Gianfranceschi) comparsa su *Il Nuovo Cimento* nel 1909. La loro lettura, stimolando riflessioni non solo sulla fisica ma anche sulle questioni di fondo, contribuirà ad irrobustire il nostro impegno culturale ed a fare in modo che la ricorrenza del "centenario" non si riduca alle pur necessarie messe in scena celebrative.

Giuseppe Giuliani
Dipartimento di Fisica "A. Volta"
Università di Pavia

Note ¹ Il lavoro sul "moto browniano", pur importante, non ha certamente la rilevanza degli altri due.

² La prima rozza (errore sperimentale del 10%) verifica sperimentale della cosiddetta "dilatazione del tempo" si avrà solo nel 1942 con il lavoro di Rossi e Hall; bisognerà invece aspettare gli anni sessanta del secolo scorso per arrivare ad errori dell'ordine dello 0.1%. Per una discussione di queste ed altre misure si può vedere il lavoro (e i molti ivi citati): "The interpretations by experi-

menters of experiments on 'time dilation': 1940-1970 circa" di I. Bonizzoni e G. Giuliani; in rete all'indirizzo: <http://fiscavolta.unipv.it/percorsi/td.asp>; in lingua italiana si può invece vedere: G. Giuliani, I. Bonizzoni, *Lineamenti di elettromagnetismo*, La Goliardica Pavese, 2004, pp. 1-90.

³ Sarebbe opportuno chiamare il "principio di relatività" "principio di invarianza".

⁴ Importanza non sfuggita ad Enrico Fermi che, nel 1923, scriveva: *La grandiosa importanza concettuale della teoria della relatività, come contributo ad una più profonda comprensione dei rapporti tra spazio e tempo, e le vivaci e spesso appassionante discussioni a cui essa ha in conseguenza dato luogo anche fuori degli ambienti strettamente scientifici, hanno forse un po' distolta l'attenzione da un altro suo risultato che, per esser meno clamoroso e, diciamo pure, meno paradossale, ha tuttavia nella fisica conseguenze non meno degne di nota, ed il cui interesse è verosimilmente destinato a crescere nel prossimo svilupparsi della scienza. Il risultato a cui accenniamo è la scoperta della relazione che lega la massa di un corpo alla sua energia.*

⁵ Se ci si accontenta delle predizioni, si trascura di studiare i meccanismi fisici che potrebbero essere operanti. Un esempio. Nel 1923 Einstein ed Ehrenfest posero in evidenza gli aspetti fisici oscuri dell'esperimento di Stern e Gerlach (tra questi: attraverso quale processo l'atomo di argento, entrando nel campo magnetico si colloca su livelli energetici diversi da quello suo proprio in assenza di campo?). L'avvento della Meccanica Quantica, che pur ha assunto questo esperimento come "quanticamente esemplare", ha sicuramente contribuito all'oblio delle questioni sollevate da Einstein ed Ehrenfest.

NASA

structure and evolution of the universe

BEYOND EINSTEIN

FROM THE BIG BANG TO BLACK HOLES

The Science

The Program

- o Great Observatories
- o Probes
- o Vision Missions

What's New

Press Room

2003 Roadmap

The Technology

Education

Life Cycles of Matter and Energy

Resources

People

Contact Us

Home

What powered the Big Bang?

What happens at the edge of a black hole?

What is dark energy?

The discoveries of Albert Einstein sparked the scientific revolution of the 20th century and rank among the greatest achievements of humanity. Recent developments show that we can now complete Einstein's legacy and, in the first decades of the 21st century, unravel the mysteries of the Universe that await us.

<http://universe.nasa.gov/>

ALBERT EINSTEIN (Ulm 1879 - Princeton 1955)

Il 13 aprile 1901, Hermann Einstein, l'industriale fallito, in cattive condizioni di salute e sconosciuto alla comunità accademica, decise di scrivere egli stesso al professor Ostwald. Ecco la sua lettera:

La prego di scusare un padre che osa rivolgersi a lei, caro professore, nell'interesse di suo figlio.

Desidero precisare, anzitutto, che mio figlio Albert Einstein, ha ventidue anni, ha studiato per quattro anni al Politecnico di Zurigo e, la scorsa estate, ha superato brillantemente gli esami di laurea in matematica e fisica. Da allora, ha tentato invano di trovare un posto di assistente, che gli avrebbe consentito di continuare a perfezionarsi nella fisica teorica e sperimentale. Chiunque sia in grado di giudicare, loda il suo talento e, in ogni caso, posso assicurarle che egli è straordinariamente zelante e industrioso e legato alla sua scienza da un grande amore.

Mio figlio è profondamente amareggiato dalla attuale inattività e ogni giorno si radica con maggior fermezza in lui l'idea di aver fallito nella propria carriera e di non poter più ritrovare la via giusta. Per giunta, lo deprime il pensiero di esserci di peso, in quanto non siamo benestanti.

Poiché, caro professore, mio figlio la onora e la rispetta più di chiunque altro tra tutti i grandi fisici della nostra epoca, mi permetto di rivolgermi a lei supplicandola di leggere il suo articolo apparso in *Annalen der Physik*, nella speranza che ella voglia scrivergli alcune righe di incoraggiamento, affinché possa ritrovare il gusto della vita e del suo lavoro.

Se, inoltre, potesse esserle possibile trovargli un posto di assistente, o subito o nel prossimo autunno, la mia gratitudine non avrebbe limiti.

La prego ancora di perdonare la mia audacia nello scrivere la presente, e desidero aggiungere che mio figlio ignora questa straordinaria iniziativa da parte mia.

Non è noto se il professor Ostwald scrisse ad Albert Einstein in seguito alla lettera di suo padre. È noto, comunque, che Einstein non ottenne un posto di assistente, e che furono così gettati i semi di una grande ironia.

B. Hoffmann, *Albert Einstein, creatore e ribelle*, Bompiani, Milano, 1977, p. 42