



Rendiconti

Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL.

Memorie di Scienze Fisiche e Naturali

90° (1979-80), Vol. IV, fasc. 5, pagg. 41-48.

TULLIO REGGE (*)

Albert Einstein nel centenario della nascita (**)

Il 1666 è stato chiamato « *annus mirabilis* » di Newton. Un anno paragonabile è stato il 1905, in cui Albert Einstein, allora uno sconosciuto impiegato dell'ufficio brevetti di Berna, pubblicò in meno di otto settimane tre lavori fondamentali in cui pose le basi della fisica moderna.

Einstein nacque ad Ulma il 14 Marzo 1879, aveva pochi mesi quando morì Maxwell di cui, purtroppo, nessuno si è ricordato. E questa dimenticanza è tanto più lamentevole quando si pensi che la scoperta della relatività sarebbe inconcepibile senza la teoria del campo elettromagnetico. Quando questo non bastasse basterebbe ricordare le parole di grande ammirazione che Einstein ebbe per Maxwell. A parte questo mio commento fuori programma, vediamo cosa contenevano questi tre lavori. Il primo era dedicato all'effetto fotoelettrico. Le equazioni di Maxwell spiegavano mirabilmente i fenomeni di propagazione delle onde elettromagnetiche ma non altrettanto bene quelli di emissione e di assorbimento, tra cui appunto l'effetto fotoelettrico. Quando la luce (preferibilmente di corta lunghezza d'onda) batte su di un metallo può espellere un elettrone dall'atomo. Normalmente si pensava che l'energia della luce incidente si accumulasse gradualmente fino a strappare l'elettrone dall'orbita. In realtà le cose non andavano affatto così. La luce rossa anche intensa non riesce ad espellere elettroni mentre invece quella blu o meglio i raggi ultravioletti sono molto più efficaci. E cioè il colore della luce che determina se il fenomeno avviene oppure no. Nel lavoro di Einstein appare per la prima volta l'idea che l'energia della luce sia radunata

(*) Accademico dei XL.

(**) Conferenza tenuta l'11 gennaio 1980 all'Inaugurazione dell'Anno Accademico.

Albert Einstein fu eletto Socio Straniero dell'Accademia, allora Società Italiana delle Scienze, nel 1925 e vi rimase ininterrottamente fino alla sua morte avvenuta nel 1955.

in pacchetti o quanti, che furono poi chiamati fotoni. L'energia di un quanto è proporzionale alla sua frequenza ed è quindi più alta per i fotoni blu e più piccola per quelli rossi. E poiché occorre una certa soglia per strappare un elettrone dall'atomo i fotoni rossi non riescono a farlo mentre quelli blu sono efficaci. Il lavoro di Einstein fu giudicato negativamente in quanto sembrava un ritorno antistorico alla teoria corpuscolare di Newton. Il suo Autore dovette combattere una lunga battaglia, durata fino al 1923, per far accettare dai colleghi il concetto di fotone.

Questa battaglia titanica non ha ricevuto finora una valutazione appropriata (la relazione di A. Pais a Princeton durante le celebrazioni del centenario è stata esemplare in questo senso) e pochi finora si sono resi conto della serena solitudine di Einstein nel sostenere da solo, contro Bohr ed altri autorevoli colleghi, l'idea che avrebbe aperto la strada alla meccanica dei quanti.

Einstein va dunque considerato come lo scopritore del fotone, una delle particelle elementari più interessanti ed importanti in tutta la lunga lista che finora è apparsa nella fisica.

Il lavoro sull'effetto fotoelettrico fu seguito da quello sul moto browniano. Il biologo inglese Brown collezionò dei granelli di polline di varie specie tenendoli racchiusi in fiale in sospensione liquida. Al microscopio i granelli apparivano agitati da un tremito continuo e di durata indefinita. Furono proposte varie spiegazioni del fenomeno, basate anche sul concetto di fluido vitale.

La natura vegetale del polline ha nulla a che fare con la genesi del fenomeno. Nel suo lavoro Einstein dimostrò e pose su base quantitativa che la spiegazione del moto doveva ricercarsi nell'urto incessante degli atomi del liquido contro i granelli di polline. Il tremito intravisto da Brown era una manifestazione della natura atomica della materia e del moto disordinato degli atomi secondo quanto anticipato appunto da Maxwell. Il lavoro giunse troppo tardi per Boltzmann, stroncato dalla feroce opposizione della scuola di Ostwald e Mach, segnò comunque la definitiva accettazione dell'esistenza degli atomi. Questa a noi appare ovvia e pare difficile concepire che alla fine del secolo scorso esistessero delle scuole rispettabilissime che invece la negavano. Il lavoro sul moto browniano è una continuazione ed è legato da profonde analogie metodologiche a quello sull'effetto fotoelettrico. Alla base di ambedue appare la teoria delle fluttuazioni. Uno specchietto appeso in una cavità piena di radiazioni viene continuamente urtato dai fotoni ed è scosso da un tremito molto simile a quello dei granelli di polline di Brown.

La somiglianza tra questi fenomeni sfugge a tutti ma non ad Einstein.

Il terzo lavoro apparso nel fatidico 1905 dà inizio alla teoria della relatività. Su questo soggetto occorrerebbe un intero corso di lezioni per discuterne adeguatamente. Vorrei ricordare piuttosto quello che ha detto uno dei primi commentatori di Einstein, l'epistemologo (ma anche fisico) Gerald Holton.

Einstein aveva una percezione anomala, lucidissima delle analogie che correvano tra teorie fisiche apparentemente diverse e delle imperfezioni o asimmetrie che nascevano quando queste analogie non venivano realizzate nel loro pieno significato.

Posto di fronte ad una situazione insoddisfacente procedeva ad una diagnosi delle imperfezioni, indi enunciava dei principi generali che la rimuovevano e finiva il lavoro enunciando poche conseguenze sperimentali ed osservative che da essi seguivano.

Nella costruzione della relatività la caratteristica sgradevole era l'esistenza di sistemi di riferimento privilegiati in cui la velocità della luce sarebbe stata uguale a 300.000 km/sec in tutte le direzioni, in riposo rispetto all'etere.

Altri riferimenti in moto relativo rispetto a quelli privilegiati avrebbero trovato una velocità che dipendeva dalla direzione, una conclusione che appariva inevitabile assumendo la legge della composizione delle velocità secondo Galileo.

Einstein ebbe chiarissima la percezione che la simmetria tra diversi osservatori, anche in moto relativo, era un principio molto più basilare ed importante della legge della composizione delle velocità che poteva comunque essere sostituita in modo conveniente. Per la grande maggioranza dei suoi contemporanei era vero l'opposto.

In pratica inseguendo la luce questa doveva continuare a fuggirci con la stessa velocità che risultava quindi una costante universale, tra le più importanti della fisica. Usando pochi ragionamenti intuitivi che non coinvolgevano della matematica molto evoluta (non oltre la radice quadrata e poche differenziazioni) Einstein sciolse il nodo delle complesse anomalie e paradossi che oscuravano la teoria del campo elettromagnetico. Si dice che Lorentz e Poincaré abbiano scoperto la relatività ancora prima di Einstein; si tratta di un dibattito interessante che lascio volentieri agli stotici della scienza. Direi piuttosto che certamente nel lavoro del 1905 la teoria appare nella sua sfolgorante completezza, con una vastità di orizzonti non intravista nel lavoro di Lorentz. Si trattava finalmente di una metodologia nuova che trovava applicazione in tutti i fenomeni fisici e non solamente a quelli elettromagnetici.

Nello stesso anno Einstein pubblicò un breve lavoro in cui basandosi su pochissimi concetti deduceva la equivalenza tra massa ed energia secondo la ormai famosa $E = mc^2$. Nel frattempo la sua opera cominciava ad essere esaminata dalla comunità scientifica, ma non con la assoluta unanimità che ci si potrebbe aspettare. Kaufmann nel 1906 condusse degli esperimenti per verificare quella che lui chiamava la teoria di Lorentz-Einstein ed alla fine di quell'anno dichiarò che, pur non essendo in possesso di dati definitivi, risultava già chiaro che detta teoria era in contrasto con l'esperimento.

Ultime parole famose!

Tuttavia pochi grandi (tra cui Planck) si resero conto della importanza straordinaria di questi lavori ed Einstein divenne rapidamente noto nel mondo accademico. E con questo mi scuso se, attratto dalla straordinaria personalità scientifica ed umana del Nostro, sorvolò sui dati biografici ed accademici e dimentico la realtà prosaica della vita quotidiana.

Negli anni che seguirono il 1905 Einstein combatté delle dure battaglie essenzialmente su due fronti. Il primo è quello cui ho già accennato, centrato sul concetto di fotone. Come ho ricordato esso stentò ad entrare nella fisica. Millikan fu costretto suo malgrado dai suoi stessi esperimenti ad accettare la teoria di Einstein. Vale il commento «Devo ammettere che, nonostante la sua assoluta irragionevolezza, la teoria di Einstein rende perfettamente conto dei dati sperimentali con cui Millikan si arrese all'evidenza per dare un'idea del clima e del scetticismo con cui l'idea del fotone era stata accolta».

La seconda battaglia riguarda la costruzione della relatività generale. Come molti di voi sapranno esistono due teorie, la versione ristretta del 1905 e quella generalizzata del 1916. Esse non sono in contrasto, la relatività generale è lo sbocco naturale di quella ristretta quando considerino dei campi gravitazionali. Tentativi del genere furono condotti anche da Nordstrom e da altri contemporanei di Einstein. La costruzione della teoria finale distolse questi dalla discussione che monopolizzò il mondo dei fisici dopo la scoperta dell'atomo di Bohr. Finalmente dopo alcuni tentativi e passi falsi la versione definitiva apparve nel 1916 in una memoria di grande respiro che segna un momento culminante nella vita scientifica e culturale del nostro secolo.

In essa appare un formalismo matematico d'avanguardia che fa da sostegno ad una serie di concetti fisici basilari (principio di equivalenza) semplicissimi ma al tempo stesso di portata rivoluzionaria.

In questo lavoro viene riconosciuto che, così come le proprietà geometriche dello spazio influenzano il moto della materia ivi contenuta, a sua volta la presenza di materia determina la geometria dello spazio, si tratta di un principio di azione-reazione generalizzato.

Si fa presto a dire queste cose, la loro realizzazione pratica e codificazione nelle equazioni del campo risultò meno facile. In questo compito Einstein ebbe la collaborazione utilissima del matematico Marcel Grossmann.

Nel 1917 Karl Schwarzschild risolse le equazioni del campo per la simmetria sferica generalizzando il potenziale newtoniano e ponendo le basi per la teoria del buco nero.

Altrettanto significativo fu l'interesse di Einstein per la cosmologia. Nel 1917 pubblicò un articolo in cui proponeva un modello per l'universo in cui appariva per la prima volta il principio cosmologico.

All'epoca si sapeva ben poco osservativamente sull'universo, in particolare molti pensavano, seguendo Shapley, che esistesse una unica galassia, la nostra,

e che le altre fossero nebulose in essa contenute. Non si teneva conto dell'assorbimento della polvere intrastellare e la galassia risultava ben più grande del valore attuale: si giungeva a stime di oltre 300.000 anni luce di diametro.

Alla fine la costruzione dei grandi telescopi fece prevalere l'idea di Curtis secondo cui le nebulose spirali sono delle vere e proprie galassie simili alla nostra ed enormemente distanti.

L'universo è dunque pieno di decine di miliardi di galassie sparse in modo irregolare ma approssimativamente uniforme su larga scala. Einstein anticipò correttamente questo risultato, errò nel non prevedere la espansione cosmica annunciata da Hubble molto più tardi nel 1929. Nella sua concezione l'universo doveva essere statico e la attrazione delle stelle doveva essere bilanciata da una repulsione cosmica introdotta ad hoc nelle equazioni del campo, un errore ammesso dallo stesso Einstein che non aveva paura di smentirsi. All'inizio degli anni trenta l'ascesa al potere di Hitler avvelenò il clima della ricerca scientifica in Germania, Einstein lasciò per sempre la Germania in un momento carico di tensione.

La conferma della deviazione dei raggi luminosi sul bordo del Sole fatta nel 1919 in una spedizione cui aveva partecipato Eddington, aveva procurato ad Einstein una fama immensa, trasformandolo suo malgrado in un oracolo pubblico e ponendolo al centro di roventi polemiche di natura politica. L'aggravarsi della situazione consigliò il trasferimento negli Stati Uniti presso il nuovo Institute for Advanced Study di Princeton, nel New Jersey.

In questa sede Einstein continuò ad inseguire il sogno della sua vita, la costruzione di una teoria unificata che doveva abbracciare gravitazione e campo elettromagnetico in un tutto unico ed armonico. Molti mi chiedono se Einstein è realmente riuscito a raggiungere lo scopo prefisso. Nessuna di queste teorie ha retto ai tempi, nessuna è giunta alla verifica sperimentale.

Occorre pensare tuttavia che la stessa relatività generale ha dovuto attendere il dopoguerra per essere pienamente verificata, i tre tests classici del perielio di Mercurio, della deviazione della luce, e dello spostamento verso il rosso non essendo pienamente conclusivi. Una teoria unificata dovrebbe presentare delle difficoltà ancora maggiori nel tentativo di verificare effetti ancora più sottili ed evanescenti.

Inoltre alla morte di Einstein nel 1955 era appena cominciata la grande rivoluzione tecnologica della fisica moderna, la fenomenologia delle particelle elementari ed il potente ruolo delle simmetrie erano ancora quasi sconosciuti.

L'impatto delle idee einsteiniane e la persistenza del miraggio unificatore sulla fisica contemporanea sono ancora visibili ed anzi più attivi di prima nello spingersi verso una sintesi finale sia pure con tecniche e prospettive profondamente rinnovate da oltre mezzo secolo di ricerca.

Rimane infine da esaminare l'attitudine dell'uomo verso la meccanica dei quanti. Questa non fu opera di un singolo ricercatore come accadde invece (a parte le riserve cui ho accennato) per la relatività. Einstein ebbe un ruolo di primo piano anche nella creazione della meccanica dei quanti. Il dualismo onda-particella nacque dalla scoperta del fotone, pochi commenti, che come disse Schroedinger « andavano infinitamente lontano », permisero a questi di costruire la sua famosa equazione d'onda partendo dal lavoro di De Broglie. E rimane una curiosità storica il constatare che tutte e tre questi protagonisti che ho citato si rifiutarono di credere nella interpretazione probabilistica proposta da Born. In particolare Einstein fu granitico nella sua opposizione alla interpretazione della scuola di Copenhagen; egli considerò sempre la meccanica dei quanti come una parte di verità, incompleta nelle sue parti essenziali e che sarebbe dovuta seguire come conseguenza della sua equazione del campo unificato. Aveva delle riserve di fondo sulla equazione relativistica di Dirac e a maggior ragione non accettò mai la moderna teoria dei campi. La indeterminazione quantistica lo irritava profondamente e non fu mai accettata, nessun argomento riuscì mai a scalfire la sua convinzione che la realtà ultima doveva trovarsi altrove. In questo era una persona di una straordinaria fermezza di giudizio, di una incredibile autonomia di pensiero, aveva quello che in inglese potrebbe chiamarsi « apartness ». In altre persone questa caratteristica potrebbe risultare negativa, in altre epoche storiche poteva condurre al disastro.

In Einstein la straordinaria intuizione scientifica gli fece sostenere con lucidità e chiarezza inaudita delle idee al momento impopolari che dovevano sconvolgere alla fine il corso della fisica contemporanea. La partita non è chiusa con la meccanica dei quanti, il futuro potrebbe riservarci delle sorprese.

La notorietà che investì l'uomo non distrusse il suo senso di equilibrio, la sua innata modestia. Si rese certamente conto dell'impatto delle sue idee sul mondo scientifico, non mancava di realismo. Il senso dell'umorismo che mai lo abbandonò lo salvò da degenerazioni che colpirono altre persone diventate celebri per meriti molto minori.

Fu sempre prodigo di aiuti verso coloro che ebbero a soffrire l'uragano della seconda guerra mondiale. E se usò la sua influenza per aiutare Weizman a costruire il nuovo stato di Israele ebbe pur sempre nel cuore le sorti delle popolazioni arabe.

Non ho mai avuto la fortuna di incontrare Einstein personalmente, quando passai per Princeton per la prima volta nel 1955 era ormai prossimo alla morte. Alcuni suoi ex collaboratori hanno rievocato recentemente a Princeton gli anni trascorsi ed il lungo cammino percorso insieme verso la teoria unificata. Ne è emersa una figura umanissima; Einstein rifiutò sempre di usare la sua fama ed il suo prestigio per imporre le sue opinioni mettendosi sempre alla pari con i suoi interlocutori.

L'analisi dell'opera einsteiniana è appena cominciata, risulta già tuttavia evidente che Albert Einstein si avvia a diventare uno dei grandi protagonisti della scienza e della cultura di tutti i tempi alla pari con Newton e Galileo; egli rimane una figura popolarissima tra i giovani, esempio rarissimo in un'epoca di falsi miti e di sovvertimenti dei valori.