



EINSTEIN GRAFFITI

Cento anni fa ha pubblicato una manciata di articoli che hanno cambiato la fisica e tutta la scienza. Cinquanta anni fa è scomparso, dopo essere diventato l'icona dello scienziato e il simbolo dell'intelligenza stessa. Cosa ci ha lasciato? Un mondo diverso, profondamente segnato dalle tracce del suo passaggio

testo Paola Catapano

Cento anni fa, nel 1905, un giovane e sconosciuto fisico ventiseienne, che per guadagnarsi da vivere lavorava all'Ufficio Brevetti di Berna, pubblicò cinque lavori che lo consacrarono come uno dei più grandi scienziati di tutti i tempi. Da allora il mondo non è più stato lo stesso. Il giovane Albert Einstein reinterpretò il funzionamento profondo della natura utilizzando unicamente il suo strumento più prezioso: un'infinita immaginazione. Tre dei cinque leggendari articoli del 1905 gettarono le basi per altrettanti nuovi campi fondamentali della fisica moderna: la Teoria della Relatività, la Teoria dei quanti e la Teoria del moto browniano. Per trovare un altro periodo tanto produttivo da parte di un unico scienziato, bisogna risalire al

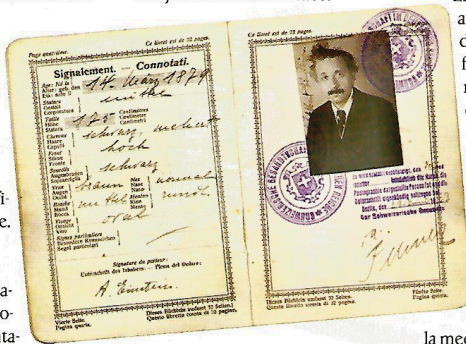
1665, quando un ventitreenne Isaac Newton, bloccato in casa dalla peste, concepì il calcolo infinitesimale, la legge di gravitazione e la teoria dei colori.

Una nuova luce

Einstein intitolò il primo dei cinque lavori *Su un punto di vista euristico relativo alla produzione e trasformazione della luce*.

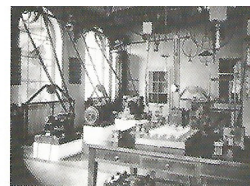
Egli stesso lo definì «molto rivoluzionario» perché contraddiceva l'idea, dominante da due secoli e confermata sperimentalmente, che la luce fosse costituita da onde. Una visione «disturbata» da Max Planck, che aveva definito la luce come un insieme di particelle o «quanti», emessi o assorbiti dalla materia.

Einstein nel suo lavoro adottò il concetto dei quanti di Planck per spiegare l'effetto fotoelettrico, cioè il fenomeno per cui un pezzo di metallo carico di elettricità statica, se esposto alla luce, emette elettroni. Sugerì che la luce, liberata dalla materia, viaggiasse sotto forma di particelle e fosse al tempo stesso particella e onda. Applicando i quanti alla luce, Einstein gettò le basi della meccanica quantistica. Perché definì la sua idea «euristica», cioè una guida valida, ma incapace di prova? Einstein riteneva l'ipotesi quantistica «inconciliabile con i principi stabiliti... forse persino insostenibile». La spiegazione dell'effetto fotoe-



PASSAPORTO SVIZZERO
Il passaporto di Einstein del 1923. Lo scienziato tedesco prese cittadinanza svizzera il 21 febbraio 1901 e la conservò per tutta la vita. Nella pagina a fianco, un'immagine del 1945.

IL PRIMO LABORATORIO
Il laboratorio di Elettrotecnica del Politecnico di Zurigo, dove Einstein studiò dal 1896 al 1900.



lettrico avrebbe reso possibili le più diverse tecnologie, dalle celle solari alle fotocellule, fino alla televisione, e nel 1921 portò a Einstein il Nobel.

Un tè pieno di atomi

Una nuova determinazione delle dimensioni molecolari è il secondo lavoro. Come spiega Einstein: «è una determinazione della vera grandezza degli atomi a

spensione già dell'ordine di grandezza di un millesimo di millimetro devono compiere un moto disordinato percettibile, che è generato dall'agitazione termica». Il movimento è chiamato «moto molecolare browniano». L'articolo fornisce la prima prova dell'esistenza degli atomi, e predice il numero, la massa delle molecole in un dato volume di liquido e il loro moto.

Cambia lo spazio

L'articolo più celebre, *Sull'elettrodinamica dei corpi in movimento*, per Einstein è «solo un abbozzo di elettrodinamica dei corpi in movimento ottenuta mediante una modificazione della dottrina dello spazio e del tempo»; per tutti invece è la nascita della Teoria della Relatività speciale. Per anni Einstein si era chiesto come gli sarebbero apparsi il mondo, Berna, la torre dell'orologio, se li avesse osserva-

ti cavalcando un raggio di luce. Applicando la sua nuova teoria concluse che l'orologio gli sarebbe sembrato fermo mentre quello nel suo taschino avrebbe continuato a girare come sempre. Il tempo non è lo stesso per tutti gli osservatori quando gli oggetti si avvicinano alla velocità della luce. Quest'ultima era stata già calcolata correttamente a circa 300mila chilometri al secondo. Ma la conclusione unica e coraggiosa di Einstein fu che la luce viaggia sempre a quella velocità, e non è influenzata dal moto della sua fonte o degli osservatori. Una conclusione che sfida il buon senso. Nell'ultimo articolo di quel sorprendente anno, *L'inerzia di un corpo dipende dal suo contenuto di energia?*, corollario al lavoro sulla Relatività, Einstein scrisse che «la massa di un corpo è la misura del suo contenuto di energia»; la prima affermazione dell'equivalenza tra massa ed energia. Un lavoro di sole tre pagine che due anni dopo, nel 1907, avrebbe portato Einstein a scrivere la formula più nota di tutti i tempi: $E=mc^2$.

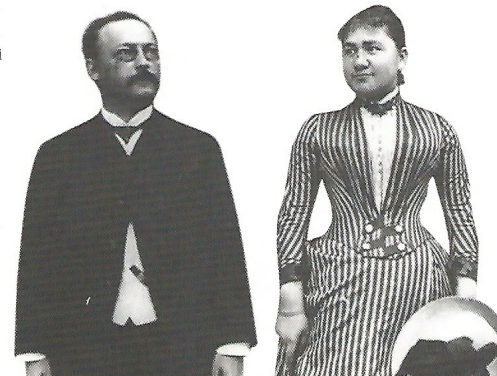


FIOCO AZZURRO
La casa di Bahnhofstrasse a Ulm, dove alle 11.30 di venerdì 14 marzo 1879 nacque Albert Einstein. La casa fu distrutta nel 1944 dalle bombe.

partire dalla diffusione e dall'attrito interno delle soluzioni liquide di sostanze neutre». Si dice che Einstein sia stato ispirato da un tè bevuto con l'amico Michele Besso. Riflettendo su come mettere in relazione la viscosità del tè e la grandezza delle molecole dello zucchero, Einstein dedusse la grandezza delle molecole di zucchero in base alla velocità di diffusione e alla viscosità della soluzione. Il terzo lavoro, strettamente legato al secondo si intitola: *Sul moto di piccole particelle in sospensione nei liquidi a riposo come prescritto dalla teoria cinetico-molecolare del calore*. Così l'autore ne spiega il contenuto: «particelle in so-

PAPÀ E MAMMA

Hermann Einstein e Pauline Koch si sposarono l'8 agosto 1876. Dopo Albert ebbero un'altra figlia, Maja, la persona cui Einstein fu più legato per tutta la vita.





Una visione che supera i confini della fisica

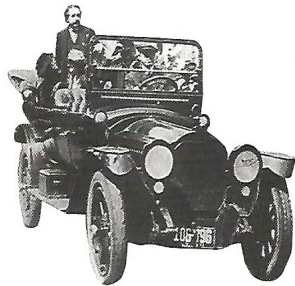
Con sua grande sorpresa, le idee di Einstein riverberarono ben oltre la fisica. Ancora oggi nei laboratori scientifici di tutto il mondo, ricercatori di ogni campo stanno lavorando grazie alle intuizioni e alle «visioni» di quell'uomo.

Motore fotonico

Il grande contributo di Einstein alla chimica sta nell'aver capito in profondità la natura della luce, che svolge un ruolo chiave in reazioni chimiche come la fotosintesi clorofilliana. Nel 1905 Einstein aveva capito che l'effetto fotoelettrico non dipende dall'intensità della luce ma dalla sua frequenza. Nel 1912, estendendo la spiegazione dell'effetto fotoelettrico alle reazioni fotochimiche, Einstein formulò la legge dell'equivalente fotochimico, secondo la quale per far avvenire una reazione fotochimica è necessario che la molecola assorba un fotone avente un'energia superiore all'energia del legame da sciogliere. Cioè per fotodissociare una molecola è necessario che essa assorba un fotone di adatta energia. Recentemen-

te, sfruttando questo principio, Vincenzo Balzani e i suoi colleghi dell'Università di Bologna hanno costruito un motore nanometrico, grande qualche millesimo di millimetro, azionato da fotoni.

sformarla in teoria fisica. Come dirà più tardi, si trovava dominato dalla frustrante sensazione che gli mancassero le parole per esprimere i propri pensieri, gli mancava cioè la matematica adeguata.



UNA PRIMA DONNA
Così si sentì Einstein quando arrivò a New York nel 1921, acclamato dalla folla per le strade proprio come una diva.

Linguaggio matematico

«Grossmann, aiutami, altrimenti divento pazzo!». Questa la frase che Einstein rivolse all'amico e compagno di studi Marcel Grossmann nell'agosto 1912, mentre era alle prese con la Relatività generale. Il suo era un problema «matematico».

Lo spazio ideato da Einstein, in assenza di corpi, è una superficie «piatta», che si «curva» in presenza di corpi, un po' come una membrana elastica su cui appoggiamo oggetti pesanti. La curvatura è la gravità, e i raggi di luce si muovono seguendo i percorsi più brevi su questa superficie. Einstein però non riuscì a esprimere matematicamente questa intuizione per tra-

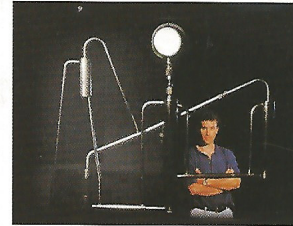
L'amico Grossmann iniziò così una ricerca bibliografica e trovò l'opera di Gregorio Ricci Curbastro, professore dell'Università di Padova che negli ultimi anni aveva sviluppato, tra il disinteresse e lo scetticismo generali, un nuovo strumento di analisi geometrica: il calcolo differenziale assoluto. Un calcolo cioè che è indipendente dal sistema di riferimento scelto, come deve essere una legge fisica che resta la stessa indipendentemente dalle coordinate che utilizziamo per descrivere il mondo. Era proprio il sistema di cui Einstein aveva bisogno per descrivere il suo spazio. Con la Teoria della Relatività generale, il calcolo differenziale assoluto, fino a quel momento giudicato per lo più un raffinato esercizio intellettuale

I DUE RIVOLUZIONARI

Einstein con Kurt Gödel, il matematico tedesco autore del teorema di incompletezza sintattica che dimostra come ogni teoria logica è vera solo se è incompleta. Uno scossone alla matematica paragonabile a quello che la Relatività diede alla fisica.



FREDDO GENIALE
Lo studente americano Andy Delano ha ricostruito oggi il frigorifero ideato da Einstein nel 1930. Si tratta di un circuito in cui scorrono acqua, butano e ammoniaca. Le reazioni chimiche muovono i liquidi senza bisogno di motori: basta scaldare un'estremità del circuito perché l'altra si raffreddi.



le utilizzato per ottenere risultati noti in modo molto più complicato, diventò uno dei grandi passi del pensiero matematico.

Einstein apre le porte...

Ma il lavoro di Einstein ha anche reso possibili moltissimi dei dispositivi tecnologici che oggi utilizziamo tutti i giorni. Sensori e fotocellule, per esempio, non sono altro che un'applicazione diretta dell'effetto fotoelettrico. Infatti l'emissione controllata di elettroni da parte di un metallo è l'effetto utilizzato dalle fotocellule per l'apertura automatica di porte e cancelli, ma anche per regolare la distribuzione del toner nelle macchine fotocopiatrici, o la regolazione automatica di tempi e diaframmi nelle macchine fotografiche. L'effetto fotoelettrico rende possibile anche il funzionamento delle celle fotovoltaiche, che trasformano in corrente elettrica l'energia solare.

...legge i CD...

Un lavoro di Einstein del 1917 sulla teoria quantistica della radiazione ha reso possibile un'innovazione oggi onnipresente come il laser.

Nel lavoro, Einstein analizzò il fenomeno dell'eccitazione degli atomi. Egli aveva capito che se gli atomi assorbono luce possono eccitarsi, cioè portarsi a un livello energetico superiore, oppure possono emettere spontaneamente luce per tornare a un livello inferiore. Inoltre, ipotizzava che questo fenomeno potesse essere innescato a catena: un fotone prodotto dall'eccitazione di un atomo va a stimolare altri atomi a emettere altri fotoni e così via. È proprio questo il «trucco» per creare un fascio di luce coerente, cioè un laser. Solo nel 1954 Charles Townes riuscì a mettere in pratica questa idea, nata quasi 30 anni prima nella mente di Einstein.

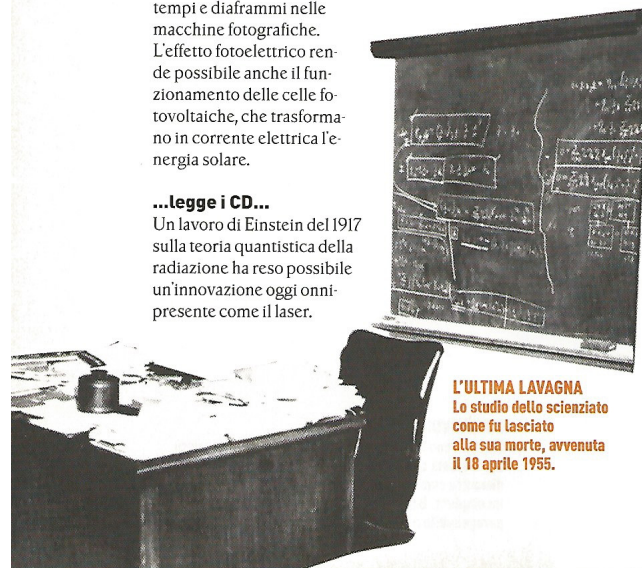
...e ci guida fra le strade

E che dire dei Gps? Senza Einstein semplicemente non potrebbe funzionare. Questo strumento fornisce latitudine, longitudine e altitudine del punto esatto in cui ci si trova, con una precisione di circa 15 metri, grazie ai segnali inviati dai satelliti del Global Positioning System. Misure di distanza così esatte esigono una scansione precisissima del tempo ed è per questo motivo che i satelliti Gps hanno a bordo un orologio atomico. Ma, esattamente secondo le previsioni della Relatività, gli orologi a bordo dei satelliti rallentano di sette microsecondi al giorno rispetto agli orologi a terra, perché la loro velocità è superiore (quindi il loro tempo scorre più lento). Interviene inoltre un altro effetto relativistico dovuto alla gravità che, alla quota a cui si trovano i satelliti, è un quarto rispetto all'attrazione gravitazionale sulla Terra.

E questo fa anticipare gli orologi a bordo di 45 microsecondi.

Quindi, per far funzionare il Gps correttamente, occorre apportare una correzione relativistica complessiva di 38 microsecondi al giorno. Senza questa correzione, il Gps avrebbe un'incertezza nel rilevamento della posizione di oltre 11 chilometri!

Questo impatto tecnologico delle sue teorie farebbe sicuramente piacere a Einstein che nel tempo libero progettò anche un frigorifero più efficiente e meno pericoloso di quelli dell'epoca.



L'ULTIMA LAVAGNA
Lo studio dello scienziato come fu lasciato alla sua morte, avvenuta il 18 aprile 1955.

