

# ALBERT EINSTEIN

## L'UOMO...

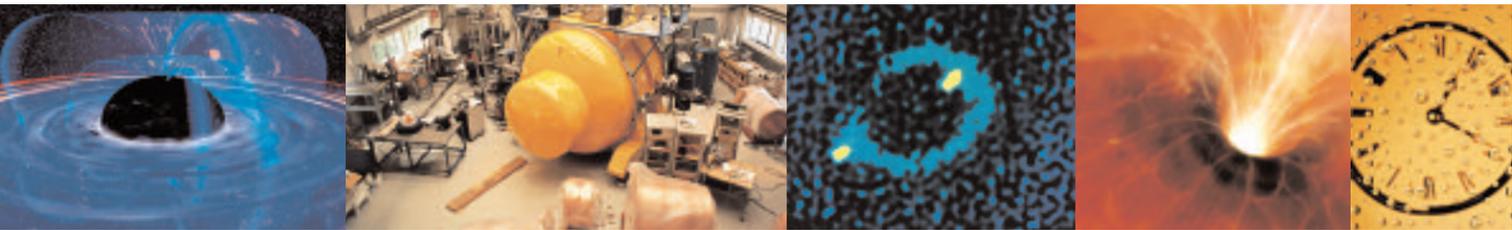
*Che uomo è stato lo scienziato che con le sue scoperte ha rivoluzionato la fisica moderna e che incarna una delle icone più celebri del XX secolo? La passione per la ricerca scientifica, l'impegno civile, le peculiarità caratteriali e le vicende biografiche di Albert Einstein.*

DI LIA D'ANGIOLINO

**I**l 2005 è l'anno internazionale della fisica, nonché il centenario dell'*annus mirabilis* di Albert Einstein, il geniale fisico che appunto nel 1905, a soli 26 anni, pubblicava una serie di articoli contenenti teorie fondamentali per la storia della conoscenza umana, tra cui la teoria della relatività, per la quale è universalmente celebre. Proprio questa celebrità, così diffusa a livello planetario, rende opportuno indagare chi è l'uomo divenuto una vera e propria icona del XX

secolo, immagine per eccellenza del genio e della conoscenza scientifica, il cui volto, riprodotto ormai serialmente a proposito (e a sproposito) dei più svariati argomenti, è divenuto immediatamente riconoscibile e familiare per ognuno di noi. Una familiarità che spesso coincide poco con una reale comprensione di quanto le scoperte del grande scienziato tedesco abbiano modificato non solo la scienza, ma in qualche modo anche l'immagine stessa del mondo che l'es-

sere umano aveva avuto fino a quel momento, portando ad una nuova interpretazione dei concetti di spazio, tempo, materia, energia, con una rivoluzione di pensiero che nessuno prima di lui era arrivato ad elaborare. Con la potenza speculativa del suo pensiero, Einstein relativizza, mettendoli in relazione con i fenomeni che vi accadono, lo spazio e il tempo assoluti - principi rimasti pressoché intoccati da quando Isaac Newton (1642-1727) aveva posto le solide basi



Albert Einstein nacque ad Ulm (Germania) il 14 marzo 1879. Incoraggiato dal padre studiò all'Istituto Politecnico di Zurigo fino all'età di 21 anni. Questa foto lo ritrae all'età di 14 anni.

della meccanica classica e delle sue leggi, che regolavano in modo deterministico gli eventi del pianeta - e provoca così un terremoto che sconvolge i capisaldi fondamentali della concezione della realtà. Certamente, c'era già chi, prima o contemporaneamente a lui, stava aprendo nuove strade ed interpretazioni nel mondo scientifico - come Max Planck (padre della fisica quantistica) e James C. Maxwell (a cui si devono i fondamenti dell'elettromagnetismo) o come Bernhard Riemann (che con la geometria non euclidea pone le basi matematiche per le teorie einsteiniane), il lavoro dei quali Einstein conosceva assai bene, ma nessuno era arrivato a trarre le radicali conseguenze a cui lui giunge. Intuizioni di questa por-

tata necessitano di una straordinaria capacità di ideare nuove visioni mentali della realtà, di una grande indipendenza di giudizio e di una vocazione instancabile per la ricerca. Un tratto, questo, che caratterizza fortemente Einstein e che fa sì che nel suo caso l'uomo e lo scienziato coincidano in maniera inscindibile, come si evince ripercorrendo la sua vita e il suo lavoro.

## I PRIMI ANNI

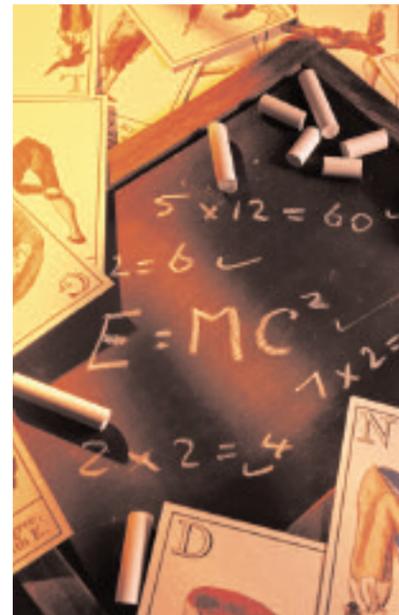
*“Dio è inesorabile nel concedere i suoi doni. A me ha dato solamente l'ostinazione di un mulo; no, veramente mi ha dato anche un buon fiuto”.*

Albert Einstein nasce ad Ulm, in Germania, il 14 Marzo 1879, da Pauline Koch e Hermann Einstein. Il padre, un ingegnere di idee liberali, è proprietario di una piccola industria elettrochi-

mica a Monaco, dove il figlio trascorre l'infanzia e frequenta la scuola senza distinguersi in modo particolare, anche se non risulta che sia mai stato bocciato in matematica, come vuole una falsa notizia circolante, tra le tante che hanno alimentato il suo mito. Trova però noiosi e limitati i metodi scolastici e tende ad applicarsi solamente allo studio di ciò che lo interessa, dimostrando un'inclinazione per la matematica e la geometria. Nel 1894, l'azienda del padre fallisce e la famiglia si trasferisce a Milano e due anni dopo in Svizzera, a Berna. Dopo il diploma al Politecnico Federale di Zurigo, Einstein ha difficoltà a trovare lavoro e per mantenersi accetta incarichi di maestro supplente e dà lezioni private, ma nel 1902, ottenuta nel frattempo la cittadinanza svizzera che conserverà per tutta la vita, ottiene un impiego che, secondo le sue stesse dichiarazioni, lo aiuterà a giungere alla formulazione delle fondamentali teorie del 1905: viene assunto all'Ufficio Brevetti di



Un disegno di Einstein del 1919. Le figure rappresentano, da sinistra, lui stesso, la seconda moglie Elsa Lowenthal e le sue due figlie, Ilse e Margot, che egli adottò. Dalla prima moglie Mileva Maric, dalla quale si separò nel 1914, A. Einstein aveva avuto altri tre figli.



La più famosa equazione della relatività speciale, che Einstein formulò nel 1905.  $E = mc^2$  (energia) = m (massa)  $\times c^2$  (velocità della luce al quadrato). Da cui si deduce facilmente che (a causa della grandezza della velocità della luce) una piccola quantità di massa equivale a (e può essere trasformata in) una enorme quantità di energia.

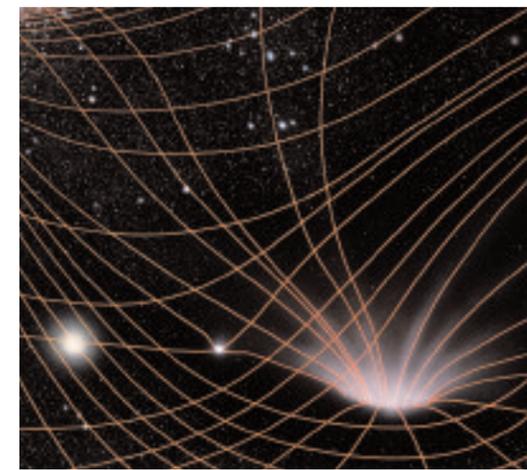
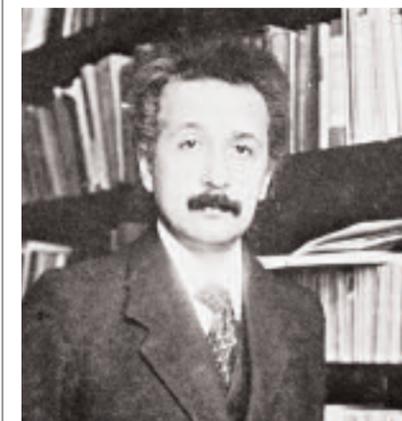
Berna, come “esperto di III classe”, con il compito di valutare le invenzioni proposte per i brevetti e con uno stipendio annuo di 3.500 franchi. Einstein ha poi ripetutamente detto che si trattò di una circostanza fortunata, in quanto il lavoro gli permetteva di ritagliarsi del tempo libero da dedicare alle sue ricerche, senza pressioni di ordine pratico, come l'obbligo di regolari pubblicazioni, che rischiassero di soffocare la componente creativa e indipendente del lavoro scientifico così importante per lui. Scrive infatti: “La scienza è meravigliosa quando non serve a guadagnarsi il pane quotidiano. È meglio guadagnarsi da vivere con un lavoro che si è certi di poter fare. Solamente quando non si deve rendere conto a nessuno di ciò che si fa, si trae vera soddisfazione nella ricerca scientifica”.

## LA RICERCA SCIENTIFICA

*Il desiderio continuo di indagare e comprendere il mondo e un'innata capacità speculativa e immaginativa sono alla base del lavoro di ricerca dello scienziato.*

In quanto fisico teorico, Einstein non elabora le sue teorie in base ad esperimenti o verifiche di laboratorio, bensì attraverso l'indagine analitica e speculativa del pensiero. Non è però un pensatore astratto: ha un'innata predisposizione per tradurre il mondo in immagini concrete e renderle in parole ed equazioni.

La sua visione della fisica è di stampo classico e, sebbene le sue scoperte abbiano rivoluzionato l'interpretazione newtoniana in materia, esse affondano le proprie radici proprio nel solco tracciato dal grande scienziato inglese e prima di lui da Galileo (1564-1642). Einstein ha dichiarato che, se non lo avesse fatto lui, qualcun'altro avrebbe enunciato la teoria della relatività ristretta, dato lo stadio a cui era giunta la ricerca scientifica, e sicuramente le sue scoperte prendono le mosse dai risultati ottenuti in campo fisico e matematico da altri studiosi, di cui egli conosce il lavoro, come testi-



Disegno di fantasia che illustra il concetto di uno Spazio-Tempo incurvato dalla presenza di masse diverse. Lo Spazio-Tempo viene rappresentato come una griglia, che può essere immaginata composta da elastici di gomma. L'enorme massa di un buco nero, rappresentata a destra, lo distorce moltissimo e crea una fossa entro la quale tendono a cadere (attratti dalla forza di gravità) tutti i corpi esterni.

monia anche il genero Rudolf Kaiser nella sua biografia, raccontando di come Einstein, insoddisfatto dei corsi scientifici del Politecnico, che gli sembravano inadeguati, si sia dedicato ad una lettura approfondita degli scritti dei grandi scienziati del passato e contemporanei.

Tuttavia, la svolta da lui impressa alla conoscenza scientifica è l'imitabile frutto delle sue geniali capacità coniugate ad una sorta di pulsione alla ricerca: lo spinge una continua curiosità verso i meccanismi celati dietro i fenomeni, il bisogno di comprendere “questo enorme mondo che esiste indipendentemente da noi esseri umani e che ci sta davanti come un grande, eterno mistero, almeno parzialmente accessibile alla nostra investigazione e al nostro pensiero”.

Già famoso per i suoi lavori sulla Relatività Speciale e Generale, Einstein ricevette nel 1921 il premio Nobel per la fisica per la sua scoperta dell'effetto fotoelettrico. Qui è fotografato all'età di 37 anni, nel 1916.

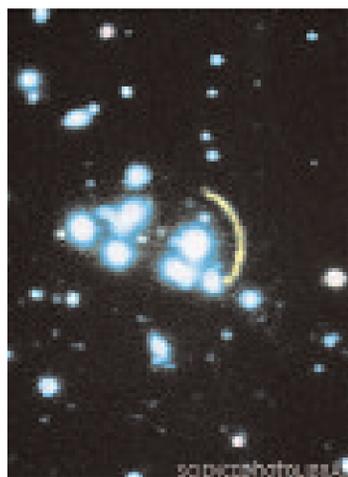
## LE TAPPE DEL MITO

*Le grandi scoperte dell'annus mirabilis, la teoria della relatività generale nel 1916: Einstein cambia il corso della fisica moderna e il suo genio viene riconosciuto a livello mondiale.*

Nei locali dell'Ufficio Brevetti, dunque, maturano le grandi scoperte che imprimeranno una svolta alla fisica moderna: Einstein spedisce, chiedendo che siano inseriti "se c'è spazio", diversi scritti contenenti le sue teorie alla prestigiosa rivista *Annalen der Physik*, che nel 1905 pubblica i tre importantissimi articoli, ognuno dei quali, già da solo, avrebbe reso l'autore uno dei più accreditati scienziati della storia: il primo, *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt* (Un punto di vista euristico relativo alla generazione e trasformazione della luce), verte sulla scoperta dei quanti di luce e la spiegazione dell'effetto fotoelettrico (per la quale riceverà il Nobel nel 1921); il secondo, *Die von der molekulartheoretischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen* (Movimento di particelle sospese in liquidi in quiete, richiesto dalla teoria molecolare del calore), concerne la teoria del moto browniano ed è un'ulteriore verifica dell'esistenza degli atomi; il terzo, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (Elettrodinamica in mo-

vimento), contiene per la prima volta la teoria della relatività ristretta.

Dopo la diffusione delle sue rivoluzionarie teorie, la carriera accademica di Einstein prosegue ininterrotta da un incarico all'altro: è Professore associato di Fisica teorica all'università di Zurigo dal 1909 al 1911, quando si sposta all'Università di Praga per un anno, per poi tornare a Zurigo, questa volta al Politecnico. Nel 1913 i due grandi fisici Walther Nernst e Max Planck s'interessano per farlo spostare a Berlino, dove lo attende un'offerta adeguata al suo ormai riconosciuto genio scientifico: una cattedra all'università, la nomina a membro dell'Accademia prussiana delle scienze e la direzione di un istituto di fisica. Einstein rimane nella capitale tedesca fino al 1933 quando, in seguito all'ascesa del nazismo, si trasferisce in America, dove resterà fino alla morte, lavorando all'Institute for Advanced Study di Princeton (New Jersey). Gli anni berlinesi sono assai fecondi dal punto di vista scientifico per lui: scrive una cinquantina di articoli e un volume e, soprattutto, nel 1916 pubblica (concludendo una ricerca durata dieci anni e dopo un lavoro di stesura di cinque settimane che lo lascia stremato a letto per quindici giorni) *Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie* (Fondamenti della teoria della rela-



*Immagine in falsi colori di un grande arco luminoso associato con il gruppo di galassie 2242-01. Molte teorie sono state sviluppate per spiegare questi archi, la più popolare delle quali è che si tratti di parte di un cerchio di Einstein. Si tratterebbe quindi dell'immagine di una galassia più distante, distorta dalla lente gravitazionale composta dall'enorme massa del gruppo di galassie.*

tività generale), in cui estende il valore della teoria della relatività speciale. La teoria riceve una verifica sperimentale attraverso le misurazioni, effettuate da Arthur Eddington nel Golfo di Guinea durante l'eclissi generale di Sole del 29 Maggio del 1919, che confermano la visibilità di alcune stelle vicino al bordo solare che non avrebbero dovuto essere visibili: la luce veniva deviata dal Sole nella misura prevista dalle equazioni di Einstein. Da allora la sua statura di scienziato viene consacrata definitivamente, nonché sancita ufficialmente a livello globale con l'assegnazione del Nobel, conferito, non come si potrebbe pensare per la teoria della relatività, ma "per i suoi servizi alla Fisica teorica e specialmente per la sua scoperta della legge dell'effetto fotoelettrico". Una stranezza spiegabile con le novità e le enormi implicazioni che la teoria comportava rispetto alle leggi consolidate dalla fisica tradizionale e che suscitarono, per diverso tempo, perplessità e polemiche. Ormai, comunque, il mito è nato e Einstein è celebrato dalla stampa, invitato a rilasciare interviste e tenere conferenze, durante le quali il problema principale è gestire il grande affollamento di persone accorse ad assistere, nonostante la difficoltà della materia trattata.

*Disegno che illustra l'effetto della lente gravitazionale che Einstein predisse nella sua Relatività Generale del 1916. I raggi di luce emessi da un qua vengono deviati dalla presenza sul loro cammino di una galassia, che funge da lente. Nel disegno i raggi vengono rilevati dal telescopio spaziale Hubble.*



## INTERVISTA

Al colloquio con il Prof. Carlo Bernardini (Lecce, 1930), tra i più prestigiosi fisici italiani, ordinario della cattedra di Metodi matematici della fisica all'Università La Sapienza di Roma. Tra gli altri incarichi, è stato Direttore della sezione locale e membro della giunta esecutiva dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, per il quale ha svolto attività di ricerca presso i Laboratori Nazionali di Frascati. Impegnato nel campo della divulgazione scientifica, ha scritto numerosi testi per uso didattico, tra cui *Relatività speciale* (1991), sulla teoria einsteiniana.



### Cosa c'era di diverso in Einstein rispetto ai suoi colleghi, che gli ha permesso di giungere alle sue scoperte?

Era una figura singolare, è stato definito un "filosofo della natura" e in effetti non era un fisico nel senso classico: la sua specialità era l'arte di far domande e dimostrava una potenza di pensiero che andava aldilà dei canoni del mestiere del fisico. Questa sua peculiarità è denunciata anche dalle sue battute, come quando un informato che il famoso esperimento durante l'eclissi aveva dato un risultato che confermava i suoi calcoli: rispose con la battuta "me ne rallegro per il buon Dio, perché non poteva essere diversamente". Aveva questa convinzione forte nella sua testa: che con un certo tipo di struttura matematica riproducendo una realtà, per motivi ovvi, non potesse essere altrimenti... Una posizione molto coraggiosa. Le sue convinzioni forti rientrano nell'ambito di un modo di pensare che potremmo chiamare realismo classico, nel senso che esistono certe relazioni di causa ed effetto, i principi a cui si attiene li desume più dagli oggetti che sono classicamente rappresentabili.

### La sua visione classica della fisica lo ha portato a contestare la casualità della teoria quantistica...

Credeva poco nella casualità, non gli piacevano le teorie nelle quali la probabilità avesse un ruolo importante, era in qualche modo un po' determinista. Ricercava i paradossi della meccanica quantistica, ma si trattava di paradossi dal punto di vista classico. Nella ricerca della teoria del campo unificato tentava disperatamente di creare delle equazioni di campo che rappresentassero tutti i campi, non solo quello gravitazionale. Era rimasto isolato perché in questo lo seguiva poco anche il suo allievo preferito, Leopold Infeld, con cui ha lavorato molto. Einstein aveva una rappresentazione mentale che giudicava molto potente ed era geloso di conservarne la potenza, che però si stava molto diversificando da quella dei suoi protetti: invecchiava anche lui, si stava radicalizzando nelle sue monomanie.

### Le ricerche degli ultimi anni lo hanno isolato, ma ho letto che sembrano fertili per quanto riguarda la teoria delle stringhe...

Ho qualche dubbio, la teoria delle stringhe è ancora molto vaga: si può applicare più in matematica, in fisica è ancora solo una possibilità. Io personalmente non sono entusiasta di questa teoria, non sono favorevole a teorie che sono troppo lontane dalla realtà che siamo in grado di osservare con gli strumenti di oggi.

### Leggendo testi su Einstein mi ha stupito il ritratto così positivo, quasi un'agiografia. Forse chi gli è stato accanto, ammirato dal suo grande intelletto, ne ha dato un'immagine santificata?

Io non credo. Era una persona piuttosto solitaria, aveva pochi rapporti di lavoro con i colleghi, però quelli che lavoravano con lui gli erano affezionati in modo spasmodico, erano entusiasti della possibilità di confrontarsi con lui. Per noi fisici la cosa più bella è la genuinità del suo modo di pensare: stava chiuso nel suo studio, pensava e aveva una rappresentazione mentale della realtà così potente che gli venivano le idee che non verrebbero alla maggioranza di noi, era capace di toccare gli assoluti, di disturbare l'assoluto. Ha osato mettere le mani dove nessuno, neanche un filosofo, aveva osato fino a quel momento. Alcuni matematici, come Lobachevskij, avevano inventato le geometrie non euclidee, ma come esercizio formale, non come possibilità realistica; invece lui le usò per rappresentare la realtà. Nel *Dialogo dei massimi sistemi* Galileo, quando enuncia per la prima volta il suo principio di relatività (secondo il quale non esiste nessun riferimento assoluto rispetto al quale misurare la velocità assoluta e che poi sarà alla base della relatività di Einstein), scrive che se uno sta navigando su una nave su un mare tranquillo, senza accelerazioni o scossoni, non può, stando chiuso sottocoperta, dire se la nave sta ferma o cammina, perché non può provare con nessun esperimento che la nave ha una velo-

ciò rispetto a qualcosa. Per capire che la nave si muove, deve guardare la terra e allora dice che rispetto alla terra la nave è in movimento, e il relativo è questo. Galilei fa dire a Salviati: "Queste cose sebbene le abbia osservate con i miei occhi esattamente come tu le stai raccontando, però non c'ho mai posto mente". Ossia, erano delle banalità. È come quando noi siamo sul treno e non siamo in grado di dire se si sta muovendo il nostro treno o quello accanto: è un moto relativo. A noi capita infinite volte, ma a chi viene in mente di costruirsi una teoria della relatività? Il fatto che Galilei e poi Einstein abbiano colto fatti spontanei e "c'abbiano posto mente" è la differenza: avevano una mentalità che li portava a chiedersi il perché di una banalità, di una cosa su cui apparentemente non c'era niente da dire. Ci riflettevano e ci fondavano una realtà: se non è una cosa colossale questa, non so quale altra.

#### Allora il mito di Einstein continua?

Sì, è un mito molto potente, era una figura di straordinaria simpatia umana. Già ai suoi tempi era considerato un grande uomo di scena. Nelle biografie si raccontano aneddoti molto interessanti: Einstein veniva chiamato in giro per conferenze e in Germania trovava un'accanita resistenza, specie tra gli studenti di giurisprudenza. C'era un cancelliere del tribunale che lo seguiva dappertutto, facendogli domande imbarazzanti e lui rispondeva in modi bizzarri, come la volta che lo sfidarono chiedendogli se avrebbe saputo dire il centro del suo pensiero in due parole. Lui rispose: "Sapete cosa sono lo spazio e il tempo? Dovete immaginare che se la materia scomparisse anche lo spazio e il tempo scomparirebbero". Rimasero tutti a bocca aperta, lui era molto divertito, ma effettivamente aveva spiegato il suo pensiero in poche parole.

#### Per un fisico del XXI secolo, Einstein cosa rappresenta?

È una figura di riferimento, senza dubbio. Va sottolineato che c'è una letteratura sterminata su Einstein, basta avere voglia di leggerla, e bisognerebbe averla, perché vale la pena di conoscere le cose che lo riguardano.

## IL CARATTERE, LA VISIONE DELLA VITA

*Aldilà dell'immagine dello scienziato geniale e stravagante emerge la figura di un uomo indipendente nelle sue opinioni e nei suoi comportamenti.*



A. Einstein e la seconda moglie Elsa fotografati nel 1921. I tre lavori che gli aprirono la strada verso il premio Nobel li pubblicò nel 1905, mentre era ancora impiegato all'Ufficio Brevetti di Berna. Concernevano calcoli sul moto Browniano, l'effetto fotoelettrico e la Relatività Speciale. Einstein si trasferì negli USA nel 1933.

Tra le foto più diffuse di Einstein vi sono quella che lo ritrae con i capelli scarmigliati, lo sguardo mite e la penna infilata nel colletto del maglione, e quella in cui fa una scherzosa e provocatoria linguaccia rivolto verso il fotografo. Di certo esse hanno contribuito alla creazione dell'immagine dello scienziato stravagante, distratto e un po' ingenuo, ma al tempo stesso geniale: una visione ovviamente riduttiva, buona per alimentare il mito, ma che ha trovato terreno fertile in alcuni aspetti caratteriali effettivamente peculiari di Einstein, per sua stessa ammissione indiffe-

rente, quando non insofferente, nei confronti di cose importanti per i più, convinto dell'importanza di un atteggiamento aperto e positivo verso la vita e verso il prossimo, dotato di un istintivo rifiuto per l'autorità e le imposizioni e di una naturale noncuranza per for-

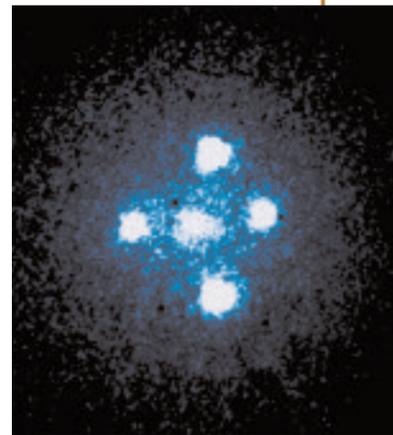
malismi ed esterioresità, a cominciare dal proprio abbigliamento. Poco interessato al potere, è ben lieto di non essere coinvolto nelle rivalità della carriera universitaria e vive la sua popolarità con un certo distacco, a volte con fastidio per la continua attenzione e curiosità di cui è oggetto, spesso con una disincantata ironia. È però disponibile nei confronti delle persone che da tutto il mondo si rivolgono a lui: risponde alle lettere che riceve, disposto con generosità a parlare di scienza, vita, ideali, fornendo spiegazioni accessibili a domande complesse e pronto a rivolgersi ai bambini con premurosa semplicità (celebre è la risposta ad una scolara: "Non preoccuparti per le tue difficoltà in matematica, ti posso assicurare che le mie sono molto più grandi"). Il tema della divulgazione scientifica è molto importante per Einstein, che scrive volumi adatti a chi non ha conoscenze specifiche (è del 1916 *Relatività. Esposizione divulgativa*) e lamenta la mancanza di un linguaggio

## LE TEORIE DELLA RELATIVITÀ RISTRETTA (O SPECIALE) E GENERALE

Per procedere alla presentazione del principio della relatività di Einstein è necessario riferirsi ad alcuni argomenti di fisica tradizionale: l'idea di sistema di riferimento e la concezione di spazio e tempo assoluti. Un sistema di riferimento è una struttura alla quale vengono riferite tutte le operazioni di misura di grandezze fisiche (spazio, velocità, accelerazione, etc...). Le misure eseguite in un sistema di riferimento devono essere obiettive, devono dare gli stessi risultati se eseguite su un numero ripetuto di prove e si devono poter comunicare a qualsiasi osservatore.

Un sistema di riferimento si dice inerziale se vale il principio d'inerzia enunciato da Galileo: un corpo tende a mantenere il suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme (a velocità costante) se non intervengono forze esterne a perturbarlo. Secondo il principio di relatività galileiano, se le leggi della meccanica sono valide in un sistema di riferimento inerziale, esse lo sono in un qualsiasi altro sistema in moto rettilineo uniforme rispetto al primo. Einstein estende questo principio a tutti i fenomeni naturali, postulando sotto forma di assioma il principio di relatività speciale. Questo significa che ogni esperienza, non solo di meccanica ma di qualsiasi natura, eseguita in un qualunque sistema di riferimento inerziale dà lo stesso risultato. Einstein assume quindi che la misura della velocità della luce  $c$  (300.000 chilometri al secondo nel vuoto) sia la stessa in tutti i sistemi di riferimento inerziali.

La conseguenza della teoria della relatività speciale è la negazione dei concetti di spazio e tempo assoluto, postulati da Newton. Nei suoi *Principia* Newton parla di un tempo assoluto, "vero" e "uniforme", e di uno spazio assoluto i cui punti sono le posizioni che gli oggetti occupano: la distanza tra due posizioni è la stessa per qualsiasi osservatore in quiete o in moto. Per Einstein, se rispetto a un sistema di riferimento un osservatore ha una velocità prossima a quella della luce, le misure degli intervalli di tempo e delle distanze misurate dall'osservatore in moto sono diverse da quelle eseguite da un osservatore fermo in quel sistema di riferimento. A quella velocità non vale più la legge di Newton secondo cui l'accelerazione prodotta da una forza è proporzionale alla forza stessa. Poiché l'azione di una forza esterna non può provocare su un corpo un aumento di velocità illimitato, perché  $c$  non può essere superata, essa provocherà un aumento del suo contenuto di energia secondo la relazione  $E=mc^2$ . Essendo  $c$  costante, la relazione ci dice che vi è equivalenza tra massa ed energia e che all'aumentare della velocità (e quindi dell'energia cinetica) aumenta la massa di un corpo. Dopo aver pubblicato questa teoria, Einstein si pone il problema di estendere i concetti della relatività ristretta anche ai sistemi non inerziali, poiché i mondi dell'Universo, e in particolare la Terra che ruota intorno al Sole, non sono sistemi inerziali. La teoria della relatività generale fornisce una descrizione unificata dell'Universo che comprende la gravità, partendo dall'osservazione che in presenza di un campo gravitazionale la luce percorre una traiettoria curva (la luce è attratta dalla gravità, in quanto essa trasporta energia, l'energia equivale ad una massa e ogni massa subisce l'attrazione gravitazionale) e trasforma la geometria dell'Universo in un spazio-tempo a quattro dimensioni (tre spaziali più una temporale), che viene deformato dalla presenza della materia, responsabile del campo gravitazionale intorno ad ogni stella come intorno a ogni altro corpo.



Una immagine della "croce di Einstein" (G2237+0305) fotografata con il telescopio spaziale Hubble. La foto mostra cinque macchie luminose. Quella centrale è una galassia distante 400 milioni di anni luce, le quattro attorno sono immagini di un unico quasar distante otto milioni di anni luce. La galassia interposta ha distorto i raggi luminosi, come una grande lente, creando quattro immagini.

comprensibile e non sensazionalistico in molti testi scientifici destinati al pubblico non specializzato. Molte sono le testimonianze di una condotta modesta e semplice, aliena alla sete di ricchezza e all'orgoglio: a Princeton lo stipendio dello scienziato viene aumentato rispetto alla sua richiesta, giudicata di un'esiguità imbarazzante. Ha un'indole schiva, lui stesso si definisce un

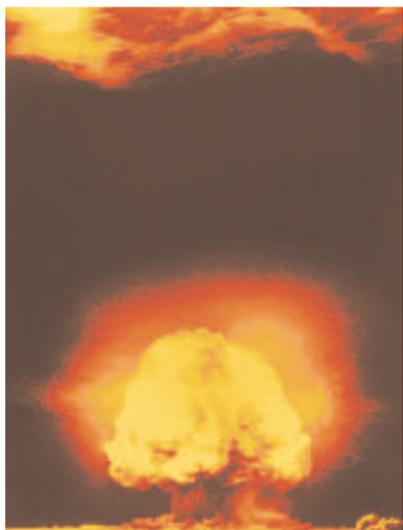
solitario, ma si sposa due volte: la prima nel 1903, dopo aver rimandato per tre anni a causa dell'incertezza economica, con Mileva Maric, una compagna di studi serba. Il matrimonio, osteggiato dai genitori e da cui nascono due figli, termina con il divorzio nel 1914 e poco dopo, a Berlino, Einstein sposa la cugina Elsa, con la quale rimane fino alla morte di lei, nel '36.

Coltiva per tutta la vita un grande amore per la musica, specialmente Mozart e Bach, e porta sempre con sé il suo violino, che suona con grande impegno fin dall'infanzia. Paragona, infatti, le sue due grandi passioni, quella per la conoscenza e quella per la musica, affermando che quest'ultima e la ricerca scientifica nascono da una stessa origine nell'animo umano.

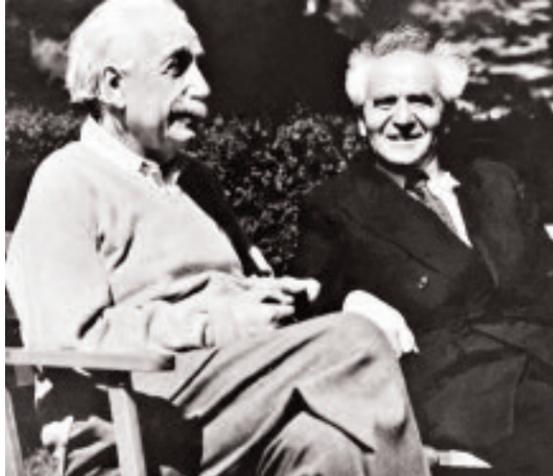
## L'IMPEGNO SOCIALE E CIVILE

*Per tutta la vita Einstein difende strenuamente ideali di pace, solidarietà e tolleranza, anche a costo di pagarne le conseguenze sulla sua stessa vita.*

Una parte fondamentale della personalità di Einstein sono il suo impegno nel campo dei diritti umani e la difesa degli ideali di giustizia, tolleranza, rispetto per le diversità, opposizione alla guerra e ad ogni sorta di violenza che hanno improntato la sua vita privata e le sue posizioni pubbliche (Sigmund Freud in uno scambio di lettere sull'argomento della



*L'esplosione della prima bomba atomica. Questa bomba faceva parte del progetto Manhattan ed esplose il 16 luglio del 1945 ad Alamogordo (New Mexico-USA). A. Einstein aveva incoraggiato la creazione della bomba atomica da parte degli Stati Uniti, dove viveva dal 1933, per battere sul tempo Hitler che stava per completarne a sua volta la costruzione. Dopo la Seconda Guerra Mondiale Einstein fu particolarmente attivo nelle campagne per il disarmo nucleare.*



*A. Einstein e David Ben-Gurion, fotografati a Princeton (New Jersey-USA) nel 1951. Ben-Gurion fu il primo Presidente del Consiglio dei Ministri di Israele. Einstein sostenne il movimento Sionista durante la formazione dello stato di Israele ma non accettò di diventarne presidente nel 1952.*

guerra lo definisce "amico dell'umanità"). Il suo rifiuto per l'esasperato nazionalismo e l'ideologia razziale nazisti è netta fin dall'inizio e il nazismo lo ricambia con altrettanta avversione: di famiglia ebrea, Einstein viene denigrato e osteggiato, il suo lavoro rifiutato come ebraico e comunista (di contro, le autorità sovietiche lo contestano perché ritengono sia in contrasto con il materialismo dialettico), i suoi beni vengono confiscati. In virtù della sua costante difesa della causa ebraica (tra l'altro, è attivo nell'istituzione dell'Università ebraica di Gerusalemme, alla quale dona i suoi scritti), diventa una figura di riferimento per la comunità ebrea, tanto che nel 1948 gli viene proposto di diventare Presidente del nuovo stato d'Israele, ma lo scienziato, benché convinto sionista, rifiuta. Sebbene sia animato da un profondo, innato pacifismo, il timore che la Germania possa costruire per prima la bomba atomica lo induce, nel '39, a scrivere una lettera al Presidente Roosevelt per sollecitare la realizzazione dell'ordigno da parte degli Americani. Ma nei dieci anni tra il bombardamento di Hiroshima e Nagasaki del '45 e la sua morte, Einstein si prodiga nel promuovere un utilizzo pacifico dell'energia nucleare e nel '55, con Bertrand Russell, firma un manifesto per sensibilizzare gli scienziati del mondo su "i pericoli che sono sorti come risultato dello sviluppo delle

armi di distruzione di massa". Interessato ai problemi della formazione, auspica una scuola che sviluppi nei giovani qualità "utili al benessere della comunità", ma al tempo stesso crei "individui che agiscano e pensino indipendentemente". Denuncia il pericolo che lo sviluppo scientifico e tecnico possa portare alla "meccanizzazione e disumanizzazione" dell'esistenza umana, critica il sistema capitalistico per il rischio dell'"aberrazione dell'individuo" e si orienta su posizioni liberali, vicine al socialismo. Queste opinioni attirano la vigilanza dell'FBI, che compie per praticamente vent'anni un lavoro di investigazione e spionaggio sullo scienziato, condotto personalmente da J. Edgar Hoover: un documento di quasi 2.000 pagine (liberamente consultabile sul sito dell'FBI, in base al Freedom of Information Act) testimonia l'incredibile indagine, incluse le infondate accuse mosse ad Einstein di essere comunista ed una spia sovietica e di usare tecniche di controllo della mente su colleghi scienziati.

## GLI ULTIMI ANNI

*La strenua ricerca di una teoria del campo unificato e la polemica quantistica contraddistinguono il lavoro degli ultimi decenni della vita di Einstein.*

Considerato in ovunque tra i più grandi scienziati di tutti i tempi, "iconizzato" anche a livello mediatico, rispettato per il suo impegno civile, Einstein negli ultimi decenni della propria vita si dedica in maniera sempre più esclusiva a ricerche conformi alla sua visione della fisica, in contrasto con le conseguenze concettuali derivanti dal punto di vista quantistico. Il lavoro scientifico di Einstein fonda le sue basi sulla visione classica della fisica, nel senso che lo scienziato cerca di dare della realtà una descrizione nella quale per ogni fenomeno si possa stabilire un chiaro rapporto fra causa ed effetto.

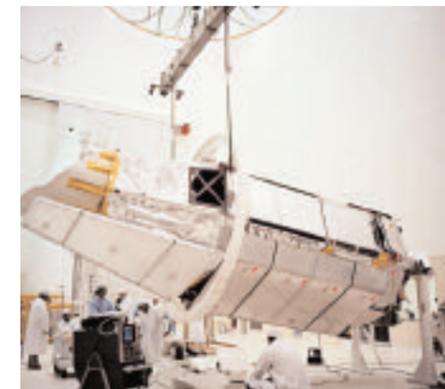
La fisica contemporanea, fondandosi sui principi della teoria quantistica - che descrive il comportamento dei sistemi atomici e subatomici e per la quale i singoli eventi che si svolgono su scala atomica non sono conoscibili in modo completo - non descrive l'evoluzione del sistema in esame, ma la probabilità che il sistema ha di evolversi verso un certo stato. Einstein, che con le sue scoperte aveva dato un apporto decisivo allo sviluppo della fisica quantistica, si trova così a criticarla per la sua negazione del determinismo e per la possibilità di effettuare solo limitate previsioni



*Einstein e Julius Robert Oppenheimer (1904-1967). Il fisico teorico Oppenheimer fu il direttore del progetto Manhattan, messo in atto dagli Stati Uniti per sviluppare la prima bomba atomica.*

statistiche probabilistiche (da qui la sua famosa frase: "Dio non gioca a dadi"). S'impegna con fervore, tanto da autodefinirsi un uomo ossessionato, nel tentativo di elaborare una teoria del campo unificato che coniughi le teorie del campo elettromagnetico e di quello gravitazionale. Specialmente dal 1945, quando si ritira dall'attività accademica, questa ricerca lo porta ad un progressivo isolamento sia rispetto alla strada intrapresa dalla scienza a lui contemporanea, sia nei confronti della vita quotidiana e dei rapporti sociali: "Sto seduto per ore e ore, come quando ero giovane, a pensare e fare calcoli, nella speranza di svelare profondi segreti... L'affannosa attività degli uomini mi attira sempre di meno e divento ogni giorno più isolato". Einstein è consapevole di come le sue ricerche per giungere ad una teoria organica non diano buoni frutti e lamenta la difficoltà dell'impresa, il cui obiettivo finale rimane lontano, ma afferma che lo aiuta comunque a non pensare alle preoccupazioni della vita d'ogni giorno, in un Paese e in un mondo in cui non riesce più a riconoscersi e di cui non condivide l'evoluzione e i valori importanti, troppo spesso lontani da quei principi etici per lui così importanti.

Muore il 18 Aprile 1955 all'ospedale di Princeton e il patologo che esegue l'autopsia, constatando il decesso per aneurisma dell'aorta, rimuove il cervello, lo pesa, misura e seziona in 240 fettine per esaminarlo, nel tentativo di trovare una corrispondenza tra la genialità dello scienziato e la sua morfologia cerebrale. Secondo uno studio a livello microscopico condotto nel 1985 all'Università di Berkeley risulta un numero maggiore rispetto alla media di cellule gliali (che sostengono l'attività dei



*Il satellite artificiale (HEAO-2) che ospitava l'osservatorio astronomico battezzato Einstein in onore del grande scienziato. Il satellite era equipaggiato con due telescopi a raggi X che, nei due anni e mezzo di vita utile dal 1978 al 1981, rivoluzionarono la astronomia a raggi X.*

neuroni), mentre, nel 1999, la neuropsicologa Sandra Witelson, dell'Università McMaster (Ontario, Canada), conclude che le anomalie nei lobi parietali da lei riscontrate nel cervello di Einstein potrebbero motivare le eccezionali capacità cognitive e simbolico-matematiche dello scienziato. Sono molte le perplessità sollevate dal mondo scientifico su questi studi: non solo per i dubbi sull'attendibilità di una ricostruzione della conformazione di un cervello tenuto in formaldeide per quarant'anni e sezionato in piccole parti, ma soprattutto per la complessa integrazione di fattori cognitivi e affettivi che concorrono a determinare le capacità intellettive di un essere umano. Del resto, non sarebbero eventuali prove fisiologiche della genialità di Einstein ad aggiungere qualcosa all'indubbia importanza dell'eredità di pensiero che ci ha lasciato, di enorme valore ancora oggi, tanto nel campo scientifico quanto in quello umano, come ci ricorda una sua indicazione circa la condotta da seguire nella vita: "soddisfare per quanto è possibile le aspirazioni e i bisogni di tutti, raggiungendo l'armonia e la bellezza nei rapporti umani".