



Rafaele Contu

**Einstein**



[www.liberliber.it](http://www.liberliber.it)

Questo e-book è stato realizzato anche grazie al  
sostegno di:



**E-text**

**Web design, Editoria, Multimedia**  
**(pubblica il tuo libro, o crea il tuo sito con E-text!)**

**[www.e-text.it](http://www.e-text.it)**

QUESTO E-BOOK:

TITOLO: Einstein

AUTORE: Contu, Rafaele

TRADUTTORE:

CURATORE:

NOTE:

CODICE ISBN E-BOOK: n. d.

DIRITTI D'AUTORE:NO

LICENZA: questo testo è distribuito con la licenza  
specificata al seguente indirizzo Internet:  
[www.liberliber.it/online/opere/libri/licenze](http://www.liberliber.it/online/opere/libri/licenze)

COPERTINA: n. d.

TRATTO DA: Einstein: intorno alla sua opera ed alla  
sua vita / Rafaele Contu. - Milano : Sonzogno,  
[1922]. - 23 p. : ritr. ; 18 cm. - Estratti dalla  
'Scienza per tutti' ; 4.

CODICE ISBN FONTE: n. d.

1a EDIZIONE ELETTRONICA DEL: 27 gennaio 2024

INDICE DI AFFIDABILITÀ: 1

0: affidabilità bassa  
1: affidabilità standard  
2: affidabilità buona  
3: affidabilità ottima

SOGGETTO:  
SCI061000 SCIENZA / Relatività

CDD:  
530.11 (21.) TEORIA DELLA RELATIVITÀ

DIGITALIZZAZIONE:  
Virginia Vinci

REVISIONE:  
Paolo Alberti, paoloalberti@iol.it

IMPAGINAZIONE:  
Paolo Alberti, paoloalberti@iol.it

PUBBLICAZIONE:  
Catia Righi, catia\_righi@tin.it  
Claudia Pantanetti, liberabibliotecapgt@gmail.com

# Liber Liber



Se questo libro ti è piaciuto, aiutaci a realizzarne altri.  
Fai una donazione: [www.liberliber.it/online/aiuta](http://www.liberliber.it/online/aiuta).

Scopri sul sito Internet di Liber Liber ciò che stiamo realizzando: migliaia di ebook gratuiti in edizione integrale, audiolibri, brani musicali con licenza libera, video e tanto altro: [www.liberliber.it](http://www.liberliber.it).

# Indice generale

Liber Liber.....	4
RELATIVITÀ.....	8
COORDINATE.....	9
IL PRINCIPIO MECCANICO DELLA RELATIVITÀ.....	11
IL PRINCIPIO SPECIALE DELLA RELATIVITÀ.....	12
IL CONTINUO QUADRIMENSIONALE.....	15
GRAVITAZIONE ED ACCELERAZIONE.....	16
IL PRINCIPIO GENERALE DELLA RELATIVITÀ.....	19
Intorno alla Teoria della Relatività di Alberto Einstein	24
LA CONCEZIONE EINSTENIANA DELL'UNIVERSO.....	27
ESPERIMENTI CRUCIALI.....	28
ILLIMITATO ED INFINITO.....	30
SPAZIO E MATERIA.....	31
DENSITÀ DELL'UNIVERSO.....	32
GEOMETRIA DELL'ESPERIENZA.....	35
GEOMETRIA EUCLIDEA E GEOMETRIE NON EUCLIDEE.....	36
L'IPERSFERA.....	39
CARATTERE METRICO DELLO SPAZIO.....	42
INTORNO AD ALBERTO ÈINSTEIN ED ALLA SUA OPERA.....	45

UN GIUDIZIO DI H. POINCARÉ.....	45
EXPERIMENTA CRUCIS.....	46
IL VALORE DELLA TEORIA EINSTENIANA....	49
COME FU ACCOLTA LA TEORIA.....	52
APPUNTI BIBLIOGRAFICI.....	54
QUADRO SINTETICO DELLA TEORIA.....	56
CONTRIBUTI ITALIANI ALLA TEORIA.....	58
L’UOMO.....	60

**RAFAELE CONTU**

**Einstein: intorno alla sua opera  
ed alla sua vita**

# RELATIVITÀ

*Scientific American è il titolo di una rivista settimanale di informazioni pratiche su la scienza e le industrie, che si pubblica a New York sin dal 1845. È sul tipo della nostra Scienza per Tutti e si occupa di frequente della Teoria della relatività, con pubblicazioni di articoli, di saggi e di frammenti di volumi, trattanti della Teoria stessa, dovuti ad ottimi scrittori.*

*Il fascicolo del 5 febbraio 1921 contiene un articolo di L. Bolton, di Londra, articolo che ha vinto il concorso bandito dalla rivista in parola, nel marzo 1920, inteso ad ottenere un saggio di non più di 3000 parole inglesi, che svolgesse, in modo semplice, le teorie dell'illustre fisico.*

*Il maggior numero dei concorrenti è stato dato dalla Germania, seguita subito dopo dall'Inghilterra (l'Italia ha dato anch'essa qualche concorrente). Tra i saggi ricevuti dalla Commissione esaminatrice ve n'erano di personalità notissime nel campo scientifico, come: il de Sitter, il Becquerel, lo Schlick; il vincitore era quasi ignoto. Il premio offerto da Eugenio Higgins, di New York, constava di 5000 dollari: qualcosa come 115 mila*

*lire: una bazzecola!*

*Tento una traduzione libera del lavoro premiato perchè molti lettori di Scienza per Tutti hanno manifestato il desiderio di conoscerlo. Il saggio originale non è certo eccellente e, forse, per la preoccupazione di non superare il numero delle parole assegnate per trattare l'argomento (per i curiosi il Bolton poteva impiegarne altre 71, chè il suo articolo ne ha 2919). Ma è certo anche che qualche parte, volutamente schematica, poteva essere più estesa e qualche altra, inutilmente diffusa, ridotta.*

*Aggiungo la rappresentazione del sistema del Gauss, perchè la ritengo non molto nota: grossolanamente le linee di un tal sistema possono considerarsi come i meridiani ed i paralleli tracciati su la superficie di un mappamondo.*

r. c.

\*\*\*

## COORDINATE.

Il lettore conosce probabilmente il metodo con il quale si individua la posizione dei punti situati sur un piano, per mezzo delle loro distanze da due rette, perpendicolari tra loro, o se i punti siano nello spazio, per mezzo delle rispettive distanze da tre piani, a due a due perpendicolari (come due pareti contigue ed il piano di fondo

d'una scatola).

Tale metodo, di fatto, è comunemente usato quando si voglia mettere in evidenza le relazioni che passano fra date quantità, mediante grafici o diagrammi. Questi *assi*, li si chiama così, insieme con le scale di misura, devono supporre rigidi, chè, se no, non è possibile la individuazione dei punti o degli avvenimenti, per la quale appunto sono usati. Le distanze di ciascun punto dagli assi si chiamano *coordinate*.

Quando un sistema di assi è usato per scopi scientifici bisogna aggiungerci degli orologi, che servono a determinare il tempo nel quale un dato avvenimento si verifica. Gli orologi devono essere sincronizzati ed avere un uguale ritmo; qui basti dire che tali condizioni si possono realizzare; come, non importa. Un sistema di assi con il rispettivo orologio sarà chiamato un *sistema di riferimento*, e ciascun osservatore si considererà provvisto di un tal sistema, partecipante al suo moto. Tutti gli oggetti che seguono il moto di un osservatore saranno chiamati suoi *sistemi*.

Si tratta ora di trovare, fra tutti i possibili sistemi di riferimento, quale di essi o quale categoria di essi convenga di più per la esposizione matematica delle leggi fisiche: la decisione spetta all'esperienza e il *principio della relatività* ce la indica.

## IL PRINCIPIO MECCANICO DELLA RELATIVITÀ.

È accertato che tutti i sistemi di riferimento sono egualmente adatti per la esposizione delle leggi generali della *meccanica*, ma con la restrizione che il loro moto sia rettilineo ed uniforme e non rotatorio. Il che si esprime con l'enunciato generale *che tutti i sistemi di riferimento animati di moto non accelerato sono equivalenti per la esposizione delle leggi generali della meccanica*, enunciato che costituisce il principio della relatività.

E stato riconosciuto peranco che le leggi della dinamica, così come sono state sinora formulate, abbracciano le seguenti supposizioni:

1.° Le dimensioni di un corpo solido sono indipendenti dal moto del sistema di riferimento.

2.° I tempi misurati sono egualmente indipendenti dal moto del sistema di riferimento.

Or è da vedersi: se tutte le dimensioni misurate nel proprio sistema da uno di due osservatori, animati di moto relativo al sistema stesso, appaiano uguali per entrambi o se le dimensioni degli oggetti e la misura del tempo non variano *qualunque* sia il moto relativo a un osservatore.

Tali supposizioni sembrano tanto chiare quanto è scarsamente verificabile il loro valore. In effetti esse sono entrambe false.

## IL PRINCIPIO SPECIALE DELLA RELATIVITÀ.

Ma se tutti i sistemi di riferimento animati da moto rettilineo ed uniforme sono equivalenti per gli scopi della meccanica, non così è per le leggi generali della fisica e tanto meno quanto più le supposizioni già esposte divergono ad esse. Le leggi dell'Elettromagnetismo alterano la loro forma armonizzandola con il moto del sistema di riferimento: se quelle supposizioni fossero vere, le azioni elettromagnetiche sarebbero diverse a seconda del moto del sistema nel quale le si verifica. In ciò non vi sarebbe alcuna impossibilità aprioristica, ma v'è una discordanza con l'esperienza.

Il moto di ciascuna località della Terra muta d'ora in ora: ma nelle azioni elettromagnetiche non v'è alcuna variazione corrispondente. Tuttavia si è accertato: che le difficoltà scompaiono, quando si scartano quelle supposizioni e che le leggi elettromagnetiche conservano la loro forma in ogni caso di moto rettilineo ed uniforme.

In armonia con la teoria della relatività i punti di partenza che sostituiscono quelle supposizioni possono essere dati dai postulati seguenti:

1.° Un osservatore non può accorgersi del moto non accelerato del suo sistema, quali che siano le esperienze istituite sul sistema stesso.

2.° La misura della velocità della luce nel vuoto non è influenzata dal moto relativo tra la sorgente della luce e l'osservatore.

Entrambi i postulati possono essere avvalorati dall'esperienza. Per il primo citiamo la difficoltà che comunemente incontra un viaggiatore, che prenda posto in un treno, in marcia a piccole velocità, quando voglia constatare se il treno stesso, od altro che gli passi accanto, sia in moto. Perchè il viaggiatore possa darsi una risposta definitiva, deve attendere o un urto (che è effetto dell'accelerazione) o vedere un oggetto che egli sa fermo, ad esempio un fabbricato (cioè: deve istituire una esperienza su qualcosa che sia fuor del suo sistema).

Il secondo postulato è una semplice conseguenza della teoria ondulatoria della luce. Come le onde del mare originate da un bastimento in moto, si propagano con una velocità che non dipende da quella del bastimento, così le onde nello spazio si propagano con una velocità che non ha alcuna relazione con quella del corpo che le origina. Questa affermazione è basata su l'esperienza e vale quale che sia l'ipotesi con la quale si voglia spiegare il meccanismo della propagazione della luce.

Non è difficile dedurre dai due postulati alcune interessanti conclusioni riferite ai sistemi di due osservatori  $A$  e  $B$ , in moto relativo. Citiamo fra esse:

1.° – Gli oggetti del sistema di  $B$  appaiono ad  $A$  meno lunghi nel senso del moto relativo, di quanto non appaiano a  $B$ .

2.° – Reciprocamente,  $B$  ritiene che le misure di  $A$ , nel sistema di  $A$ , sian più grandi,

3.° – In modo analogo, per i tempi, ciascun osservatore crede che l'orologio dell'altro abbia un ritmo più

lento del proprio, così come le durate dei tempi di  $B$  appaiono più corti a  $B$  che non ad  $A$ , e reciprocamente.

4.° – Gli avvenimenti che sono simultanei per  $A$  non lo sono in generale anche per  $B$  e viceversa.

5.° – Le lunghezze normali alla direzione del moto non mutano.

6.° – Le variazioni annunziate sono proporzionali al rapporto tra la velocità relativa e quella della luce: maggiore è la velocità relativa, maggiori sono le variazioni; le quali scompaiono quando non si abbia una velocità relativa.

7.° – Alle velocità ordinarie le variazioni sono talmente ridotte che sfuggono alla nostra osservazione. Esse han valore tuttavia, più che per la loro grandezza, per il fatto che si verificano, che avvengono.

8.° – Gli osservatori stimano differentemente le velocità dei corpi in ciascun sistema diverso dal proprio. Ma la velocità della luce, nondimeno, appare sempre la stessa a tutti gli osservatori

Considerando il quadro, così perfezionato, dello spazio e del tempo, il principio meccanico della relatività può essere così esteso a tutte le leggi fisiche generali: *tutti i sistemi di riferimento animati di moto non accelerato sono equivalenti per la esposizione delle leggi generali della fisica.*

Sotto tal forma il principio assume il nome di: *Principio della relatività speciale o ristretta*; ristretta perchè limitata ai soli casi nei quali il moto del sistema di riferimento sia rettilineo ed uniforme.

Naturalmente le leggi della meccanica classica devono essere modificate poi che la supposizione della invariabilità delle dimensioni non è più applicabile.

## IL CONTINUO QUADRIMENSIONALE.

Lunghezze e tempi non hanno quel carattere formale, *assoluto* che loro si attribuisce. Così come ci si presentano, non sono se non relazioni che passano tra l'oggetto e l'osservatore, mutevoli a seconda del moto relativo dell'osservatore rispetto all'oggetto; – il tempo non può quindi essere più considerato come qualcosa di indipendente dallo spazio e dal moto. – Ma, ci chiediamo allora: che cosa è dunque la realtà? – V'è una risposta possibile, una sola. – Questa: gli oggetti devono essere considerati come esistenti in un sistema a quattro dimensioni: tre dimensioni spaziali (lunghezza, larghezza, altezza), le prime e una quarta, il tempo.

La denominazione spazio è ancora applicabile per analogia a un tal sistema che ha preso il nome di CONTINUO; ai punti dello spazio tridimensionale, nel CONTINUO corrispondono gli AVVENIMENTI. Per *dimensione* bisogna intendere semplicemente una delle quattro quantità indipendenti che localizzano un avvenimento nel CONTINUO.

Non è possibile costruire una chiara immagine mentale di quel che sia un CONTINUO; l'uomo comune non ha le facoltà necessarie alla bisogna: in ciò il matematico

gode di una notevole superiorità. Non che egli possa concepire il continuo meglio che non un un altro uomo, ma i suoi simboli gli permettono di porne in evidenza le proprietà peculiari e di esporle in una forma acconcia ad essere studiate esattamente, senza la necessità di alcuna rappresentazione reale o la possibilità di dubbi su la ammissione o meno di quelle proprietà su le quali gli altri uomini poggiano la loro concezione.

## GRAVITAZIONE ED ACCELERAZIONE.

La limitazione della legge generale ai soli sistemi animati di moto uniforme non è soddisfacente. Difatti la vera concezione di una legge *generale* rifugge dal concetto di *limitazione*. Ma le difficoltà che si incontrano nel formulare una legge tale che sia valevole per tutti gli osservatori, i cui sistemi possan muoversi con differenti e, possibilmente, variabili accelerazioni, sono gravi.

Le accelerazioni implicano l'esistenza di forze, le quali possano essere supposte per formulazione di principî dinamici generali; ed inoltre il comportamento delle canne di misura e degli orologi sarebbe così mutevole da rendere privi di significato termini come: rigidità e tempi misurati, e peranco da proscrivere l'uso di scale rigide o di sistemi rigidi di riferimento, basi sostanziali nell'esame che or ora abbiamo fatto.

Il seguente esempio, dovuto all'Einstein, chiarirà quanto si è detto e indicherà inoltre come si possa supe-

rare la difficoltà. Si consideri un sistema rotante: poi che la rotazione è un caso particolare di accelerazione, esso ci servirà come esempio per la trattazione dei sistemi accelerati. Come si vedrà, potremo fare a meno di attribuire una accelerazione al sistema quando la teoria generale sia completamente sviluppata.

Consideriamo un osservatore, su di un disco rotante, che sia isolato, in modo che gli manchi un mezzo diretto per accorgersi del moto rotatorio. Egli dovrà riferire gli avvenimenti, che si verificano sul disco, a un sistema di riferimento, fisso per rapporto a questo, ma partecipante al suo moto.

Come si sposti sul disco, l'osservatore noterà che egli stesso, così come tutti gli oggetti su di esso (indipendentemente dalla loro costituzione e dal loro stato), sia soggetto ad una forza diretta da un certo punto posto su di esso, aumentabile con la distanza misurata dal punto stesso. Tale, punto, benchè l'osservatore non possa riconoscerlo come tale, è il centro della rotazione.

Lo spazio intorno al disco presenta le caratteristiche di un campo di gravitazione. Come sappiamo, quella forza differisce dalla gravità per il fatto che essa è diretta *dal* centro, invece che *verso* il centro, e obbedisce a diverse leggi per rapporto alle distanze, ma ciò non influisce su le proprietà caratteristiche: che essa agisce ugualmente su tutti i corpi e che ad essa un corpo non può sottrarsi se se ne interponga un altro. Un osservatore, prevenuto della rotazione del disco, direbbe che la forza è centrifuga: cioè la forza dovuta all'inerzia, eser-

citata sempre da un corpo che sia accelerato.

Presso a poco così suppone l'osservatore stando nel punto del disco dove non sente alcuna forza, e cercandone qualche altro, confrontando (per mezzo di successivi riporti di una canna di misura) la circonferenza di un circolo avente il centro in quel punto, con il suo diametro. La canna di misura quando è riportata lungo la circonferenza, è una lunghezza che si muove relativamente all'osservatore, per ciò soggetta a una contrazione. Quando la si riporta radialmente per misurare il diametro, tale contrazione non si verifica. La canna dovrà perciò riportarsi proporzionalmente un maggior numero di volte su la circonferenza che non sul diametro e il numero rappresentante il rapporto della circonferenza del cerchio, al diametro così misurato, sarà maggiore di  $\pi=3.14159\dots$  valore ordinario del rapporto stesso.

Inoltre la velocità relativa diminuisce a mano a mano che il centro è riavvicinato, sì che la contrazione della canna di misura è minore quando sia applicata a un più piccolo cerchio; e il valore del rapporto della circonferenza al diametro, mentre è ora maggiore dell'ordinario, si avvicinerà a questo più che non prima e: più piccolo è il circolo, minore sarà la differenza del rapporto da quello ordinario. Per i cerchi i cui centri non sono nel punto in cui la forza è nulla, la discordanza è ancor maggiore poichè le velocità relative all'osservatore di loro punti, ora mutano da punto a punto.

L'intero sistema geometrico così come lo conosciamo è così disorganizzato. La rigidità diventa un termine

senza significato, poichè le misure con le quali solo essa può essere provata, sono esse stesse soggette alle alterazioni di cui trattiamo. Per questo lo spazio misurato dagli osservatori non è quello euclideo; cioè nella regione che consideriamo, le misure non sono conformi al «sistema di Euclide».

Uguale discordanza per gli orologi. – Due orologi non avranno generalmente lo stesso ritmo e uno stesso orologio altererà il suo ritmo quando si muova.

## IL PRINCIPIO GENERALE DELLA RELATIVITÀ.

La regione perciò richiede una propria geometria dello *spazio-tempo*; e deve essere notato: che con questa speciale geometria è associato un campo definito di gravitazione e che se questo cessa di esistere, per esempio se il disco è riportato allo stato di quiete, tutte le irregolarità di misura scompaiono e la geometria della regione diventa euclidea. Questo caso particolare illustra le seguenti proposizioni, che formano le basi di questa parte della teoria della relatività.

1.° Ad ogni campo di gravitazione è associato un sistema geometrico, cioè una struttura di spazio misurato, propria del campo stesso.

2.° La massa pesante e la massa d'inerzia sono tutta una cosa.

3.° Poichè in tali regioni i metodi ordinari di misura falliscono, a causa della indeterminatezza dei metodi,

i sistemi geometrici devono essere indipendenti da ogni particolare misurazione.

4.° La geometria dello spazio nel quale non esista alcun campo di gravità, è euclidea.

La connessione tra un campo di gravità e la sua appropriata geometria, suggerita dal caso nel quale l'accelerazione sia la loro causa comune, è così ammessa quale che sia la causa che origina il campo.

Questa è naturalmente una mera ipotesi da sottoporsi, per il giudizio, all'esame sperimentale dei risultati che da essa derivano.

Un campo di gravità è dovuto alla presenza di materia. La materia, per ciò, presunta connessa a una geometria speciale, induce così qualche peculiare contrazione nello spazio, la quale rende inapplicabili i metodi di Euclide o piuttosto vogliamo dire che la geometria di Euclide è la forma particolare che assume la geometria più generale, quando la materia è assente o così lontana da non far sentire la sua influenza. Il fare a meno della nozione dell'accelerazione dopo tutto non muta il punto di vista, poichè in ogni circostanza si suppone che l'osservatore non avverta l'accelerazione. Tutto ciò che si sa è che un campo di gravitazione e la sua geometria coesistono.

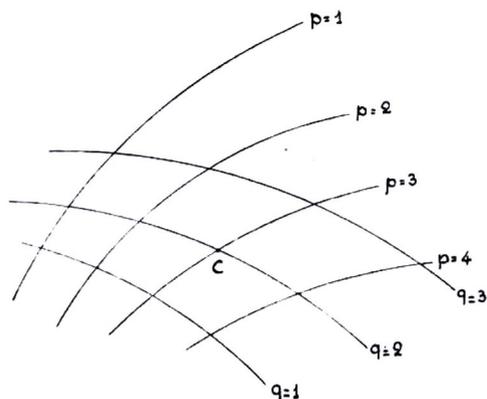
L'idea di costruire un sistema geometrico che non si basi su le misurazioni, a prima vista, sembra non potersi attuare. Pure lo è stato. Il sistema consiste nel definire i punti non per mezzo delle loro distanze da linee o piani (poi che ciò esigerebbe delle misure) ma assegnando

loro numeri arbitrari che servano quali tabelle non recanti alcuna indicazione di distanze misurate, così come una casa è indicata in una città dal suo numero e dalla sua via. Se questa indicazione sia fatta sistematicamente, alla condizione che le tabelle-numeri possano individuare punti vicinissimi tali che differiscano solo di quantità infinitesime noi abbiamo costruito il sistema cercato, che apparirà meno artificioso quando si pensi che, più che avere le lunghezze degli oggetti, occorre individuare gli oggetti stessi, il che appunto vogliamo, ed è ottenuto con il sistema che, dal matematico Gauss che lo propose, prende il nome di *coordinate del Gauss* (figura).

Le leggi fisiche, se si vuole che abbiano la massima generalità devono essere espresse a mezzo di tali coordinate e il principio della relatività generale può esser così formulato: *tutti i sistemi del Gauss sono equivalenti per la enunciazione delle leggi fisiche generali.*

A tal uopo il metodo indicato non è riferito allo spazio euclideo ma al *continuo spazio-tempo* quadrimensionale.

Il concetto è un po' difficile e può diventarlo maggiormente per chi creda di poterselo direi quasi, materializzare, appunto per la difficoltà contro cui cozza. Ma ciò non è necessario, fortunatamente: la ricerca della materializzazione è fatta solo da quelli che non sono abituati a concepire per simboli.



*Coordinate del Gauss.* – Nessuna curva  $p$  deve incontrare un'altra curva  $p$ ; così anche le  $q$ . Tra la curva  $p=1$  e quella  $p=2$  devono immaginarsi infinite curve, quanti sono i numeri reali compresi tra 1 e 2; così anche per le  $q$ . Cioè: a ogni punto della superficie corrisponde una curva  $p$  e una curva  $q$ . Il punto  $C$  ha per coordinate  $p=3$ ,  $q=2$ . Il che si indica con notazione comune:  $C: p=3; q=2$ .

Tra le leggi fisiche, quella della gravitazione è la più importante perchè appunto la geometria è determinata dalla massa pesante e la geometria determina la forma di ogni altra legge. La connessione fra geometria e gravitazione ci dà la legge di gravitazione. Questa legge ci dice che la legge del Newton (su la proporzionalità inversa ai quadrati delle distanze) è solo approssimata ma tanto da poter essere considerata vicinissima all'esattezza per tutti i moti dei corpi celesti entro i limiti delle osservazioni.

È stato anche visto che lo scarto dal sistema euclideo è reso più sensibile dalla rapidità del moto, ma i moti di quei corpi sono ordinariamente troppo lenti perchè si

possa avvertire lo scarto stesso.

Nel caso di *Mercurio* il moto è sufficientemente rapido: ma l'anomalia del suo moto fu per lungo tempo un enigma per gli astronomi ed è stata spiegata solo dalla legge più generale della gravitazione formulata dall'Ein-stein.

Un'altra deduzione è quella della soggezione della luce alla gravità, dovuta a due previsioni, una delle quali ha avuta la sanzione della verifica sperimentale. La verifica dell'altra è ancora incerta; bisogna a tale riguardo tener conto delle rilevanti difficoltà che presentano le necessarie osservazioni.

Se la luce è soggetta alla gravitazione segue che la costanza della sua velocità, ammessa nella prima parte di questo articolo, non è verificata in un campo di gravitazione. Questa, in realtà, non è una contraddizione. La velocità della luce è costante fuori dell'influenza della gravitazione, condizione questa necessaria perchè il moto non sia accelerato. Così, il principio della relatività speciale non è se non un caso particolare del principio della relatività generale

LYNDON BOLTON.

(*Adattamento di* RAFAELE CONTU.)

## Intorno alla Teoria della Relatività di Alberto Einstein

Rispondo a una domanda dell'ing. Paolo Vacca.

Il libro citato nell'introduzione all'articolo di Charles Nordmann apparso nel N.° 14 di *S. p. T.*, è di *A. Stanley Eddington*, del Reale Osservatorio di Greenwich, pubblicato a Cambridge nel 1920, da «The University Press», sotto il titolo: *Space, Time and Gravitation. An outline of the general Relativity Theory* (Spazio, tempo, gravitazione – Esposizione elementare della teoria della relatività generale) al costo di 16 scellini. Non è tradotto in italiano, certo, e, a quanto mi consta, nè pure in francese.

*Pubblicazioni italiane su la Teoria (particolare e generale).*

La rivista «Scientia» di Bologna, diretta da Eugenio Rignano, edita dallo Zanichelli, ha pubblicati parecchi articoli su l'argomento: del *Castelnuovo*, nel 1911 («Il principio di relatività e i fenomeni ottici»), del *Langevin*, nel 1911 («L'évolution de l'espace et du temps»), dell'*Einstein*, nel 1914 («Sopra il problema della relatività»), dell'*Amaduzzi*, nel 1918 («Le principe de relati-

vité»), del *Palatini*, nel 1919 («La teoria di relatività nel suo sviluppo storico»); di *Max Abraham*, già insegnante di Meccanica razionale nel Politecnico di Milano, nel 1914, tutt'altro che entusiasta della Teoria («La nuova meccanica»). La rivista *l'Arduo*, di Bologna, edita dal Cappelli, ha pubblicata nel fasc. 2° (1921), la conferenza tenuta dall'*Einstein* nella Università di Leida: «L'etero e la Teoria della relatività».

Il compianto prof. *Augusto Righi*, che negli ultimi suoi anni si dedicò allo studio della Teoria, pubblicò le seguenti memorie nella «Raccolta della Regia Accademia di Bologna»: *L'esperienza di Michelson e la sua interpretazione* (2 memorie – 1919); *Sulle basi sperimentali della Teoria della relatività* (1920); *Su la teoria della relatività e sopra una esperienza decisiva per la necessità di ammetterla* (1920); *Sopra una recente nota relativa alla esperienza di Michelson* (1920).

Un volume con la trattazione completa, estesa, o rigorosa o piana della teoria, credo che in Italia non si trovi. Io preparo alcune traduzioni di opere straniere, che attendono l'editore; e, se il tempo mi basti e la fatica non mi sia troppo greve, porrò mano ad una pubblicazione destinata ad essere accessibile alle culture medie, che tratti della genesi storica della teoria e la sviluppi dettagliatamente in ogni sua parte mirando a chiarirne le risultanze.

*Pubblicazioni straniere*: Germania, Inghilterra. Francia: ne versano a piene mani nel mercato librario. Qualsiasi bibliografia che io potessi fare sarebbe incompleta

e vi rinunzio.

Un libro di *Lucien Fabre*: «*Les Theories d'Einstein*», edito in Parigi da Payot e C.ie, 106, Boulevard Saint-Germain (costa Fr. 7,50), parmi stia nella via di mezzo tra la trattazione rigorosa e quella semplice, piana, che valga per i più; certo chi la legga con attenzione riesce a farsi un'idea chiara della Teoria. Tra l'altro, ha il pregio di farsi leggere senza annoiare; è cosa non comune per un libro scientifico.

RAFAELE CONTU.

# LA CONCEZIONE EINSTENIANA DELL'UNIVERSO

L'UNIVERSO È FINITO, SEBBENE ILLIMITATO

*L'articolo che segue è il rifacimento di un saggio del Scientific American Monthly del giugno 1921, dovuto al professor L. P. Eisenhart.*

*Ho cercato di esporre i concetti che lo incardinano, nel modo più semplice possibile, sì che possano essere facilmente compresi ed assimilati.*

*L'argomento è interessantissimo, anche considerato a sè, ciò è, indipendentemente dalla teoria della Relatività. Spalanca innanzi a sè meravigliose possibilità logiche e metafisiche che potranno essere rivelate solo da un Genio.*

*Consiglio la lettura dell'opera Le problème de l'espace di J. ALVAREZ DE TOLEDO, edita da Felix Alcan in Parigi nel 1920, non tradotta in italiano, a quanti lettori della «S. p. T.» si occupano della Relatività: potrà approfondire molti dei concetti espressi nel presente articolo.*

R. C.

\*\*\*

Taluni scienziati competenti vollero saggiare il valore positivo delle previsioni formulate dalla Teoria della Relatività dell'Einstein, con esperienze, appositamente istituite, tali che, dalla concordanza o meno dei risultati delle esperienze stesse con quelli previsti dal fisico tedesco, si potesse concludere per l'accettazione o meno della Teoria.

## ESPERIMENTI CRUCIALI.

Tali esperienze furono per ciò chiamate *experimenta crucis*. Esse riguardano:

- 1) la incurvatura della traiettoria della luce in vicinanza del Sole;
- 2) il movimento del perielio di Mercurio;
- 3) lo spostamento delle linee dello spettro solare;
- 4) il movimento di una particella materiale in un campo di gravitazione.

Tutte e quattro diedero risultati *vicinissimi* a quelli previsti dall'Einstein (non perfettamente identici per *inevitabili* errori di osservazione) e per ciò la Teoria convinse gli scienziati.

Diamo qualche notizia su gli esperimenti.

I. – La legge del Newton prevede una deviazione della traiettoria della luce, nelle condizioni accennate, di  $0''87$ , il calcolo dell'Einstein la prevede di  $1''74$ . Astronomi inglesi osservanti da due distinte stazioni l'eclisse

totale del 19 maggio 1919, l'Eddington a Prince, nel golfo della Guinea, il Crommelin a Sobral, nel Brasile, trovarono i valori di  $1''61$  in una stazione (cielo nuvoloso) e di  $1''98$  nell'altra stazione (cielo sereno). Lievissima è la differenza Einstein-esperimentatori; quella Einstein-Newton è invece doppia del valore Newton. Evidentemente l'esperienza ha confermati i dati dell'Einstein e però valorizzata la sua Teoria.

II. – Mercurio presenta nel suo moto una anomalia che gli astronomi non erano mai riusciti a spiegare servendosi delle leggi del Newton e del Keplero, secondo le quali il pianeta dovrebbe avere per traiettoria un'ellisse. L'Einstein con i suoi calcoli che conducono ad una legge che contiene come caso particolare quella del Newton, afferma che la traiettoria non è un'ellisse ma una diversa curva e trova che per ogni secolo, la variazione della traiettoria è di  $43''$ . Le esperienze diedero un valore di  $45''$ . Indubbiamente la spiegazione del movimento di Mercurio è la prova migliore che possano invocare gli einsteniani per sostenere il valore della Teoria.

III. – Si sa che nella fotosfera, avviluppante il Sole, v'è presenza di sodio, il quale come gli altri metalli ha una riga propria di Fraunhofer. L'Einstein afferma che le vibrazioni di una molecola di sodio solare sono più lente di quelle di una molecola di sodio terrestre e che per ciò la riga di Fraunhofer del sodio solare deve essere più vicina al rosso che non quella del sodio terrestre e trova con il calcolo una differenza dell'ordine dei miliardesi-

mi di millimetro. Le esperienze del Fabry e del Buisson confermano il calcolo.

IV. – Basti qui dire che l'esperienza ha provata la giustezza delle equazioni date dall'Einstein, che differiscono da quelle newtoniane per un termine additivo.

## ILLIMITATO ED INFINITO.

Ma quando lo stesso Einstein, in armonia con la sua più generale Teoria, afferma che l'Universo è *illimitato* ma *non è infinito*, e la sua affermazione non è probabile se non con il calcolo, ecco che tutti un po' diventano diffidenti. Non solo: chiedono anche quale significato abbia l'affermazione.

Noi siamo abituati a considerare le parole: *illimitato* ed *infinito* come sinonimi che esprimono una stessa *condizione*, una stessa proprietà, ad esempio: per la quale un dato oggetto ha una grandezza maggiore di quella che nei possiamo riescire a concepire, i cui limiti non riesciamo a vedere, nè pure mentalmente, non che visualmente. L'Oceano, visto in lontananza di ogni lembo di terra, è per noi apparentemente infinito, perchè non riesciamo a vederne i limiti, i confini; questo esempio grossolano dà un'idea approssimativa del nostro comune punto di partenza per la concezione dell'infinito.

Appare quindi manifesta la necessità di chiarire il senso delle due parole, allo scopo di convincersi che esse non sono due sinonimi, ma esprimono di fatto due

concetti diversi.

Consideriamo un meridiano qualsiasi tracciato in uno dei comuni mappamondi sferici che noi siamo abituati a vedere sin dai primi anni dei nostri studi e immaginiamo che un qualsiasi essere vivente, di grandezza ben s'intende, piccola, percorra il meridiano passando per uno stesso punto di esso senza che ne accorga, senza cioè che possa segnare il principio ed il termine della sua traiettoria, ciò è il meridiano, in modo che la traiettoria sia *illimitata*. Ma il meridiano, abbiamo supposto il mappamondo sferico, è misurabile ed uguale al prodotto del suo diametro per la costante  $\pi$ , e cioè la traiettoria è *finita*. Riteniamo che l'esempio, pur non essendo il migliore, valga a chiarire quanto più sopra abbiamo detto, allo scopo di poter procedere innanzi con una certa sicurezza.

## SPAZIO E MATERIA.

La Meccanica classica o newtoniana, cioè quella preesistente alle concezioni dell'Einstein e del Lorentz (non poco è il merito di questo nella storia della Teoria della Relatività), ammette, basandosi su la geometria euclidea, che ne rappresenta in modo meraviglioso le leggi:

- lo spazio si estende indefinitamente in tutte le direzioni;
- lo spazio ed in tempo sono due entità distinte non

solo, ma anche indipendenti l'una dall'altra;

– la materia è distribuita nello spazio in tutte le direzioni.

La scoperta di sempre nuove stelle rivelate dagli astronomi, come esistenti in disparate direzioni nel cielo, ci convince ognora più che:

– lo spazio è infinito in tutte le direzioni;

– in ogni regione dello spazio esiste della materia.

Tutto ciò contraddice alla teoria newtoniana su la gravitazione, quando sia applicata all'Universo intero?

## DENSITÀ DELL'UNIVERSO.

Per *densità media* della materia racchiusa in un corpo, intendiamo una parte della materia stessa, ciò è, quella contenuta nel volume unitario del corpo, supponendo che la materia sia ugualmente distribuita in ogni parte di esso corpo. Ne deriva che se  $M$ =massa,  $V$ =volume,  $\delta$ =densità media.

$$M=V\delta$$

relazione dalla quale possiamo dedurre che se  $M$  non varia, quando cresce  $V$ ,  $\delta$  diminuisce e, viceversa, quando  $V$  diminuisce,  $\delta$  cresce.

Ciò premesso torniamo all'Universo.

La sua *densità media*, sempre ammessa uniforme la distribuzione della materia, sarà espressa dalla quantità di materia contenuta in un volume unitario. Possiamo,

evidentemente, considerare due casi, che rappresentano tutte le possibilità:

- densità uguale a zero;
- densità diversa da zero;

ed esaminarli partitamente, riferendoli alle supponibili qualità estensive dello spazio e della materia.

I. – *Densità uguale a zero*: sarebbe il caso in cui la somma  $M$  delle quantità di materia contenuta dell'Universo fosse finita e tutta compresa in una porzione  $V$  limitata dell'Universo, per modo che nel resto  $V'$  dell'Universo la materia fosse assente. La densità media dell'Universo sarebbe:

$$\delta = \frac{M + 0}{V + V'} = \frac{M}{\text{infinito}} = 0$$

Ciò è  $M = \delta \times \text{infinito} = \text{infinito}$  il che è contraddittorio con la premessa che  $M$  sia finita.

II. – *Densità diversa da zero*. – La materia si supponga distribuita da per tutto nell'Universo. Consideriamo una porzione sferica molto grande dell'Universo, ossia un settore sferico e l'attrazione che su di un corpo posto su la sua superficie esercita la massa della materia contenuta nel settore. La densità media della materia stessa sarà, approssimativamente, uguale alla densità media dell'Universo.

Per la legge di gravitazione del Newton ed un teorema dovuto al Gauss, la forza d'attrazione, alla quale è soggetto il corpo, è proporzionale al prodotto del raggio della sfera, alla quale appartiene il settore considerato, per la densità media, cioè è ( $c$  è una costante):

$$F = c(R \cdot \delta)$$

Evidentemente a mano a mano che il raggio cresca, ossia la sfera diventi più grande, anche  $F$  deve crescere, illimitatamente, e, poi che  $F=ma$  e  $Ft=mv$ , di conseguenza la velocità del corpo dovrà pure crescere indefinitamente. Tale conclusione, logica, non è però suffragata dall'esperienza e, infatti, nessun astronomo, sinora, ha mai rilevate velocità così forti come quelle prevedibili da questa conclusione.

III. – Se la densità media dell'Universo fosse zero, e, cioè, si verificassero le condizioni esposte nel comma I, poichè l'energia, e più propriamente, l'energia luminosa, si deve irradiare anche nella porzione dell'Universo, dove la materia è assente, si avrebbe una graduale diminuzione dell'energia stessa (che cosa la riceverebbe, infatti, se in quella porzione v'è il *nulla*?) il che contrasta con il principio della conservazione dell'energia.

In nessuno dei due casi (densità uguale a zero, densità diversa da zero) esaminati con l'ausilio delle leggi della Meccanica classica, troviamo gli elementi per una risposta alla domanda che ci siamo posta.

L'astronomo Seeliger che, primo, rilevò le incongruenze della legge del Newton, quando la si applichi all'Universo, considerato come un tutto, prospettò la possibilità dell'esistenza di materia, con *densità negativa*, sì che la densità media potesse essere zero e quindi valessero le condizioni del comma I, senza la contraddizione al principio della conservazione dell'energia, che abbiamo rilevata nel comma III.

Ma il concetto del Seeliger non può certo soddisfare.

## GEOMETRIA DELL'ESPERIENZA.

V'è qualche ragione per ritenere che la Teoria generale della Relatività possa darci una soluzione giusta e convincente del problema che ci occupa.

Secondo tale teoria, lo spazio è caratterizzato dalla materia che esso racchiude; non solo: *la vera esistenza dello spazio è subordinata alla esistenza della materia*. Con ciò la Teoria non assume alcuna ipotesi aprioristica circa il carattere dello spazio, come nè pure circa la geometria dello spazio.

La geometria dell'Einstein, della quale intendiamo parlare, è una geometria essenzialmente pratica, condotta su le basi dell'esperienza. Non è quella euclidea, che noi siamo stati abituati a considerare come la sola possibile; ma non per ciò è meno giusta, poi che, come quella euclidea – ed anzi più – riesce a rappresentarci tutte le relazioni che a noi interessano. Dice il Poincarè che non esistono geometrie più o meno *vere*, ma soltanto geometrie più o meno *comode* e illustri geometri hanno sviluppati diversi generi di geometria, rispondenti al requisito di comodità. Citiamo il Lobatschewski e il Rieman.

## GEOMETRIA EUCLIDEA E GEOMETRIE NON EUCLIDEE.

La geometria piana di Euclide, così come la trigonometria piana, studia le proprietà metriche del piano. È intuitivo il concetto di piano euclideo; per fissare le idee lo chiameremo *spazio euclideo bi-dimensionale*, cioè a due dimensioni, il che significa che, dato un punto sul piano, possiamo individuarne la posizione per mezzo delle sue distanze (due) da due rette, situate sul piano, perpendicolari, così come, se vogliamo determinare la posizione di una lettera di una parola scritta su un foglio di carta, dobbiamo misurare le distanze della parola stessa da due lati consecutivi del foglio stesso.

Dal concetto di piano, per semplice generalizzazione, si passa a quello di spazio euclideo, che chiameremo *spazio euclideo tri-dimensionale*, cioè a tre dimensioni, il che significa che, dato un punto nello spazio, possiamo determinarne la posizione per mezzo delle sue distanze (tre) da tre piani tra loro perpendicolari, così come, se vogliamo determinare la posizione di una lampada appesa al soffitto della nostra camera, dobbiamo misurare le sue distanze dal soffitto stesso e da due pareti contigue.

Sia le due distanze nel piano, sia le tre nello spazio si chiamano *coordinate cartesiane* (da Cartesio che primo le imaginò); le due rette perpendicolari e i tre piani perpendicolari, dai quali si misurano le distanze, si chiama-

no *sistemi di coordinate cartesiane*.

Oltre questo sistema possiamo immaginare quanti si voglia sistemi di coordinate.

Un cilindro, in uno spazio euclideo tri-dimensionale, può farsi sempre rotolare su d'un piano in modo che i punti successivi della sua superficie *aderiscano* sempre, perfettamente, al piano stesso. Se supponiamo di svolgere sur un piano la superficie laterale di un cilindro (avvolgiamo il cilindro con un foglio di carta, che lo copra interamente, e svolgiamolo: il foglio ci rappresenterà la superficie laterale del cilindro), le linee *geodetiche*, che uniscono cioè due punti della superficie con la più breve distanza, si trasformeranno in due linee rette e l'angolo formato dall'incontro di due di esse conserverà inalterato il suo valore. La geometria della superficie del cilindro, come pure quella di ogni altra superficie che sia *svolgibile* sur un piano, è la stessa che quella del piano e la chiameremo la superficie del cilindro e le altre consimili nel carattere di svolgibilità, *spazi euclidei bi-dimensionali*.

La superficie di una sfera all'incontro non è svolgibile sur un piano e per ciò le sue proprietà metriche, come possiamo constatare con i teoremi della geometria sferica e con le formule della trigonometria sferica, sono diverse da quelle del piano. Per ciò diciamo che la superficie di una sfera o di qualsiasi altra superficie non svolgibile sur un piano è uno spazio *non euclideo bi-dimensionale*. Che sia *non euclideo* risulta chiaramente da

quanto si è detto, che sia *bi-dimensionale* lo constatiamo quando pensiamo che la posizione di un punto posto sulla superficie di una sfera è individuabile per mezzo della sua *latitudine* e della sua *longitudine*, che costituiscono le coordinate del punto.

Se supponiamo che la sfera si trovi in uno spazio euclideo tri-dimensionale, i teoremi della geometria sferica sono dedotti dalla geometria dello spazio euclideo tri-dimensionale. Ma questi possono anche essere ottenuti da un insieme di assiomi o di postulati indipendenti dalla geometria euclidea tri-dimensionale, assiomi e postulati riferentisi alle proprietà *intrinseche* della superficie stessa.

Si può obiettare a tal proposito che essi tengon conto delle cognizioni acquisite dal considerare la sfera come esistente in uno spazio euclideo tri-dimensionale. Quando si vogliono eseguire misure sulla superficie della Terra, solo per estensioni non troppo grandi, possiamo usare senz'altro i risultati della geometria euclidea. Per estensioni considerevoli, no. Infatti – le geodetiche della Terra, ossia le linee di più breve distanza sono circoli massimi – il geometra trova che, per grandi triangoli tracciati su la Terra, la somma degli angoli interni è maggiore di due angoli retti e tanto più quanto maggiore è l'area dei triangoli. In tal modo, per mezzo di misure, possono trovarsi le proprietà metriche della sfera. Un punto  $P$  della sfera è determinato per mezzo della sua distanza da un punto  $O$  e dell'angolo compreso fra il circolo massimo passante per  $O$  e per  $P$  ed un altro qual-

siasi circolo passante per  $O$ .

In funzione di queste coordinate (*coordinate sferiche*) si può ricavare una formula per la distanza fra due punti qualsiasi della sfera e da essa formula possono dedursi tutte le altre proprietà geometriche della sfera.

Ma tra una superficie sferica ed un piano v'è un'altra differenza di singolare importanza. Eccola: tutti i punti della superficie sferica giacciono su un'*area finita* ( $4\pi R^2$ ) e quest'area *non ha limiti* su la superficie stessa, mentre tutti i punti del piano non giacciono in un'*area finita*, non potendo l'area di un piano esser finita se non quando abbia dei limiti sul piano stesso.

Abbiamo visto come, per semplice generalizzazione, si sia passati dal piano, spazio euclideo bi-dimensionale, allo spazio euclideo tri-dimensionale: ma il geometra non si è fermato a tale punto e, generalizzando ancora, è giunto allo *spazio euclideo ad  $n$  dimensioni*.

## L'IPERSFERA.

Ma non basta: il geometra ha generalizzato anche lo spazio non-euclideo bi-dimensionale nello *spazio non euclideo ad  $n$  dimensioni*. Così concepisce lo spazio *non euclideo tri-dimensionale* come esistente in uno *spazio euclideo tetra-dimensionale*, che è una generalizzazione della sfera giacente nel nostro spazio tri-dimensionale, e a tale spazio non euclideo ha dato il nome di *ipersfera*. Naturalmente anche per questa può parlarsi di raggio e

di *illimitazione* nella superficie.

Il geometra può scrivere le equazioni di tale spazio e dare una formula, per le distanze, da cui si possan dedurre le sue proprietà metriche. Poi che, per la considerazione di queste proprietà non è necessario pensare che la ipersfera giaccia in uno spazio euclideo tetra-dimensionale, la geometria della ipersfera può essere sviluppata con le sue proprietà intrinseche.

Nella trattazione dei fenomeni fisici intervengono sempre il tempo e lo spazio, entità che, nella Meccanica classica, eran considerate come indipendenti l'una dall'altra. E, sino a poco tempo fa, si ammetteva generalmente l'esistenza di uno spazio e di un tempo assoluti, i cui intervalli potessero misurarsi indipendentemente dalle condizioni degli osservatori.

Ma, secondo la Teoria particolare della Relatività, le misure dell'*intervallo nel tempo* e dell'*intervallo nello spazio*, ricorrenti in taluni fenomeni fisici, sono legate alla posizione e alla velocità dell'osservatore, e ciò che un osservatore interpreta o come un intervallo nel tempo o come un intervallo nello spazio, può abbracciare entrambe le cognizioni di tempo e di spazio. Appare necessario, quindi, considerare insieme spazio e tempo e, nella trattazione dei fenomeni fisici, l'immaginare un mondo *spazio-tempo tetradimensionale*, definibile con quattro coordinate.

L'Einstein formulò il principio che le leggi fisiche

debbono essere espresse in una forma che non dipenda da un osservatore particolare e, cioè, come ha ottenuto il matematico per le sue leggi, *le leggi fisiche debbono essere espresse in una forma invariante per rapporto al sistema di coordinate adottato*. La Teoria generale della Relatività abbraccia tutti i fenomeni fisici e si serve, molto bene, del *mondo spazio-tempo* e scrive le sue equazioni, in una forma invariante, per rapporto al sistema di coordinate al quale si riferiscono, le equazioni stesse. La Teoria distingue nell'Universo:

- un campo di gravitazione;
- la materia.

Poi che la *materia* comprende tutto, tranne la gravitazione, evidentemente comprende anche l'elettromagnetismo.

D'ordinario le coordinate spaziali non sono distinguibili da quelle di tempo ma lo sono però solo nel caso del moto dei pianeti in torno al Sole e in tal caso le equazioni del moto di un pianeta differiscono un poco da quelle ottenute seguendo le leggi del Newton, differenza che ha potuto permettere, come abbiamo visto, nelle prime parti di questo articolo, di spiegare l'anomalia del movimento del perielio di Mercurio, scoperta dal Leverrier. Quando si consideri lo spazio, a torno al Sole, nel quale i pianeti descrivono le loro orbite, la *misura* dello spazio, ottenuta dalle equazioni dell'Einstein, ci dice che le proprietà metriche di quello spazio sono le proprietà di uno spazio-euclideo tri-dimensionale e l'Einstein sostiene che esse sono determinate dalla materia del Sole e

che appunto a causa di questa, lo spazio considerato nelle vicinanze del Sole non è uno spazio euclideo. Si è vista già la previsione, confermata dall'esperienza, della deviazione della traiettoria della luce, in vicinanza del Sole: ad essa l'Einstein giunse partendo dalle considerazioni relative alla caratterizzazione dello spazio, dovuta alla materia in esso contenuta.

## CARATTERE METRICO DELLO SPAZIO.

Si è detto che le equazioni della Teoria della Relatività generale sono applicabili a tutti i fenomeni fisici.

È naturale, perciò, chiedere ad esse qualche informazione circa il carattere metrico dell'Universo considerato come un tutto.

L'Einstein pur avendo riconosciuto come la materia non sia uniformemente distribuita nello spazio, ritenne che, ammettendo una uniforme distribuzione della densità media, diversa da zero, potesse farcisi un'idea approssimata del carattere metrico dello spazio.

Inoltre, per il fatto che la velocità della materia in moto è molto piccola in confronto a quella della luce, gli fu possibile differenziare le coordinate spaziali da quelle di tempo. Poichè le equazioni della Relatività generale rispettano queste condizioni, fu possibile giungere ad una unica conclusione circa il carattere metrico dello spazio fisico così come dello spazio universo. L'interpretazione geometrica di tale conclusioni è la se-

guente:

*Il mondo dei fenomeni fisici è una ipersfera, il cui raggio dipende dalla densità media della materia dell'Universo. Lo spazio ha un volume finito, se bene l'Universo non sia limitato, così come la superficie di una sfera non ha limiti su la stessa sfera.*

Ma se la concezione della *ipersfera* può essere considerata come una realtà per il matematico, potrà esserlo per il fisico e per l'uomo comune che ammettono solo l'esistenza della realtà sperimentale?

L'Einstein, innamorato della geometria pratica, della geometria dell'esperienza, insiste nel volere che non si adotti alcuna ipotesi aprioristica sul carattere metrico dello spazio e che invece si tenga conto solo dei risultati di misure fatte.

Lo scopo di ogni teoria fisica è quello di dare una formulazione matematica, che si accordi con i risultati dell'esperienza, e con la quale sia possibile prevedere quei fenomeni che non sono stati ancora provati con l'esperienza o che allo stato attuale sono al di là delle nostre possibilità sperimentali.

La conoscenza che noi abbiamo delle masse e della speciale distribuzione delle stelle fisse non è ancora sufficiente a permetterci di determinare con esattezza la densità media dell'Universo, indispensabile a conoscersi per il collaudo dei risultati ai quali ci ha condotti il nostro ragionamento.

Si ritiene che la densità media sia molte piccola e su la base del suo supposto valore possiamo calcolare il

raggio della ipersfera. Ma sinora non si tratta se non di *supposizioni*, di ipotesi.

Allorchè avremo una conoscenza esatta del valore della densità media dell'Universo, e solo allora, così ci sembra, potremo decidere se debba modificarsi quanto su la natura dello spazio nostro han creduto milioni e milioni di uomini, in una fuga di secoli. Fu difficile far credere al genere umano che la Terra non è il centro dell'Universo, ma vi si riescì. Perchè non possiamo supporre che, se la esperienza lo chieda, la mente dell'avvenire, acquisti la capacità a concepire l'Universo *finito*, se bene *illimitato*?

Il pensiero umano è in continuo divenire e tende a rendere sempre più perfetta la propria adesione alla realtà e alle necessità della realtà. E appare annunciarci, non negare, la possibilità dell'avvento dell'essere nuovo che con più alta intelligenza e più perfetti sensi possa concepire la realtà vera.

L. P. EISENHART – RAFAELE CONTU.

# INTORNO AD ALBERTO ÈINSTEIN ED ALLA SUA OPERA

UN GIUDIZIO DI H. POINCARÉ.

Il matematico e filosofo francese Henry Poincaré conobbe Alberto Èinstein nel 1910 e qualche tempo dopo ne scrisse:

«Il signor Èinstein è uno degli spiriti più originali che io abbia conosciuti: se bene ancora giovanissimo occupa un alto posto d'onore fra i migliori scienziati contemporanei. Ciò che di lui deve maggiormente ammirarsi è la facilità con la quale egli crea nuove concezioni, traendone tutte le possibili conseguenze. D'innanzi ad un problema fisico non già ricorre senz'altro, per risolverlo, ai principî classici della scienza, sì bene a tutte le possibilità spiegative.

*Il suo ingegno ha la forza della preveggenza dei fenomeni che un giorno potranno essere tangibili con pratiche sperimentazioni.*

*Il futuro ci dirà a mano a mano quale valore rappre-*

*senti il signor Èinstein».*



Alberto Einstein.

## EXPERIMENTA CRUCIS

È trascorso un decennio dalla data delle parole dell'illustre francese. Non inutilmente. Chè la teoria einsteniana è stata saggiata con esperienze di valore probante, del genere di quelle invocate dal grande Bacone, note con la denominazione di *experimenta crucis*<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Una trattazione estesa e non difficile per le esperienze cruciali è quella fatta da LOUIS DUNOYER: *Les expériences cruciales de la relativité*, nella «Revue Universelle». Paris, 1.er mars, 1921.

Le esperienze sono degli astronomi inglesi Crommelin ed Eddington (osservazioni fotografiche eseguite in occasione dell'eclissi totale di sole del 19 maggio 1919 a Sobral – Brasile – e nell'isola del Principe – Golfo di Guinea – dei fisici francesi C. Fabry e Buisson e dei tedeschi Schwarzschild, Gräbe, Bachelm.

Le due serie di esperienze miravano a provare la validità di due conseguenze principali (le sole, per ora, sperimentabili, oltre a quella relativa al perielio di Mercurio) della *Teoria di gravitazione*, dedotta dalla *Teoria di Relatività generale* la quale non è se non una generalizzazione della *Teoria di Relatività particolare* (o *speciale*, o *ristretta*) che ha la sua origine in fatti sperimentali, come ad esempio la provata impossibilità fisica di porre in evidenza il moto assoluto della Terra.

Le due conseguenze sono:

I. – I raggi di luce provenienti dalle stelle, passando in vicinanza del Sole, cioè in un campo di gravitazione molto intenso, devono essere attratti e, per ciò, incurvati leggermente o, come ora si dice, *deflessi*, di  $1''75$ ; il che vuol dire che la luce è pesante, ha una massa.

II. – I raggi dello spettro solare devono spostarsi verso la riga rossa, di 0,008 unità Angström (dell'ordine dei miliardesimi di millimetro), rispetto a quelli dello

---

Un'altra più elevata è quella di ERWIN FREUNDLICH (in tedesco): *Prove della teoria generale della Relatività (Prüfung der Allgemeinen Relativitätstheorie)*, ed. Springer. Berlino. Vedere anche: JEAN BOSLER: *La théorie d'Einstein et la nouvelle loi de la gravitation*. «Revue Scientifique», Paris, 26 Juin, 1920.

spettro terrestre.

La I fu convalidata dalle esperienze, anche quantitativamente, cioè le osservazioni diedero risultati numerici (1".68, 1".98) moltissimo vicini a quelli calcolati dall'Èinstein.

La II fu convalidata solo qualitativamente perchè fu verificato l'effettivo spostamento ma le misure diedero risultati non sempre coincidenti o vicini alle 0,008 A.

Le due esperienze sono oggi convalidate dalla più parte degli scienziati che si occupano di Relatività.

L'astronomo francese Leverrier (1859) ed altri astronomi, fino a giungere al Newcomb (1895), americano, osservarono che il perielio (cioè il punto in cui la distanza dal Sole è minima), del pianeta Mercurio, rotante intorno al Sole con la velocità di 100 chilometri al secondo, dopo ogni rivoluzione completa non tornava allo stesso punto, sì bene se ne allontanava di tanto da raggiungere in un secolo uno scarto, o come si dice una accelerazione secolare, di 43". Tale anomalia fu assolutamente inesplicabile, con le leggi del Keplero e del Newton. Orbene l'Èinstein ne trovò la spiegazione e i risultati dei suoi calcoli, basati su la teoria di Relatività generale, e derivanti immediatamente dai principî regolanti il moto dei perieli, dovuti pure all'Èinstein, diedero uno scarto di 42"9. Può quindi parlarsi di perfetta rispondenza tra calcolo (cioè teoria) ed osservazione.

Così la teoria, escita dal campo delle matematiche pure, può vantare il giudizio favorevole della prova sperimentale, che tanto più è da tenersi in conto, in quanto

la teoria stessa poteva sembrare tutt'altro che sperimentabile, come tante altre teorie che, create per svelare i misteri della Natura, furon dopo brevissimo tempo abbandonate o distrutte per il giudizio implacabile dell'esperienza.

Il Poincaré fu verace profeta. L'Èinstein ben gliene serba gratitudine e, ricordandolo, dice «Io debbo molto a lui...».

Talvolta una parola d'incoraggiamento o di lode vale come una volontà tenace.

## IL VALORE DELLA TEORIA EINSTENIANA.

Può affermarsi senza tema di errore che la più parte dei migliori cultori di studî matematici puri si accordi nell'ammettere come degna del massimo rispetto scientifico, come genialissima e perfettamente coerente, la Teoria di Relatività in quanto è trattazione analitica, sviluppata con insueta ricchezza e perizia nell'uso dei più difficili strumenti matematici dei quali l'Èinstein è insuperato maestro e conoscitore.

Ma che vale la Teoria quando venga applicata ai fatti, ai fenomeni innumeri della natura? I dissensi tra quelli che possono rispondere a tale domanda non sono pochi e gli oppositori sono per anco gagliardi nel sapere e nella lotta. Questi voglion negare il valore pratico – non diciamo applicativo che, in vero, è discutibile o, per lo

meno, lontano, benchè già vi sia qualcuno che vi studia – voglion questi negare il valore di aderenza alla realtà dell'opera einsteniana?

Uno tra gli scienziati che in Francia passò come il rappresentante degli anti-einsteniani, il professor Marcello Brillouin, del Collège de France, interrogato di recente da Lucien Fabre, rispose: «*Non conosco alcuna ragione scientifica per essere anti-relativista*».

Infatti, se pur si vuole negare alle esperienze eseguite il valore di sicura e decisiva prova, è per anco vero che *nessuna esperienza ha contraddetta seriamente la teoria*.

Il fatto che questa sconvolga – o, per lo meno, alteri – le concezioni classiche, modifichi le leggi che sono il patrimonio della meccanica newtoniana, facendole diventare leggi approssimate, particolari, non è una buona ragione per negarla. Tanto più che dette leggi sono insufficienti a spiegare taluni fenomeni della natura, mentre la Teoria li spiega, ne dà una ragione, una interpretazione.

Nella scienza nulla v'è di definitivo, di perpetuo, di statico. Poi che, in quanto essa mira alla rappresentazione e interpretazione della natura, non può essere perfetta e completa. Può penetrarne sempre più a fondo il mistero, con la sua dinamicità. Non potrà forse mai svelarlo interamente nella scoperta, nella enunciazione delle leggi che la hanno animata, che la governano, che ne regolano il divenire. Il suo destino è quello di chi fosse costretto a salire una scala senza fine.

Aristotile per molti secoli fu ritenuto signore di assolute verità e fu oltrepassato. Isacco Newton che godette del privilegio aristotelico di autorità presso i suoi contemporanei, fu oltrepassato dall'Huyghens nei riguardi delle ipotesi su la natura della luce, feconde di risultati in tutti i campi della Fisica.

Signore di verità è solo il Tempo, cioè il moltiplicarsi, il raffinarsi delle esperienze.

Solo il tempo – così inteso – potrà decidere le sorti della Teoria dell'Èinstein.

Ma, intanto, non è lecito sin da ora relegarla nelle soffitte delle cose smesse, se pure non sia lecito scioglierle inni di celebrazione. E questo bisogna ben tener presente: che se il conservatorismo nelle Scienze è necessario, è comodo, esso non deve, sol per la sua essenza, precludere la via alle nuove correnti che, impetuose o no, pure od impure, lascian dietro di sè qualcosa che merita.

E se la Teoria dell'Èinstein fosse impura, di lui rimarrebbero i meriti:

— di aver fatta estrazione da una sì gratuita e contraddittoria ipotesi quale è quella dell'etere;

— di aver studiati i fenomeni della natura non con il solo fardello di cognizioni acquisite, sforzandosi di porre d'accordo gli uni e le altre ad ogni costo, sì bene scartando leggi e principî preesistenti quando inani o inferti e sostituendoli con principî acconci a costo di qualsiasi sacrificio al conservatorismo;

— di essersi adoperato ad infrangere l'antico ed inge-

nuo dualismo energia-materia, di aver recato un notevole contributo a quell'*unità* che vagheggiano da secoli i geni posti come ponti tra epoca ed epoca e che ha nel padre Angelo Secchi del secolo scorso un gigantesco asseritore.

## COME FU ACCOLTA LA TEORIA.

A tener conto della geografia – o della politica? – può dirsi che l'Èinstein abbia avuti i maggiori fautori nell'Inghilterra e nella Francia e i maggiori nemici nella Germania, dove fu messa in pericolo la sua stessa vita e dove si costituì or son due anni una «*Associazione per la difesa della fisica tedesca*» allo scopo di combattere la Relatività einsteniana – o l'ebreo Èinstein, che si rifiutò di firmare nel 1914 il famigerato manifesto dei 93 scienziati tedeschi diretto alle potenze neutrali, che volle mantenere anche durante la guerra la cittadinanza svizzera e appartarsi, quindi dal conflitto.

Tra i fautori principali possiamo ricordare: Stanley Eddington, F.W. Dyson, lord Haldane, in Inghilterra, due astronomi di valore ed un giurista, ex-ministro, che presentò l'Èinstein al pubblico di Londra e scrisse su la sua opera un volume di intonazione filosofica, Paolo Langevin, un vero apostolo, E. M. Lemeray, Enrico Becquerel, Luciano Fabre, Carlo Nordmann. Enrico Poincaré, il maggiore, in Francia; T. Levi-Civita (Un. di Roma), Att. Palatini (Padova), il Salvioni (Pavia,), G.

Fubini (Torino), R. Marcolongo (Napoli), il Burgatti e l'Enriquez (Bologna), il prof. Gianfranceschi, che fece una dotta comunicazione su la teoria al Congresso delle Scienze di Trieste (settembre 1921), in Italia: Max van Laue, Max Born, Erwin Freundlich, Ernst Cassirer, in Germania: Hermann Weyl, discepolo dell'Èinstein, in Svizzera.

Tra gli scettici: Marcello Brillouin, francese. (*Propos Sceptiques au sujet du principe de relativité – Scientia – Bologna, 1913*) ed Augusto Righi, di cui parleremo più innanzi.

Tra gli oppositori: l'olandese Hendrick Lorentz, i tedeschi Filippo Lenard, Max Abraham, già insegnante nel Politecnico di Milano, (*La Nuova Meccanica – Scientia – Bologna 1914*), e Gehrke, il francese Leone Lécornu dell'istituto e il Sagnac (creatore di una propria teoria relativistica), il padre Giovanni Boccardi, l'illustre astronomo di Pino Torinese, assolutamente aggressivo, se si tien conto dei suoi articoli recenti pubblicati su la «Stampa» di Torino, in polemica con il prof. Fubini.

I francesi Guillaume e Varcollier ammettono la teoria einsteiniana con opportune modificazioni.

Il 25 ottobre di quest'anno Paolo Painlevé, ex-ministro, fece una dotta comunicazione all'Accademia delle Scienze di Parigi, su la Relatività, ponendone in rilievo con molta chiarezza e precisione (Vedi *Le Temps – 26 ottobre*) taluni suoi concetti critici, in vero acutissimi, ma concludendo che la Teoria einsteiniana della Gravita-

zione ha dati notevoli risultati positivi.

## APPUNTI BIBLIOGRAFICI.

Tra articoli di quotidiani e di riviste, memorie, opuscoli, libri in tutte le lingue, su l'Èinstein e la sua opera, non esistono meno di mille pezzi.

È perciò un compito tutt'altro che facile quello di registrarli tutti.

I lettori di *Scienza per Tutti* han già avuta un'idea sommaria della Teoria per quanto ne ha scritto Giuseppe Filippini (n. 22, 23, 24 del 1920) e per gli articoli curati dallo scrivente (n. 14, 17, 19 del 1921).

Il primo articolo pubblicato su quotidiani è di Adriano Tilgher (*Alberto Èinstein* – Stampa – 7 luglio 1921 – riportato dal *Tempo* e dal *Resto del Carlino*).

È interessante la lettura dei saggi pubblicati in *Scientia* diretta dall'ing. Eugenio Rignano su la Relatività ed argomenti ad essa legati: Fano (1908), Castelnuovo (1911). Langevin (1911), Poincaré (1912). Brillouin (1913), Abraham (1914), Èinstein (1914), Lorentz (1914). Zeeman (1917), Amaduzzi (1918), Palatini (1919).

Tra i volumi, citiamo, in ordine di difficoltà crescente:

H. Schmidt. – *La Teoria di Relatività dell'Èinstein* – *Esposizione elementare alla portata di tutti* – trad. Bembo-Contu con note di R. Contu. Hoepli – Milano.

*Annuario Scientifico industriale* diretto da L. Amduzzi – Treves – Milano – dal 1916 in poi.

A. Èinstein. – *Sulla Teoria speciale e generale della Relatività* (volgarizzazione) trad. G. L. Calisse – pref. di T. Levi-Civita, Zanichelli – Bologna. L. 8.50.

R. Marcolongo. – *La Teoria di Relatività* – Principato, Messina – L. 50.

In francese possono leggersi:

Lucien Fabre. – *Les théories d'Èinstein* – Payot – Paris, Fr. 7,50.

Louis Rougier. – *La matérialisation de l'énergie* – Gauthier-Villars – Paris. Fr. 7.

Albert Èinstein. – *L'éther et la théorie de la Relativité* – Fr. 2.50. – *La géométrie et l'expérience* – Fr. 3. – Gauthier-Villars – Paris.

F. M. Lémeray. – *Le principe de Relativité* – Fr. 7.50. – *Leçons élémentaires sur la gravitation* – Fr. 7,50. – Gauthier-Villars – Paris.

Un inglese, molto elevato:

A. S. Eddington. – *Space, Time and Gravitation* – The University Press – Cambridge 1920.

Due tedeschi, molto elevati:

Max von Laue. – *Die Relativitätstheorie* – 2 vol. – Wieweg – Brunswick 1911-1921.

Hermann Weyl. – *Raum, Zeit, Materie*. – Teubner – Berlino 1920.

Per avere un'idea esatta e completa della Teoria sono

sufficienti i libri italiani e quello del Fabre (e di essi almeno uno è indispensabile); gli articoli di giornali o di riviste assolutamente no: non possono avere altro scopo se non quello di comunicare che la Scienza ci ha donata una nuova teoria e di invogliare qualcuno ad occuparsene.

## QUADRO SINTETICO DELLA TEORIA.

*Relatività della meccanica classica Newton-Galileo.*

*Principio:* I fenomeni meccanici sono regolati dalle stesse leggi tanto se riferiti ad un sistema di coordinate in quiete quanto se riferiti ad un sistema di coordinate che ristretto al primo sia animato di moto rettilineo ed uniforme.

*Relatività particolare dell'Éinstein.*

*Principî:* I – quello della meccanica classica in cui si sostituisca alla parola *meccanici*, la parola *fisici*; si riferisce cioè a tutti i fenomeni,

II. – La propagazione della luce nel vuoto è uguale ad una costante  $V$ , in tutte le direzioni e sotto ogni condizione.

*Conseguenze principali:* I – lo spazio assoluto non esiste: esiste solo uno spazio relativo all'osservatore.

II. – Il tempo assoluto non esiste: esiste solo un tempo *locale*.

III. – La lunghezza di un corpo in movimento, nel

senso del moto stesso, è inferiore a quella misurata in senso normale al moto la quale a sua volta è uguale alla lunghezza del corpo in quiete.

IV. – La velocità della luce è una velocità-limite che non può essere nè raggiunta nè superata.

V. – L'energia cinetica di un corpo non è data da

$$\frac{1}{2}mv^2 \quad \text{ma da} \quad \frac{mV^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{V^2}}} . \text{ L'energia possiede una mas-}$$

sa.

VI. – La massa d'inerzia di un corpo, per un incremento  $E_0$  di energia si accresce di una quantità  $\frac{E_0}{V^2}$

cioè non è costante: per ciò vi è equivalenza tra massa ed energia e il principio di conservazione della massa (Lavoisier), non essendo valido se non a patto che la massa non subisca alcuna variazione di energia, si identifica con quello più generale della conservazione dell'energia.

VII. – L'etere non esiste.

VIII. – Le leggi della meccanica classica non sono valide se non come leggi approssimative di leggi più generali.

La Teoria di Relatività particolare vale solo quando si possono trascurare le influenze dei campi di gravitazione su i fenomeni considerati.

## *Relatività generale e gravitazione.*

Principi: I – Tutte le leggi naturali non mutano quale che sia il sistema di coordinate impiegato per rappresentarle.

II. – L'effetto dell'azione di gravitazione su lo svolgimento dei fenomeni, per un osservatore in quiete è equivalente a quello che egli constaterrebbe se si muovesse in uno spazio posto fuori di un campo di gravitazione, con un'accelerazione pari all'accelerazione di gravità (*principio dell'equivalenza*).

III. – L'effetto di gravitazione non è dovuto alla azione di una forza, ma alle proprietà metriche dello spazio nel quale l'effetto stesso si manifesta.

*Conseguenze principali:* I – quelle riguardanti le esperienze cruciali.

II. – La legge di gravitazione del Newton è solo approssimata.

III. – Lo spazio è illimitato, ma non è infinito.

## CONTRIBUTI ITALIANI ALLA TEORIA.

La trattazione della teoria einsteiniana – come si sa – non è fatta con metodi e termini filosofici, ma con metodi e formule matematiche, il cui mondo è nelle sfere più alte della Scienza esatta.

Il merito dell'Èinstein, al riguardo, consiste nell'aver saputo sfruttare al massimo grado quanto i suoi prede-

cessori e i suoi contemporanei avevano prodotto in quella Scienza. Li ricordiamo:

Bernardo Riemann (1826-1866) quale fondatore della geometria non-euclidea, che reca il suo nome, e la cui caratteristica consiste nella concezione degli spazi curvi.

Herman Minkowski (1864-1909), ideatore dello spazio tetra-dimensionale spazio-tempo, del «Mondo» a quattro dimensioni (tre spaziali, una temporale) con il quale egli stesso nel 1947 diede una mirabile rappresentazione della Teoria einsteiniana.

Giuseppe Ricci e Tullio Levi-Civita (italiani, viventi), quali fondatori del Calcolo differenziale assoluto (esposto nella memoria: *Il calcolo differenziale assoluto*, che al suo apparire passò quasi inosservato) senza del quale la teoria generale non avrebbe potuto attingere le vette raggiunte.

Fra gli italiani che hanno contribuito – sia pure indirettamente – allo sviluppo della teoria va ricordato, anche se lontano, il padre Gerolamo Saccheri (1667-1733); che può considerarsi come il precursore delle geometrie non-euclidee.

Il prof Augusto Righi (1850-1920) nella quarta delle sue memorie su la Teoria: *Sulla Teoria della Relatività e sopra un'esperienza decisiva per la necessità di ammetterla*, l'ultima, ch'è morì poche ore dopo averne abbozzata l'ultima pagina (l'8 giugno), aveva proposto un piano di esperienze, che sono le parole del Righi – «varranno verosimilmente a decidere una buona volta, se i fatti obblighino o no ad ammettere la Relatività».

Ora il figlio del compianto scienziato, l'ing. Aldo Righi, ed il prof. Lavoro Amaduzzi, ottenuti i fondi, necessari al finanziamento delle prove, dalla Cassa di Risparmio di Bologna, attendono alla loro preparazione. Avremo la desiderata parola di Verità? Sarebbe necessaria.

Per abbandonare la Teoria o per indirizzarci, sempre sotto il suo dominio, a ricerche feconde, se non per la vita pratica immediata, per la Scienza pura, al cui contatto gli uomini devono sentirsi migliori.

## L'UOMO.

Albert Einstein nacque il 14 marzo del 1879 nel Wuerttemberg ad Ulma, che vanta uno dei maggiori monumenti dell'arte gotica in Germania, con la sua gigantesca cattedrale. Il padre era un piccolo industriale, istruito. La madre una donna energica, ma bonaria. Alberto s'ebbe due educazioni religiose: in casa l'israelita, nella scuola la cattolica. Prevalse indubbiamente la prima, perchè è comandamento di razza: e, infatti, di recente l'Einstein si recò in America per farvi propaganda di sionismo e a favore dell'Università ebraica di Gerusalemme.

L'idea di una grande città da far sorgere in Palestina, per accogliere gli ebrei che ancora camminano sospinti dalla voce punitrice è al sommo delle sue aspirazioni di vita.

Era ancora bimbo, quando la sua famiglia si trasferì a

Monaco di Baviera. Nella prima fanciullezza, timido, pochissimo socievole, sognatore, fisicamente un po' malaticcio, non presentò alcuna delle speciali caratteristiche che si ricercano nella vita degli uomini che han raggiunta la celebrità. Frequentò a nove anni la Scuola elementare di Monaco e, poscia il ginnasio Luitpold, sino al 15.º anno di età, ottenendo un giudizio di idoneità agli studi superiori: L'Èinstein non serba in vero un buon ricordo di quella scuola, rigida come una caserma.

Sono interessanti le note compilate dai suoi professori. Nel 1893: «A. Èinstein è ricco di buone qualità e manifesta uno speciale interesse per la matematica. In tale disciplina supera di molto tutti i suoi compagni di classe». Nel '94: «Lo scolaro sembra abbia ottime qualità; non è però molto incline allo studio».

Dotato di scarsa memoria ma di acutissimo intuito (si noti per incidenza: parlò molto tardi, e con difficoltà), riescì a dimostrare il teorema di Pitagora senza alcun aiuto, conoscendone solo l'enunciato, che gli era stato esposto da uno zio ingegnere, il suo primo vero iniziatore nelle Scienze Matematiche.

Il 22 novembre 1894 lasciò, perchè malato, il ginnasio Luitpold e nello stesso anno si recò in Italia per seguire la famiglia trasferitavisi in precedenza, perchè il padre, colpito duramente da un rovescio di fortuna, potesse trovarvi lavoro; e lo trovò infatti, come elettricista. Fu a Milano, a Pavia, a Genova, nella Riviera Ligure. Peregrinò. Non studiò. Spirito contemplativo, solitario, anima d'artista, che sin dall'infanzia si era manifestata

con un pronunziato amore per la musica e con la composizione di semplici ingenue odi a Dio, la bellezza della nostra terra gli mostrò la compiuta armonia della natura, preludio, forse, al concetto informativo della sua opera.

Dopo quasi sei mesi, si trasferì nella Svizzera, a Zurigo, con l'intenzione di entrare in quel Politecnico. Ma non avendo la preparazione necessaria per potervi essere ammesso, dovette frequentare, dal 28 ottobre 1895 ai primi di ottobre del 1896, la sezione tecnica della scuola cantonale di Aarau nella quale ottenne l'ambito certificato di maturità. Così nello stesso ottobre poté essere ammesso al Politecnico e lo frequentò sino al luglio del 1900 ottenendone il diploma di abilitazione all'insegnamento della matematica e della fisica, insieme con il grado accademico di dottore.

Le sue risorse finanziarie eran tutt'altro che floride: per ciò dovette adattarsi a dar lezioni private a Sciaffusa e a Berna.

Nel 1901 ottenne la cittadinanza svizzera. Nel '903 sposò una studentessa slava che lo aveva incoraggiato negli studi. Ma il matrimonio non fu felice, certo, se ne ruppe il legame per sposare una sua cugina dal nome wagneriano: Elsa, che è la sua attuale moglie.

Fu impiegato dal 1902 al 1909 nell'ufficio Brevetti Confederale come perito tecnico: poté nel frattempo studiare e, nel 1905, pubblicare i suoi primi lavori: *Su la natura della luce*, *Su l'inerzia dell'energia*, *La legge dei movimenti del Brown*, *Una nuova determinazione delle*

*dimensioni delle molecole.* Nell'*Elettrodinamica dei corpi in movimento* è contenuta la base della Teoria di Relatività intravvista, ma non formulata, un anno prima, dal fisico olandese Hendrick Lorentz, nella interpretazione della ormai classica esperienza Michelson-Morley.

Il giovanissimo fisico balzò, così, di tra la folla degli ignoti, alla luce: s'ebbe il consenso di taluni fra gli scienziati che lessero i suoi lavori: fra essi Max Planck che nel 1911, in una conferenza tenuta alla Società Chimica di Berlino, doveva enunciare una nuova ipotesi che si è innestata nella scienza moderna: l'ipotesi dei *quanta*.

Nell'anno scolastico 1909-1910, fino all'aprile, fu professore straordinario di fisica-teorica all'Università di Zurigo: nel 1910-1911 insegnò nell'Università di Praga e dall'ottobre 1912 al marzo 1914 fu professore ordinario di matematica superiore al Politecnico di Zurigo che già lo aveva avuto come allievo.

Nel 1911 pubblicò una memoria su l'incurvatura dei raggi di luce in vicinanza del Sole, cioè in un campo di gravitazione molto intenso e sul *principio di equivalenza*, nel 1914 la prima memoria su la Teoria generale.

Il 12 novembre del 1913 ebbe una cattedra di fisica nell'Accademia Prussiana delle Scienze di Berlino, con uno speciale onorario, e per succedere al Van't Hoff nella primavera del 1914 fu chiamato a dirigere l'Istituto per il progresso delle Scienze, Kaiser Wilhelm.

L'Èinstein, dispensato dall'insegnamento per saggia

disposizione, potè dedicarsi tutto ai suoi studi, compiendo i lavori riguardanti la teoria della gravitazione durante il conflitto mondiale.

Invitato dal Comitato per la divulgazione delle nuove dottrine scientifiche, presieduto dal professore Federico Enriquez, nei giorni 22, 24, 26 ottobre tenne nell'Archiginnasio di Bologna tre conferenze in italiano, ascoltato da un pubblico sempre più numeroso.

L'Èinstein è un appassionato cultore della Musica. Adora Bach, Wagner, Haydn, Beethoven, Mozart. Suona il violino e sa trarne i perfetti toni con la bravura di un concertista impeccabile. Ama tutte le arti, in genere: preferisce la scultura alla pittura. Ama l'architettura, sopra tutto quella delle costruzioni gotiche.

In politica: fu pacifista durante la guerra, internazionalista prima e dopo la guerra con qualche tendenza – non foss'altro ideale – rivoluzionaria, largamente e rumorosamente discussa.

Così lo descrivono quelli che l'han visto, presso a poco: robusto, tozzo, di media statura. Appare molto più vecchio di quanto non dicano i suoi anni. Testa possente, fronte larghissima, capelli abbondanti, canuti. È pallido. Il suo viso ha una espressione di malinconia, la fronte è solcata da profonde rughe che, intorno agli occhi, manifestano la stanchezza. Occhi magnifici di preveggenza, di sognatore, di poeta, più che di calcolatore, di professore. Parla lento, basso, articola ogni parola. Pacato di gesti, il corpo, le membra non si muovono se

non sotto il controllo della sua volontà.

Raymond Recouly del *Figaro* di Parigi scrisse di ritorno da una visita fatta all'Èinstein: «Non ho mai incontrato alcun uomo, tra i sovrani, statisti, militari, artisti, scrittori, ecc., visti in venti anni di giornalismo, che mi abbia dato, allo stesso grado di A. Èinstein, l'impressione della potenza intellettuale, della forza cerebrale».

\*\*\*

Alberto Èinstein è certamente l'uomo del giorno. Se pure si distruggesse tutto quel che egli è riuscito a costruire, se si frantumasse l'edificio che egli compose con uno spirito sintetico veramente d'eccezione e che accresce ogni giorno con nuove speculazioni, il suo nome non potrebbe essere perduto. O vincitore, o vinto entrerà nel dominio della Storia. Chi di lui parlerà, in un domani lontano, potrà dire che non a caso egli ha vissuto in questa nostra età di travaglio materiale e spirituale.

RAFAELE CONTU.