

Teoria della relatività

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

In fisica con **teoria della relatività**, o semplicemente **relatività**, si intendono in generale le trasformazioni matematiche che devono essere applicate alle descrizioni dei fenomeni fisici nel passaggio tra due sistemi di riferimento in moto relativo tra loro, secondo il principio di relatività.

L'espressione è usata anche nel linguaggio comune per riferirsi alle teorie della relatività ristretta o della relatività generale di Einstein, in quanto esempi più noti del principio di relatività.

Indice

- 1 Panorama storico
- 2 La relatività galileiana
- 3 La relatività secondo Einstein
 - 3.1 La teoria della relatività speciale o teoria della relatività ristretta
 - 3.1.1 $E = mc^2$
 - 3.2 Relatività generale
- 4 Ipotesi sulle origini
- 5 Note
- 6 Bibliografia
- 7 Voci correlate
- 8 Altri progetti
- 9 Collegamenti esterni

Panorama storico

Gli antichi Greci cominciarono a interrogarsi sulla natura, sul suo ordine (cosmo) e sulla possibilità dell'esistenza di principi e leggi di natura. Quasi tutti i filosofi dell'antichità, tra cui Eraclito, Parmenide, Zenone, Leucippo, Democrito, Platone ed Aristotele, si occuparono di questioni che almeno in parte sono inerenti a quella che oggi viene chiamata *fisica*, parola che ha origine greca e che sta a rappresentare "le cose della natura". Nella fisica di Aristotele si trovano quelle che si potrebbero considerare come le prime teorie, benché inesatte, sul moto dei corpi; egli, comunque, non fu precursore del principio di inerzia, scoperto 20 secoli dopo da Galileo e la cui enunciazione formale è ascrivibile a Newton.

La scienza moderna comincia con l'assunto fondamentale, dovuto a Galileo Galilei, che le leggi della fisica abbiano la stessa forma matematica rispetto a qualunque sistema di riferimento nel quale valga il principio di inerzia. Questo assunto definito nel 1609, è oggi chiamato principio di relatività galileiano, ed è tuttora valido. Esso si basa sulla grande intuizione di Galileo della composizione dei moti: se due

osservatori sono in moto relativo tra loro e ognuno di loro si sposta senza accelerazioni, in modo che la velocità relativa sia costante, misureranno spazi differenti rispetto allo stesso evento, ma la "forma" delle loro osservazioni ha la stessa veste algebrica. Nulla tuttavia si dice sui tempi. Sebbene Einstein concordi con i risultati di Schrödinger e Werner Karl Heisenberg, egli non si accontenta del metodo indiretto statistico e continua a credere nella possibilità di una teoria non probabilistica.

Il concetto che il tempo sia legato al sistema di riferimento è il fondamento della relatività ristretta. Newton, leggendo e studiando con accuratezza sia il *Dialogo sopra i Massimi Sistemi*, sia i *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, interpretò le intuizioni originali presenti a livello geometrico negli scritti di Galileo, le assimilò e le fece proprie, originando così la forma matematica e fisica della meccanica. Quando si trovò di fronte al principio di relatività, gli fu chiaro che la sua adozione implicasse in modo necessario un riferimento in cui il primo principio della dinamica, ossia il principio di inerzia di Galileo, dovesse avere piena validità. Il vero problema tuttavia era e rimane dove collocare tale sistema di riferimento: risolse il dilemma asserendo che tutti gli spazi misurati si riferissero ad uno spazio assoluto, il solo esistente invariato e immutabile, e che l'immutabilità dello spazio assoluto fosse associato con l'esistenza di un tempo assoluto, che scorre uniformemente, pervadendo tutto lo spazio assoluto.

La soluzione di Newton fu brillante e diventò un paradigma destinato a durare per secoli. Già Galileo, tuttavia, con i suoi tentativi di misurare la velocità della luce, esprimeva dubbi non risolti per l'epoca su come si dovesse intendere il principio di relatività e quindi il principio di inerzia ad esso strettamente correlato. Questi dubbi rimasero sopiti, offuscati dal fulgore del grande successo della meccanica newtoniana, fino al 1905. Con l'avvento delle equazioni di Maxwell, delle trasformazioni di Lorentz e infine della teoria della relatività di Einstein viene meno il concetto, fino ad allora dato per scontato, di tempo assoluto. Il tempo e lo spazio sono legati insieme a formare quello che viene chiamato spaziotempo. La relatività generale postula invece l'uguaglianza della massa gravitazionale e della massa inerziale (quella indotta dall'accelerazione), e ricava la metrica generale dello spaziotempo.

La relatività galileiana

Nata con la fisica classica, la relatività galileiana si basa sull'assunto che le leggi della fisica siano le stesse in ogni sistema di riferimento inerziale. Dal punto di vista matematico sono legate a questo principio le trasformazioni galileiane, cioè le equazioni che governano i cambiamenti di coordinate da un sistema di riferimento inerziale rispetto a un secondo sistema di riferimento inerziale, cioè che si muove con velocità costante rispetto al primo.



Due osservatori, che devono poter comunicare tra di loro, determinano due diverse posizioni per il medesimo oggetto mobile che si trova in una data posizione.

I due osservatori O_I e O_{II} che studiano il moto di un medesimo punto P , determinano contemporaneamente la posizione di P e dell'altro osservatore: P_I (distanza tra osservatore O_I e il punto P) e P_{I-II} (distanza tra O_I e O_{II}) per il primo osservatore e P_{II} (distanza tra O_{II} e il punto P) e P_{II-I} (distanza tra i due osservatori) per il secondo. Poiché lo spazio si considera euclideo, essi sanno che

$$P_{I-II} = -P_{II-I}$$

La relazione fra le due misure è:

$$P_I = P_{II} + P_{I-II}$$

oppure

$$P_{II} = P_I + P_{II-I}$$

e quindi entrambi, utilizzando le proprie misure, sono in grado di calcolare cosa ha misurato l'altro. Può anche bastare che uno dei due osservatori effettui le misure e le trasmetta all'altro per i calcoli. Se gli osservatori determinano la posizione P in istanti diversi di una successione temporale allora sono in grado di determinare il vettore posizione di P in funzione del tempo basandosi sulla seguente relazione

$$P_I(t) = P_{II}(t) + P_{I-II}(t)$$

Le stesse osservazioni effettuate sul piano si possono riproporre nello spazio.

Per poter correlare le due misurazioni, queste devono essere eseguite nel medesimo istante. I due osservatori si devono quindi scambiare un segnale per accordarsi su quando fare la misura e questo segnale deve propagarsi istantaneamente (cioè con velocità infinita). Al contrario, se il segnale si dovesse trasmettere con velocità finita e nota, i due osservatori prima di allontanarsi l'uno dall'altro per eseguire le rispettive misure, possono sincronizzare i loro orologi. Allora si dovrà supporre che lo spostamento degli orologi non alteri il loro sincronismo, né il movimento del meccanismo degli orologi stessi (ipotizzando anche che gli orologi siano identici), cosa che si può verificare scambiando dei segnali, ma si ottiene ancora una misura non corretta, cioè in contraddizione col concetto di tempo assoluto.

Già Galileo aveva chiaro questo problema; fece il tentativo di misurare la velocità della luce, solo che si basò su una distanza terrestre di circa 30 chilometri, la distanza tra due colline in Toscana, da una delle quali egli, con un assistente sull'altra collina, avrebbe dovuto misurare il tempo di propagazione della luce di una lanterna, prima coperta con un panno e poi scoperta brevemente, con il battito del proprio polso; in queste condizioni non riuscì neppure a sentire due battiti del proprio polso che la luce era già arrivata, dal che Galileo dedusse che la velocità fosse estremamente alta e che quindi, ai fini pratici, la propagazione fosse istantanea.

Le trasformazioni galileiane, valide con ottima approssimazione nei campi in cui si può supporre la velocità della luce infinita rispetto alle altre velocità, quali ad esempio meccanica, dinamica e cinematica classiche, non hanno validità in altri campi della fisica, come per esempio nell'elettromagnetismo. Le leggi dell'elettromagnetismo infatti non sono invarianti con le trasformazioni galileiane, bensì con le trasformazioni di Lorentz, teorizzate dal fisico olandese Hendrik Lorentz.

Verso la fine dell'Ottocento, Ernst Mach e diversi altri, fra cui Hendrik Lorentz, si scontrarono con i limiti della relatività galileiana, non utilizzabile per i fenomeni elettromagnetici. Einstein si trovò quindi di fronte a due trasformazioni diverse: quelle di Galileo, valide in meccanica classica, e quelle di Lorentz, valide per l'elettromagnetismo, ma prive di un supporto teorico convincente. La situazione era molto insoddisfacente, in quanto queste due trasformazioni ed i principi di relatività ad esse associati erano incompatibili.

La relatività secondo Einstein

Con Albert Einstein, la teoria della relatività ebbe un ulteriore sviluppo ed oggi si tende ad associare a tale teoria il nome del fisico tedesco. La sua teoria si compone di due distinti modelli matematici, che passano sotto il nome di:

- Teoria della relatività speciale
- Relatività generale

La teoria della relatività speciale o teoria della relatività ristretta

La relatività ristretta, chiamata anche relatività speciale, fu presentata da Einstein con l'articolo *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (elettrodinamica dei corpi in movimento) del 1905, per conciliare il principio di relatività galileiano con le equazioni delle onde elettromagnetiche.

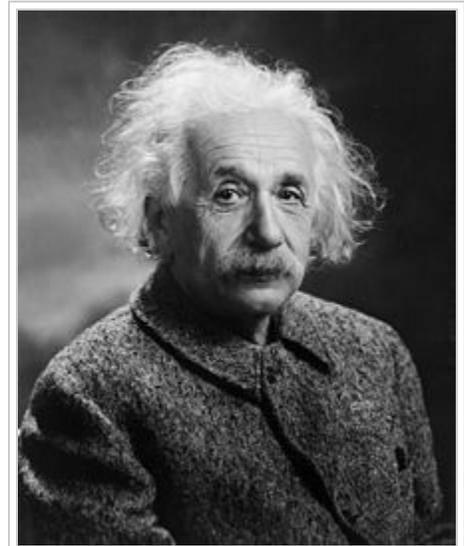
Precedentemente, a tal fine, erano state proposte alcune teorie che si basavano sull'esistenza di un mezzo di propagazione delle onde elettromagnetiche, chiamato *etere*; tuttavia, nessun esperimento era riuscito a misurare la velocità di un corpo rispetto all'etere. In particolare, grazie all'esperimento di Michelson-Morley fu dimostrato che la velocità della luce è costante in tutte le direzioni, indipendentemente dal moto della Terra, non risentendo così del cosiddetto *vento di etere*; la teoria di Einstein scarta del tutto il concetto di etere, che oggi non viene più utilizzato dai fisici.

I postulati della relatività ristretta si possono così enunciare:

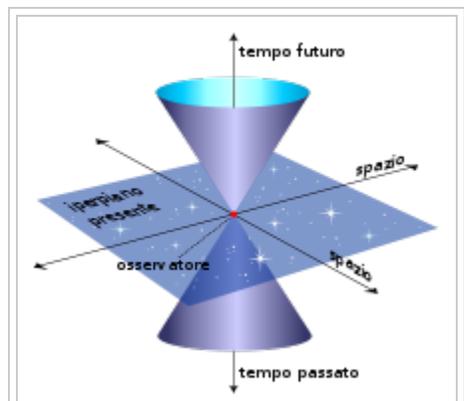
- **primo postulato** (*principio di relatività*): tutte le leggi fisiche sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali;
- **secondo postulato** (*invarianza della luce*): la velocità della luce nel vuoto ha lo stesso valore in tutti i sistemi di riferimento inerziali, indipendentemente dalla velocità dell'osservatore o dalla velocità della sorgente di luce.

È possibile verificare che le trasformazioni di Lorentz soddisfano il secondo postulato: se per un osservatore in un sistema di riferimento inerziale la velocità della luce è c , tale sarà per un qualunque altro osservatore in un sistema di riferimento inerziale in movimento rispetto al proprio.

Le leggi dell'elettromagnetismo, nella forma dell'elettrodinamica classica, non cambiano sotto le trasformazioni di Lorentz, e quindi soddisfano il principio di relatività.



Albert Einstein nel 1947



Rappresentazione dello spazio tempo della relatività ristretta

$$E = mc^2$$

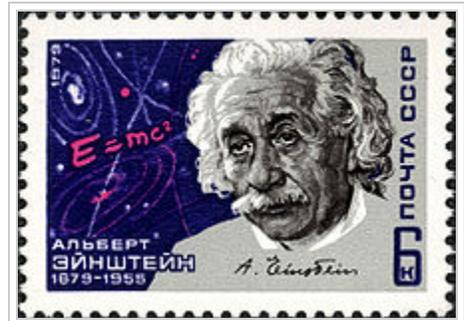
La nota formula relativistica $E = mc^2$ prende in considerazione:

- E = energia cinetica, espressa in Joule ($= N \cdot m = W \cdot s = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$);
- m = massa, espressa in chilogrammi (kg);
- c = velocità della luce, espressa in m/s (299 792 458 m/s, generalmente approssimata a 300 000 Km/s). Pertanto $c^2 \approx 9 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2$.

L'enorme fattore di conversione che lega la massa e l'energia spiega come concentrando un grosso quantitativo di energia si possa creare una piccola quantità di materia ($= E/c^2$), e anche come partendo da una piccolissima massa si possa ottenere molta energia. La conversione di un chilogrammo di materia (equivalente a **90 000 TJ**, ossia a 25 miliardi di kW h = 25 000 000 MWh = 25 000 GWh = **25 TW h**) coprirebbe, in pratica, il *consumo mensile* di energia elettrica in Italia, che nel 2004 è stato in media di 25 374 GWh (nell'intero anno 2004 è stato di 304 490 GW h).

L'equazione di Einstein è stata costantemente verificata nei fenomeni fisici macroscopici: ad esempio nel Sole ogni secondo 4.500.000 tonnellate di idrogeno si trasformano, mediante il processo di fusione nucleare, direttamente in energia, ossia in radiazione elettromagnetica, per l'astronomico valore di $4,05 \times 10^{26}$ joule, che espresso in wattora equivale a 112 500 000 000 TWh (nel 2005 la produzione mondiale di energia elettrica è stata di 17 907 TWh, equivalenti a 716,28 kg di materia). Ma l'equazione vale anche a livello subatomico (fisica quantistica): le collisioni tra particelle elementari (elettroni, protoni e neutroni) generano nuove particelle aventi complessivamente la stessa energia (massa), così come dagli urti tra fotoni scaturiscono coppie elettrone-positrone, che si annichiliscono tra loro trasformandosi nuovamente in fotoni (energia).

Nei processi fisici che non coinvolgono reazioni nucleari è possibile enunciare una legge di conservazione della massa, scoperta da Lavoisier, e una legge di conservazione dell'energia (primo principio della termodinamica), alla cui scoperta hanno contribuito nella seconda metà dell'Ottocento diversi scienziati (Joule, Carnot, Thomson, Clausius e Faraday): *nulla si crea e nulla si distrugge, ma tutto si trasforma*. Einstein, però, ha compreso e dimostrato che il principio di conservazione, complessivamente inteso, coinvolge la materia-energia, considerate non più come due realtà separate bensì unitariamente, dato che l'una può trasformarsi nell'altra secondo una precisa relazione matematica nella quale massa ed energia si equivalgono: poiché la massa non è altro che una forma di energia, essa non si conserva separatamente, ma si aggiunge all'energia cinetica e all'energia potenziale nell'enunciare la conservazione dell'energia meccanica.



Francobollo dell'URSS celebrante Einstein e la sua famosa formula

$$E = mc^2$$

Relatività generale

La teoria della relatività generale venne presentata come serie di letture presso l'Accademia Prussiana delle Scienze, a partire dal 25 novembre 1915, dopo una lunga fase di elaborazione. Esiste un'annosa polemica sulla pubblicazione delle equazioni di campo tra il matematico tedesco David Hilbert ed Einstein; tuttavia, alcuni documenti attribuiscono con una certa sicurezza il primato ad Einstein.

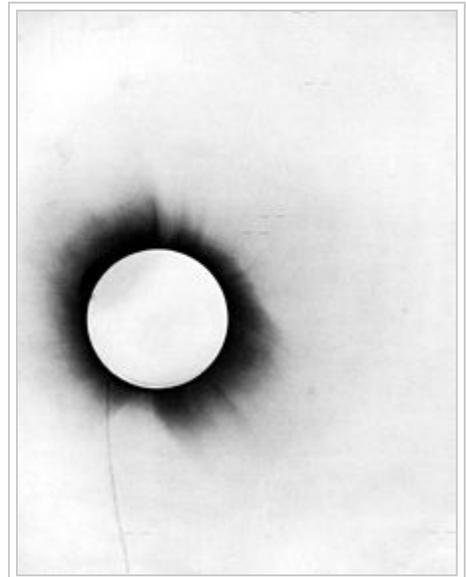
Il fondamento della relatività generale è l'assunto, noto come principio di equivalenza, che un'accelerazione sia indistinguibile localmente dagli effetti di un campo gravitazionale, e dunque che la massa inerziale sia uguale alla massa gravitazionale. Gli strumenti matematici necessari a sviluppare la relatività generale erano stati introdotti in precedenza da Gregorio Ricci Curbastro (1853-1925) che sostanzialmente introdusse quello che oggi è noto come calcolo tensoriale^[1].

Pur dimostrandosi nel tempo estremamente accurata, la relatività generale si è sviluppata indipendentemente dalla meccanica quantistica e finora mai riconciliata con essa. D'altro canto, la fisica quantistica, pur potendo includere la relatività ristretta, non tiene conto degli aspetti della relatività generale.

Nella relatività generale i limiti sono dovuti essenzialmente al trattamento delle singolarità e degli stati della materia in cui le interazioni gravitazionali e quantistiche arrivano ad avere lo stesso ordine di grandezza. Tra le evoluzioni prospettate per tale teoria, le più note ed investigate sono la teoria delle stringhe e la gravitazione quantistica a loop.

Ipotesi sulle origini

Negli anni ottanta un gruppo di studiosi portò avanti su un quotidiano italiano, Il Giornale di Vicenza, una lunga battaglia a sostegno di una tesi secondo cui la celebre equazione di Einstein, $E=mc^2$, sarebbe stata fatta derivare direttamente dallo studio *Ipotesi dell'etere nella vita dell'universo*, presentata nel 1903 al Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti di Schio (VI) da Olinto De Pretto (1867-1921). De Pretto, laureato in agraria, di professione industriale ma appassionato di fisica e di geologia, non rivendicò mai però la paternità - neppure *in nuce* - della celeberrima formula. Nel 1999, il "Caso De Pretto" ha trovato tuttavia nuova linfa per mezzo di Umberto Bartocci, docente di storia della matematica all'Università di Perugia, il quale ha narrato la propria visione dei fatti nel *pamphlet* - accolto peraltro con un certo scetticismo dall'ambiente accademico - *Albert Einstein e Olinto De Pretto, la vera storia della formula più famosa del mondo*. A ciò si aggiungano le relazioni e la collaborazione con l'amico svizzero Michele Besso, che Einstein ringraziò scrivendo: "... concludendo, tengo a dire che l'amico e collega M. Besso mi ha costantemente prestato la sua preziosa collaborazione mentre lavoravo a questo argomento, e che gli sono debitore di parecchi interessanti suggerimenti."^[2]



Negativo della lastra di Arthur Eddington raffigurante l'eclisse solare del 1919, utilizzata per mettere alla prova la previsione di deviazione gravitazionale della luce.

Note

- [^] *Biografie - Gregorio Ricci-Curbastro*, *imss.fi.it*. URL consultato il 18 luglio 2010.
- [^] Umberto Bartocci, *Einstein, De Pretto e l'equivalenza massa-energia*, *cartesio-episteme.net*. URL consultato il 26 settembre 2011.

Bibliografia

- Bergmann, Peter G., *Introduction to the Theory of Relativity*, Dover Publications, 1976, ISBN 0-486-63282-2.
- Denis Brian, *Einstein: a life*, New York, J. Wiley, 1995, ISBN 0-471-11459-6.
- Albert Einstein, trans. Lawson, Robert W., *Relativity: The Special and General Theory*, The masterpiece science ed., New York, Pi Press, 2005, ISBN 0-13-186261-8.
- Albert Einstein, trans. Schilpp, Paul Arthur, *Albert Einstein, Autobiographical Notes*, A Centennial ed., La Salle, Ill., Open Court Publishing Co., 1979, ISBN 0-87548-352-6.
- Albert Einstein, trans. Harris, Alan, *Einstein's Essays in Science*, Dover ed., Mineola, N.Y., Dover Publications, 2009, ISBN 978-0-486-47011-5.
- Albert Einstein, *The Meaning of Relativity*, 5ª ed., Princeton University Press, 1956 [1922].
- Hans C. Ohanian, *Einstein's Mistakes: The Human Failings of Genius*, 1st ed., New York, W.W. Norton & Co., 2008, ISBN 978-0-393-06293-9.
- Bertrand Russell, *The ABC of Relativity*, 3rd rev. ed, Londra, Allen & Unwin, 1969, ISBN 0-04-521001-2.
- Hawking Stephen, Mlodinow, Leonard, *A Briefer History of Time*, New York, NY, Bantam Dell, 2005, ISBN 978-0-553-80436-2.
- Oliveri Rosanna, *La teoria della relatività e le sue interpretazioni filosofiche*, Imperia, Ennepilibri, 2008, ISBN 978-88-7908-210-5.
- Vatinno Giuseppe, *Storia naturale del Tempo.L' effetto Einstein e la teoria della Relatività*, Roma, Armando, 2014, ISBN 978-88-6677-600-0.

Voci correlate

- David Hilbert
- Principio cosmologico
- Principio di relatività
- Principio di conservazione
- Galileo Galilei
- Albert Einstein

Altri progetti

- **Wikiquote** contiene citazioni sulla **teoria della relatività**

-  **Wikimedia Commons** (<https://commons.wikimedia.org/wiki/?uselang=it>) contiene immagini o altri file sulla **teoria della relatività** (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Theory_of_relativity?uselang=it)

Collegamenti esterni

- *Relatività*, in *Open Directory Project*, Netscape Communications. (Segnala (<http://www.dmoz.org/public/suggest?cat=World/Italiano/Scienza/Fisica/Relatività/>) su DMOz un collegamento pertinente all'argomento "Relatività")
- (**EN**) *Testo della teoria della relatività di Einstein*, *bartleby.com*.
- (**EN**) *Progetto Beyond Einstein della NASA*, *universe.nasa.gov*.
- (**EN**) Reflections on Relativity (<http://www.mathpages.com/rr/rrtoc.htm>) — Un completo corso on line sulla Relatività.
- *Un'introduzione alla Teoria della Relatività di A. Amadori - L. Lussardi* (**PDF**), *arrigoamadori.com*.
- *Teoria della Relatività Speciale: formulazione matematica*, V. Moretti, università di Trento (**PDF**), *science.unitn.it*.
- *Teoria della relatività*, in *Tesauro del Nuovo soggettario*, BNCF, marzo 2013.

Controllo di autorità	LCCN: (EN) sh85112497 (http://id.loc.gov/authorities/subjects/sh85112497) · GND: (DE) 4049363-5 (http://d-nb.info/gnd/4049363-5) · BNF: (FR) cb11932745v (http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb11932745v) (data) (http://data.bnf.fr/ark:/12148/cb11932745v)
------------------------------	--

Estratto da "https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Teoria_della_relatività&oldid=78851032"

Categoria: Teorie relativistiche | [altre]

-
- Questa pagina è stata modificata per l'ultima volta il 13 feb 2016 alle 08:49.
 - Il testo è disponibile secondo la licenza Creative Commons Attribuzione-Condividi allo stesso modo; possono applicarsi condizioni ulteriori. Vedi le Condizioni d'uso per i dettagli. Wikipedia® è un marchio registrato della Wikimedia Foundation, Inc.