



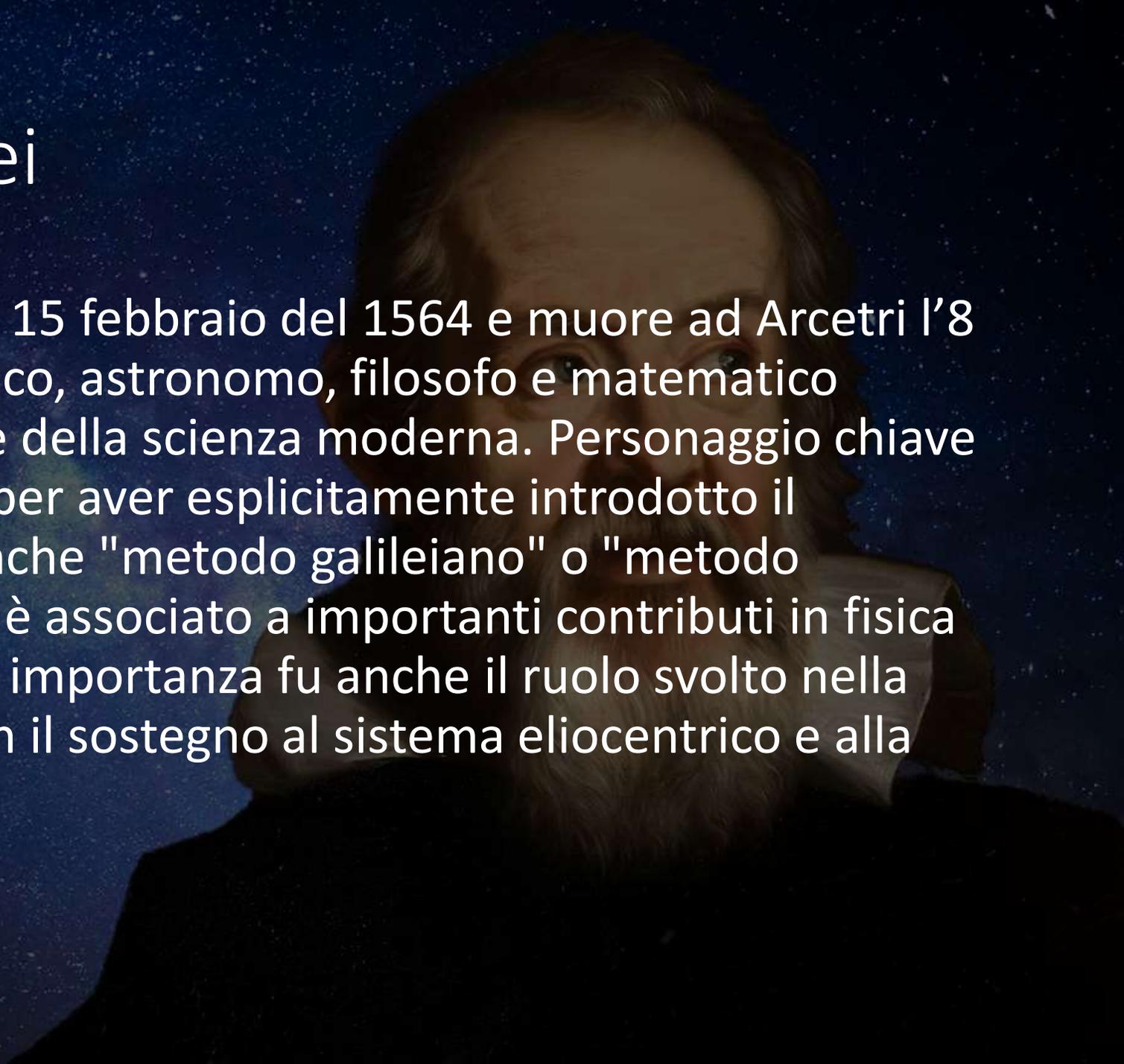
Il movimento

Galileo Galilei, Isaac Newton, Albert Einstein

De Santis Gianluca
Di Giuseppe Riccardo Nunzio
Martena Silvia
Perrone Kevin
Romano Leonardo
3^A BS
I. T. Grazia Deledda Lecce

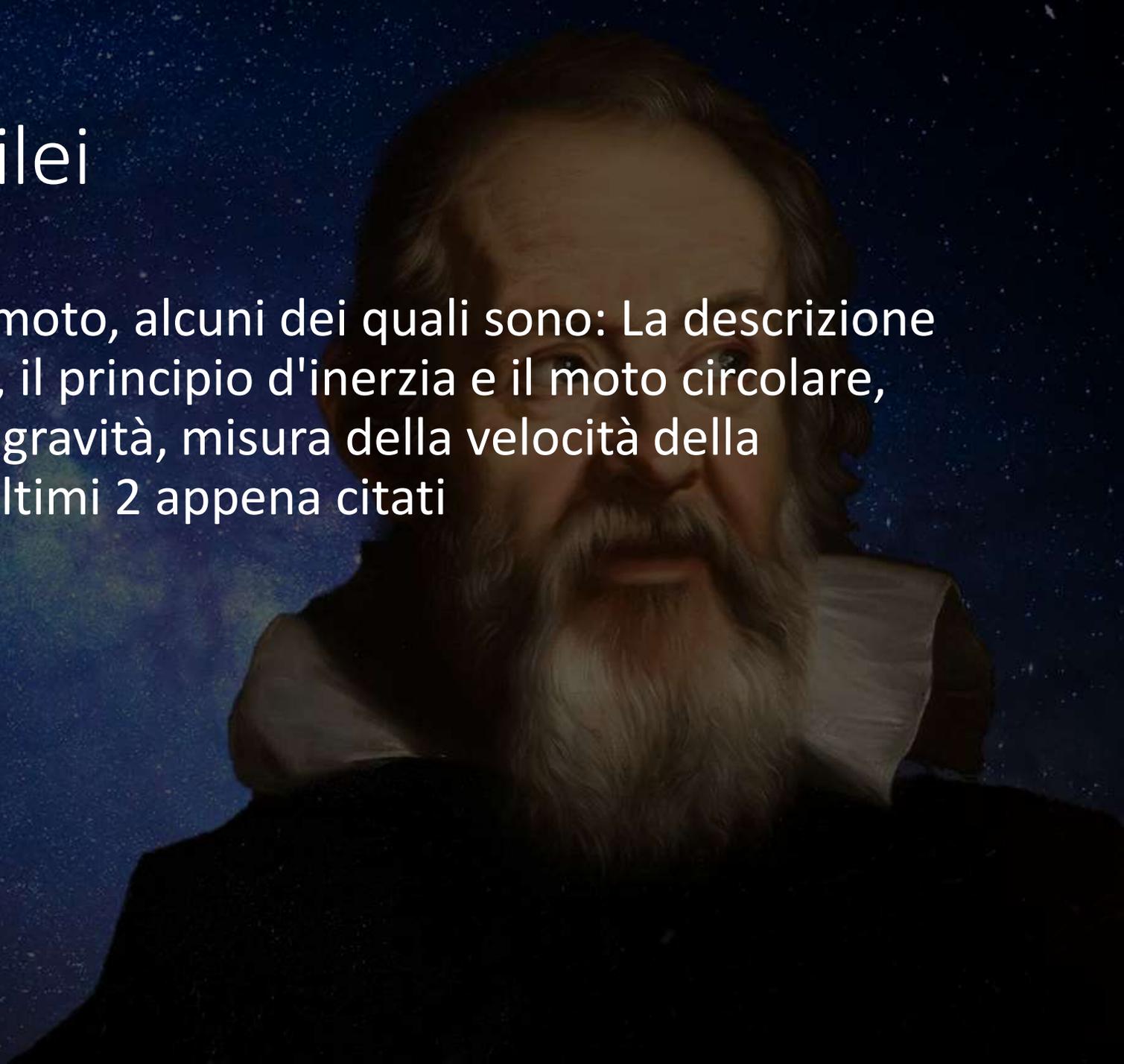
Chi è Galileo Galilei

Galileo Galilei nasce a Pisa il 15 febbraio del 1564 e muore ad Arcetri l'8 gennaio 1642, è stato un fisico, astronomo, filosofo e matematico italiano, considerato il padre della scienza moderna. Personaggio chiave della rivoluzione scientifica per aver esplicitamente introdotto il metodo scientifico (detto anche "metodo galileiano" o "metodo sperimentale"), il suo nome è associato a importanti contributi in fisica e in astronomia. Di primaria importanza fu anche il ruolo svolto nella rivoluzione astronomica, con il sostegno al sistema eliocentrico e alla teoria copernicana.



Le scoperte di Galilei

Galilei fece diversi studi sul moto, alcuni dei quali sono: La descrizione quantitativa del movimento, il principio d'inerzia e il moto circolare, misura dell'accelerazione di gravità, misura della velocità della luce. Concentriamoci sugli ultimi 2 appena citati



Misura dell'accelerazione di gravità

Galileo riuscì a determinare il valore che egli credeva costante dell'accelerazione di gravità g alla superficie terrestre, cioè della grandezza che regola il moto dei corpi che cadono verso il centro della Terra, studiando la caduta di sfere ben levigate lungo un piano inclinato, anch'esso ben levigato. Poiché il moto della sfera dipende dall'angolo di inclinazione del piano, con semplici misure ad angoli differenti riuscì a ottenere un valore di g solamente di poco inferiore a quello esatto per Padova ($g = 9,8065855 \text{ m/s}^2$), nonostante gli errori sistematici, dovuti all'attrito che non poteva essere completamente eliminato. Detta a l'accelerazione della sfera lungo il piano inclinato, la sua relazione con g risulta essere $a = g \sin \theta$ per cui, dalla misura sperimentale di a , si risale al valore dell'accelerazione di gravità g . Il piano inclinato permette di ridurre a piacimento il valore dell'accelerazione ($a < g$), facilitandone la misura. Ad esempio, se $\theta = 6^\circ$, allora $\sin \theta = 0,104528$ e quindi $a = 1,025 \text{ m/s}^2$. Tale valore è meglio determinabile, con una strumentazione rudimentale, rispetto a quello dell'accelerazione di gravità ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) misurato direttamente con la caduta verticale di un oggetto pesante.

Misura della velocità della luce

Guidato dalla similitudine con il suono, Galileo fu il primo a tentare di misurare la velocità della luce (299792458 m/s). La sua idea fu quella di portarsi su una collina con una lanterna coperta da un drappo e quindi toglierlo lanciando così un segnale luminoso ad un assistente posto su un'altra collina ad un chilometro e mezzo di distanza: questi non appena avesse visto il segnale, avrebbe quindi alzato a sua volta il drappo della sua lanterna e Galileo vedendo la luce avrebbe potuto registrare l'intervallo di tempo impiegato dal segnale luminoso per giungere all'altra collina e tornare indietro. Una misura precisa di questo tempo avrebbe consentito di misurare la velocità della luce ma il tentativo fu infruttuoso data l'impossibilità per Galilei di avere uno strumento così avanzato che potesse misurare i centomillesimi di secondo che la luce impiega per percorrere una distanza di pochi chilometri.

La prima stima della velocità della luce fu opera, nel 1676, dell'astronomo danese Rømer basata su misure astronomiche.

Chi è Sir Isaac Newton

Sir Isaac Newton nasce a Woolsthorpe-by-Colsterworth il 25 dicembre 1642 e muore a Londra il 20 marzo 1726. È stato un matematico, fisico, astronomo, filosofo naturale, teologo, storico e alchimista inglese. Considerato uno dei più grandi scienziati di tutti i tempi, ha anche ricoperto i ruoli di presidente della Royal Society (1703-1727), direttore della Zecca inglese (1699-1701) e membro del Parlamento (1689-1690 e 1701). Noto soprattutto per la fondazione della meccanica classica, la teoria della gravitazione universale e l'invenzione del calcolo infinitesimale, contribuì significativamente a più branche del sapere, occupando una posizione di preminente rilievo nella storia della scienza e della cultura. Il suo nome è associato a leggi e teorie ancora oggi insegnate: si parla di *dinamica newtoniana*, di leggi newtoniane del moto, di legge di gravitazione universale. Più in generale, ci si riferisce al *newtonianismo* come concezione del mondo, che ha influenzato la cultura europea per tutto il XVIII secolo. Nella sua opera *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (nota anche come *Principia*) del 1687, che segna la fine della rivoluzione scientifica, definì le regole fondamentali della meccanica classica attraverso le sue leggi del moto. Contribuì inoltre al progresso della teoria eliocentrica: a lui si deve la dimostrazione delle leggi di Keplero sul movimento dei pianeti. Oltre a dedurle matematicamente dalla soluzione del problema della dinamica applicato alla forza di gravità (problema dei due corpi), generalizzò le leggi di Keplero dimostrando che le orbite delle comete potevano essere non solo ellittiche (come quelle dei pianeti), ma anche iperboliche o paraboliche. Dimostrò l'universalità della gravitazione: la medesima legge di gravitazione universale governa i movimenti della Terra e di tutti gli altri corpi celesti.



La legge di gravitazione universale

La **legge di gravitazione universale** è una legge fisica fondamentale che afferma che nell'Universo due corpi si attraggono con una forza direttamente proporzionale (G) al prodotto delle loro masse e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza (r):

$$F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$$

La storia

La legge dell'inverso del quadrato nella gravità fu avanzata da diverse persone, non solo da Newton e Hooke, ma fu Newton a dimostrare la sua precisione matematica e ad applicarla alle grandi masse sferiche planetarie. Hooke aveva proposto un'attrazione universale tra tutti i corpi celesti, ma non aveva fornito dimostrazioni matematiche. Nel suo carteggio con Newton, Hooke avrebbe menzionato la legge dell'inverso del quadrato, ma Newton negò che questa idea gli fosse stata presentata da Hooke. Tuttavia, Newton accettò il fatto che Hooke e altri avessero mostrato apprezzamento per la legge dell'inverso del quadrato nel sistema solare. Newton riconobbe anche l'importanza dei contributi di Hooke all'idea della "composizione dei moti celesti" e la conversione del pensiero di Newton dalla 'forza centrifuga' alla 'forza centripeta'.

Definizione della legge

Ogni punto materiale attrae ogni altro singolo punto materiale con una forza che punta lungo la linea di intersezione di entrambi i punti. La forza è proporzionale al prodotto delle due masse e inversamente proporzionale al quadrato della distanza fra loro:

$$F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$$

dove:

F è l'intensità della forza tra le masse,

G è la costante di gravitazione universale,

m₁ è la prima massa,

m₂ è la seconda massa,

r è la distanza tra i centri delle masse.

Soluzione di Einstein

Le obiezioni a questa teoria sono state spiegate dalla teoria della relatività generale di Einstein, nella quale la gravitazione è un attributo dello spaziotempo curvo invece di essere dovuta a una forza di propagazione tra i corpi. Nella teoria di Einstein, le masse deformano lo spaziotempo nelle loro vicinanze, e altri corpi si muovono in traiettorie determinate dalla geometria dello spaziotempo. Ciò ha permesso una descrizione dei moti della luce e delle masse in linea con tutte le osservazioni disponibili. Nella relatività generale, la forza gravitazionale è una forza apparente dovuta alla curvatura dello spaziotempo, in quanto l'accelerazione di gravità di un corpo in caduta libera è dovuta alla sua linea di universo, essendo una geodetica dello spaziotempo.

Chi è Albert Einstein

Albert Einstein nasce a Ulma il 14 marzo 1879 e muore a Princeton il 18 aprile 1955, è stato un fisico tedesco naturalizzato svizzero e statunitense. Generalmente considerato il più importante fisico del XX secolo, conosciuto al grande pubblico anche per la formula dell'equivalenza massa-energia, $E = mc^2$ (ovvero l'energia = massa moltiplicata per il quadrato della velocità della luce). Nel 1921 ricevette il premio Nobel per la fisica «per i contributi alla fisica teorica, in particolare per la scoperta della legge dell'effetto fotoelettrico», un passo avanti cruciale per lo sviluppo della teoria dei quanti, sviluppando a partire dal 1905 la teoria della relatività, uno dei due pilastri della fisica moderna insieme alla meccanica quantistica. La relatività generale, elaborata da Albert Einstein e pubblicata nel 1916, è l'attuale teoria fisica della gravitazione.

Teoria della relatività generale

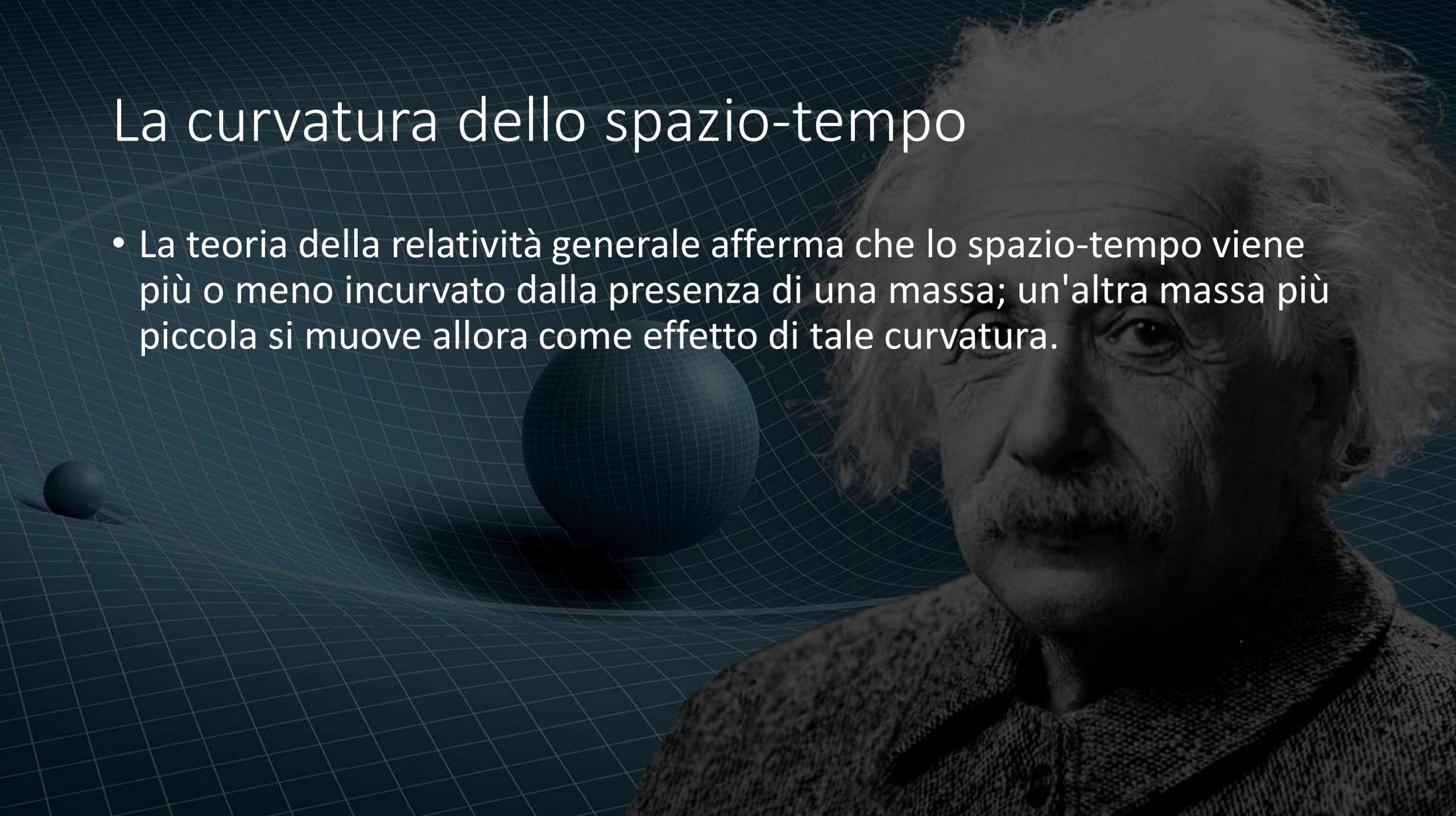
Queste obiezioni sono state spiegate dalla teoria della relatività generale di Einstein, nella quale la gravitazione è un attributo dello spaziotempo curvo invece di essere dovuta a una forza di propagazione tra i corpi. Nella teoria di Einstein, le masse deformano lo spaziotempo nelle loro vicinanze, e altri corpi si muovono in traiettorie determinate dalla geometria dello spaziotempo. Ciò ha permesso una descrizione dei moti della luce e delle masse in linea con tutte le osservazioni disponibili. Nella relatività generale, la forza gravitazionale è una forza apparente dovuta alla curvatura dello spaziotempo, in quanto l'accelerazione di gravità di un corpo in caduta libera è dovuta alla sua linea di universo, essendo una geodetica dello spaziotempo.

La storia

Nel 1905 Einstein risolve le contraddizioni presenti tra le equazioni di Maxwell dell'elettromagnetismo e la relatività galileiana pubblicando in un articolo la relatività ristretta. Dopo dieci anni di studi, nel 1915 egli propone un'equazione, oggi nota come equazione di campo di Einstein, che descrive la gravità come curvatura dello spaziotempo. Nel 1919 Arthur Eddington organizza una spedizione in occasione di un'eclissi di Sole all'isola di Príncipe che verifica una delle conseguenze della teoria, la flessione dei raggi luminosi di una stella in presenza del forte campo gravitazionale del sole. Negli anni successivi Einstein si interessa alle implicazioni cosmologiche della relatività generale; per evitare l'universo dinamico (o in contrazione o in espansione) previsto dalla sua teoria e ottenere un universo statico, introduce nell'equazione una nuova costante, detta costante cosmologica. Le implicazioni della teoria vengono studiate intensamente a partire dagli anni sessanta. Nel 1967 John Wheeler conia il termine buco nero. Una parte rilevante degli studi di fisica teorica degli ultimi decenni è dedicata a conciliare la relatività generale con la meccanica quantistica. Nel 2016 sono osservate per la prima volta le onde gravitazionali, una delle previsioni più significative della teoria.

La curvatura dello spazio-tempo

- La teoria della relatività generale afferma che lo spazio-tempo viene più o meno incurvato dalla presenza di una massa; un'altra massa più piccola si muove allora come effetto di tale curvatura.



Conferme sperimentali

Non è possibile verificare sperimentalmente la teoria perché è impossibile creare dei campi gravitazionali intensi in laboratorio, e non è possibile osservare in ambito spaziale poiché non è visibile. La relatività però può essere dimostrata grazie a calcoli matematici dello spazio. Abbiamo però delle conferme a livello sperimentale incomplete, pria tra tutte è l'effetto lente gravitazionale di cui le osservazioni di Eddington sono un caso particolare. La luce emessa da una sorgente lontana, transitando nelle vicinanze di un oggetto molto massiccio può venire deviata, con un effetto complessivo che può sdoppiare (o meglio trasformare in un anello), l'immagine della sorgente.

Il ponte di Einstein-Rosen

Un ponte di Einstein-Rosen , detto anche cunicolo spazio-temporale o wormhole , è un'ipotetica caratteristica topologica e relativistica dello spaziotempo.

Il ponte di Einstein-Rosen viene spesso detto galleria gravitazionale, mettendo in rilievo la dimensione gravitazionale strettamente interconnessa alle altre due dimensioni: spazio e tempo. Questa singolarità gravitazionale, e/o dello spazio-tempo che dir si voglia, possiede almeno due estremità, connesse ad un'unica galleria o cunicolo, potendo la materia viaggiare da un estremo all'altro passandovi attraverso.

Cunicoli spaziotemporali

I cunicoli spazio-temporali lorentziani noti come "cunicoli spazio-temporali di Schwarzschild" sono connessioni fra aree di spazio che possono essere modellati come soluzioni di vuoto nelle equazioni di campo di Einstein combinando modelli di un buco nero e un buco bianco. Questa soluzione fu scoperta da Albert Einstein e dal suo collega Nathan Rosen, che per primo pubblicò il risultato nel 1935. Nel 1962 John Archibald Wheeler e Robert W. Fuller pubblicarono un saggio mostrando che questo tipo di cunicolo spazio-temporale è instabile, e che si chiuderebbe istantaneamente non appena formato, impedendo anche alla luce di attraversarlo.

Precedentemente i problemi di stabilità dei ponti di Einstein-Rosen di Schwarzschild erano apparenti; fu proposto che i quasar fossero buchi bianchi formanti la fine di questi tipi di ponti di Einstein-Rosen.

L'attraversamento di Wormhole

I cunicoli spazio-temporali lorentziani attraversabili permetterebbero di viaggiare da una parte all'altra dello stesso universo molto rapidamente oppure viaggiare da un universo ad un altro. La possibilità di ponti di Einstein-Rosen attraversabili nel rispetto della relatività generale fu per prima volta ipotizzata da Kip Thorne insieme a un suo studente laureato Mike Morris, in un documento del 1988; per questa ragione il ponte di Einstein-Rosen proposto, tenuto aperto per mezzo di un guscio sferico di materia esotica, viene chiamato wormhole di Morris-Thorne

Definizione

La nozione base di un cunicolo spaziotemporale intra-universo (che collega almeno due o più punti dello stesso universo) è che esso sia una regione compatta dello spaziotempo, il cui confine è topologicamente insignificante ma il cui interno non è semplicemente connesso.

Formalizzare questa idea conduce a definizioni come la seguente, presa dai wormhole lorentziani di Matt Visser.

Il viaggio nel tempo

Ipoteticamente, un ponte di Einstein-Rosen potrebbe potenzialmente permettere il viaggio nel tempo, accelerando un'estremità relativamente all'altra, e riportandola successivamente indietro. La dilatazione temporale relativistica risulterebbe in un minor tempo passato per la bocca del wormhole che è stata accelerata, in confronto a quella rimasta ferma, il che significa che tutto ciò che è passato dalla bocca stazionaria, uscirebbe da quella accelerata in un tempo precedente a quello del suo ingresso. Il percorso attraverso un tale ponte di Einstein-Rosen viene detto curva spaziotemporale chiusa di tipo tempo e un wormhole con questa caratteristica viene talvolta detto timehole o "buco temporale".

Esempio

Si considerino due orologi per entrambe le bocche che mostrano la stessa data: 2000. Dopo aver effettuato un viaggio a velocità relativistiche, la bocca accelerata è riportata nella stessa regione di quella stazionaria, con l'orologio della bocca accelerata che legge 2005, mentre l'orologio di quella stazionaria legge 2010. Un viaggiatore entrato dalla bocca accelerata in questo momento uscirebbe dalla stazionaria quando anche il suo orologio legge 2005, nella stessa regione, ma ora con cinque anni nel passato. Una tale configurazione di ponte di Einstein-Rosen permetterebbe ad una linea di mondo di particella di formare un cerchio chiuso nello spaziotempo, noto come curva del tempo chiusa.