

Liceo Scientifico Statale
"Leonardo Da Vinci" - Reggio Calabria

Ricerca di Fisica

Forza gravitazionale

Studente Francesco Vilasi
5H - A.s. 2004/2005

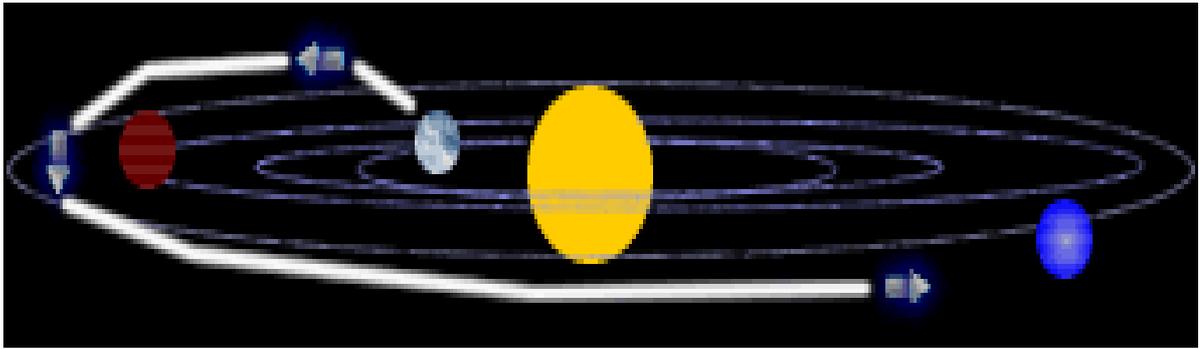
Ai tempi dei Greci, i filosofi pensavano che il movimento "naturale" di stelle, planeti, del Sole e della Luna fosse un movimento circolare. Keplero stabilì che le orbite sono ellittiche, ma pensava tuttavia che il movimento dei pianeti fosse dettato da qualche "forza divina" emanata dal Sole. Newton realizzò che la stessa forza che causa la caduta di una pietra sulla Terra mantiene i corpi pianeti in orbita attorno al Sole, e la Luna attorno alla Terra.

Newton non fu il solo a dare un contributo fondamentale alla conoscenza della gravità. Prima di lui, Galileo Galilei corresse un pregiudizio comune, dettato da Aristotele, per cui oggetti di masse differenti cadono a velocità diverse. Per Aristotele era sensato pensare oggetti di masse diverse cadessero con velocità differenti. Galileo provò a far cadere corpi di masse differenti nello stesso momento. Escludendo le differenze dovute alla resistenza dell'aria, Galileo capì che tutte le masse venivano accelerate nello stesso modo. Sia che ci muoviamo, sia che solleviamo un qualsiasi oggetto, in ogni istante della nostra vita operiamo in maniera tale da

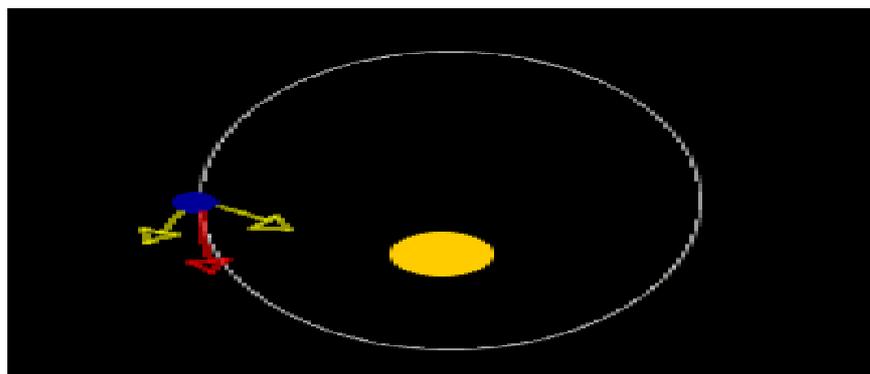
vincere questa forza. Eppure per scoprirla si è dovuti aspettare l'ingegno di Newton, prima di allora infatti, si credeva che ogni corpo fosse indissolubilmente legato alla Terra, il centro di tutte le cose, ed era perciò naturale per un sasso lanciato in aria tornare a far parte del sistema di origine. Oggi noi sappiamo, grazie ad essa, che non è così. Infatti, tutti i corpi dell'universo sono legati fra di loro da questa forza di mutua attrazione, detta appunto universale per la sua caratteristica di interessare la globalità degli oggetti, siano essi i pianeti del cielo o le stelle o noi stessi. Il Sole ad esempio, con la sua grande massa, attrae a sé tutti i corpi del sistema solare, che a loro volta esercitano una forza su di esso e nei confronti di altri corpi. Pensiamo ad esempio alle comete, spesso interessate nel loro moto anche dalle grandi masse di pianeti come Giove e Saturno che ne alterano le orbite. Comunque nel caso in cui le masse in gioco non siano dello stesso ordine di grandezza, il corpo minore è completamente legato a quello di dimensioni maggiori, e si parla allora molto più semplicemente di forza di gravità. E' per questo che noi siamo vincolati alla superficie terrestre, a meno di non essere sottoposti ad una forza che ci permetta di sfuggire all'influenza del nostro pianeta sfruttando la spinta di

aerei o di razzi.

Ad esempio nel caso delle missioni spaziali, una sonda per liberarsi dall'attrazione terrestre deve raggiungere una velocità di 11,3 km/s, la cosiddetta **velocità di fuga**, a cui poi, mediante opportune manovre, si imprime una spinta parallela alla Terra, che combinandosi con la forza di gravità crea un equilibrio mantenendola in orbita su un'orbita ellittica. Invece, imprimendo una forza maggiore, si riuscirà a svincolare completamente una sonda dall'attrazione terrestre, come nei viaggi interplanetari. Viceversa con una forza minore essa non si manterrà in orbita, ma ricadrà sulla Terra. Nel campo dell'esplorazione interplanetaria è allora la forza gravitazionale a fare da combustibile. Infatti, sfruttando l'attrazione dei pianeti, è possibile guidare le sonde sino ai confini del sistema solare, facendole prima attrarre e poi lanciare dalle grandi masse planetarie.



Ogni corpo allora si muove di **moto rettilineo uniforme**, sino a quando non interviene una forza esterna che ne modifica lo stato iniziale e che imprime ad esso una traiettoria a seconda della forza risultante. Nel caso dei pianeti l'orbita è la risultante della forza dovuta al loro moto, che tende a far muovere il pianeta in modo rettilineo, e di quella di attrazione verso il centro del sistema solare.



Nel libro *Principia mathematica* del 1687, Isaac Newton enunciò la legge di gravitazione universale:

"Qualsiasi oggetto dell'Universo attrae ogni altro oggetto con una forza diretta lungo la linea che congiunge i centri dei due oggetti, di intensità direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse ed inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza".

Ciò equivale alla seguente formula:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

dove:

- F = forza gravitazionale tra i due oggetti
- m_1 = massa del primo oggetto
- m_2 = massa del secondo oggetto
- r = distanza tra i due oggetti
- G = costante di gravitazione universale

Questa legge può essere applicata soltanto ad oggetti puntiformi. Se l'oggetto ha un'estensione spaziale è

necessario ricorrere al calcolo integrale. Se l'oggetto ha però forma sferica, l'integrale fornisce la stessa attrazione gravitazionale che si avrebbe con un corpo puntiforme posto al centro della sfera stessa.

A questo punto bisogna chiarire la differenza fra due concetti molto importanti, ossia quelli riguardanti la **massa** ed il **peso** di ogni oggetto. La prima è intrinseca ad ogni corpo e non è modificata dalla gravità, in quanto si riferisce alla quantità di materia. L'altro invece dipende dalla gravità a cui è sottoposto ogni corpo. Così il corpo di un'astronauta avrà la stessa massa sia sulla Terra che sulla Luna, ma non lo stesso peso. Sul nostro satellite naturale dove la gravità, essendo la massa lunare minore di quella terrestre, il nostro uomo peserà un sesto in meno.

Il peso sarà dunque uguale alla massa moltiplicata per una costante detta **accelerazione di gravità**:

$$P = m \times g$$

che non è altro che la forza con la quale viene attratto un corpo di massa **m**.

È possibile esprimere la forza gravitazionale mediante una forma vettoriale, introducendo un vettore direzione opportuno. La forma vettoriale è la seguente:

$$\vec{F}_{12} = \frac{Gm_1m_2(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3}$$

dove:

- \vec{F}_{12}

è la forza esercitata dalla massa m_2 sulla massa m_1

- **m_1 e m_2 sono le masse**
- **\vec{r}_1 e \vec{r}_2 sono i vettori posizione delle masse**
- **G è la costante di gravitazione**

Per calcolare la forza esercitata dalla massa m_1 sulla massa m_2 è sufficiente moltiplicare la \vec{F}_{12} per -1.

La principale differenza tra le due formulazioni è il fatto che la seconda utilizza la differenza tra le posizioni per costruire il vettore che individua la posizione di una massa rispetto

all'altra. Il risultato viene poi diviso per il modulo di tale vettore per non modificare l'intensità della forza.

Newton scoprì anche che tutti i corpi cadono sulla Terra con la stessa velocità, essendo sottoposti ad una accelerazione costante che ammonta a 9,82 metri al secondo quadrato, siano essi una piuma od un martello. La differenza è data esclusivamente dalla resistenza che l'aria esercita su ogni corpo.

La forza di gravità è dunque fondamentale per la nostra esistenza, senza di essa la nostra vita terrestre non sarebbe così come la conosciamo, basti pensare alle difficoltà degli astronauti durante le missioni spaziali nel compiere le cose più elementari o alle sensazioni che si provano in ambienti che simulano l'assenza di gravità, pensiamo alle montagne russe od al superamento di un dosso stradale con un'auto a piena velocità.

La legge di Newton comunque vale solo nel caso si considerino due corpi che siano lontani da altre masse. Nel caso del sistema solare, per studiare il moto di un pianeta o di una sonda interplanetaria, bisognerebbe in effetti tener conto

anche degli altri corpi, così come di stelle vicine. Solitamente però, per semplificare i calcoli, si considerano solo le masse più ingenti, ossia quelle del Sole, di Giove e di Saturno, considerando tutte le altre di entità trascurabili.

Con l'avvento della teoria della relatività, la forza gravitazionale assume un ruolo ancora più importante, essendo stato scoperto come le grandi masse influenzino persino la luce ed alterino i concetti dello spazio e del tempo assoluti.

La **gravità** è una forza attrattiva che agisce su tutte le particelle dell'Universo e che trova particolare definizione nella terza legge della dinamica. Solitamente si fa una distinzione tra *gravitazione*, la forza universale di attrazione, e *gravità*, la forza che attira i corpi verso il centro della Terra. La gravità è la somma dell'attrazione gravitazionale, causata dalla massa terrestre, e l'apparente accelerazione centrifuga, causata dalla rotazione

della Terra stessa. Utilizzando l'equazione di Newton, $F = ma$, è chiaro che:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = m_1a_1$$

La gravitazione mantiene i corpi, compresi oceani ed atmosfera, sulla superficie terrestre, permette alla Luna di orbitare attorno alla Terra e alla Terra di orbitare attorno al Sole. La gravità non può essere annullata né attenuata, ma ha un valore molto piccolo rispetto alle altre forze fondamentali. Ancora oggi però, ci sono molte domande sulla natura della forza gravitazionale che non hanno trovato risposta.

La gravità alla luce della Teoria della Relatività

La formulazione di Newton sulla gravitazione è abbastanza esatta da non richiedere grosse modifiche, tuttavia la Teoria della Relatività corregge alcuni punti:

1. La teoria di Newton presuppone che la forza gravitazionale sia trasmessa istantaneamente con un metodo presupposto, "l'azione ad una

distanza". Newton stesso ritenne l' *azione ad una distanza* insoddisfacente.

2. Il modello di Newton di spazio e di tempo assoluti è stato contraddetto dalla teoria di Einstein della relatività speciale. Tale teoria è stata sviluppata con successo sulla base del presupposto che esiste una certa velocità a cui i segnali possono essere trasmessi corrispondente alla velocità della luce nel vuoto.
3. La teoria non prevede correttamente la precessione del perielio dell'orbita del pianeta Mercurio, dando un risultato in disaccordo con le osservazioni di alcune decine di secondi d'arco al secolo.
4. La teoria predice che la luce è deviata per gravità, ma questa deviazione è metà di quanto osservato sperimentalmente.
5. Il concetto per cui masse gravitazionali ed inerziali sono le stesse cose (o almeno proporzionali) per tutti i corpi non è spiegato all'interno del sistema di Newton.

Einstein ha sviluppato una nuova teoria denominata relatività generale che include una teoria di gravitazione, pubblicata in 1915. La funzione gravitazionale di questa teoria dice che la presenza della materia "deforma" spazio e tempo.

FRANCESCO VILASI

5^H