

Massa inerziale e massa gravitazionale

Al numeratore della legge di gravitazione universale di Newton compaiono le masse m_1 e m_2 dei due corpi che si attraggono. Più le masse sono grandi, più la forza di interazione tra di esse è intensa.

Nel capitolo «I principi della dinamica» abbiamo interpretato la massa di un corpo come una misura della difficoltà con cui un corpo viene accelerato: una massa grande è più difficile da accelerare di una piccola. È per questo che abbiamo caratterizzato la massa come *massa inerziale*.

Ma cosa ha in comune questa proprietà con il fatto di attirare altri oggetti? In linea di principio, nulla: possiamo benissimo immaginare corpi facili da accelerare e che attirano intensamente altri corpi o, al contrario, oggetti difficili da accelerare che attirano debolmente ciò che si trova intorno a essi.

Quindi, in linea di principio ogni oggetto potrebbe avere due proprietà distinte:

- la resistenza al fatto di essere accelerato, misurata dalla sua massa inerziale m ;
- la capacità di attirare gravitazionalmente altri oggetti e di essere attratto da essi, misurata da una nuova grandezza fisica m_g che chiamiamo **massa gravitazionale**.

È quest'ultimo tipo di massa che compare nella legge di gravitazione universale di Newton, che dovrebbe essere scritta come

$$F = \frac{G m_{g1} m_{g2}}{r^2} .$$

Però i dati sperimentali mostrano che

la massa gravitazionale di un corpo è direttamente proporzionale alla sua massa inerziale.

Se il corpo A è due volte più difficile da accelerare del corpo B , esso attira anche un terzo corpo C con una forza che è il doppio di quella esercitata da B su C . Questa proprietà è vera per tutti gli oggetti, qualunque sia la loro composizione chimica, lo stato di aggregazione in cui sono e il luogo in cui si trovano.

Non esistono in natura oggetti che hanno una grande massa inerziale e una piccola massa gravitazionale o viceversa.

Il fisico ungherese Loránd Eötvös (1848-1919) dedicò diversi anni della sua carriera al controllo della proporzionalità tra massa inerziale e massa gravitazionale. Grazie ai suoi esperimenti, egli confermò questa proprietà con una precisione di una parte su 20 000 000. Ancora oggi si tratta di uno degli esperimenti più accurati della storia della fisica.

Dal momento che la massa inerziale e quella gravitazionale sono sempre proporzionali tra loro, si può scegliere per entrambe la stessa unità di misura, il kilogrammo. Ne consegue che il blocco di platino-iridio che si trova a Sèvres è, allo stesso tempo, l'unità di massa inerziale e l'unità di massa gravitazionale.

È per questo che, dal punto di vista pratico, si può evitare di sottolineare la differenza tra massa inerziale e massa gravitazionale. Però, dal punto di vista concettuale, questa differenza esiste. Infatti:

- la massa inerziale di un oggetto è definita dal rapporto F/m , che misura la difficoltà che si ha ad accelerare quell'oggetto;
- la massa gravitazionale dello stesso oggetto può essere misurata con un dinamometro, che determina l'intensità della forza con cui la Terra lo attira.

Altre forze

La forza che un oggetto esercita su un altro non è sempre direttamente proporzionale alla sua massa: questa proprietà dipende dal tipo di forza in gioco.

Per esempio, non è detto che una calamita con massa maggiore attiri con forza maggiore un oggetto di ferro.

DOMANDA

Hai a disposizione una pentola, un dinamometro e una copia del kilogrammo campione, che è anche l'unità di misura della massa gravitazionale. Con il dinamometro misuri la forza con cui la Terra attira la pentola e quella con cui la Terra attira il kilogrammo campione.

- Come puoi determinare, con questi dati, la massa gravitazionale della pentola?

Con queste diverse operazioni si ricavano, per lo stesso corpo, due quantità (la massa inerziale m e la massa gravitazionale m_g) che sono definite in maniera indipendente e vengono misurate con procedimenti diversi, ma che gli esperimenti ci dicono essere *sempre* direttamente proporzionali.

La proporzionalità tra la massa inerziale e la massa gravitazionale è un fatto osservato, ma non spiegato dalla fisica «classica» di Newton. Esso è alla base della *teoria della relatività generale*, proposta da Albert Einstein nel 1916, che descrive l'interazione gravitazionale uscendo dall'ambito di validità della teoria gravitazionale classica.

ESERCIZI

- 1 Test.** La massa inerziale e la massa gravitazionale di un oggetto sono:
 - A** uguali.
 - B** direttamente proporzionali.
 - C** inversamente proporzionali.
 - D** del tutto indipendenti.
- 2 Pensa come un fisico.** Perché la massa inerziale e la massa gravitazionale di un oggetto nel Sistema Internazionale hanno la stessa unità di misura, il kilogrammo, ma in laboratorio si determinano in modi diversi?
- 3 Caccia all'errore.** «Se ho a disposizione un dinamometro per misurare la forza-peso e la copia del kilogrammo campione, posso determinare la massa gravitazionale di un oggetto facendo il rapporto tra il peso del kilogrammo campione e il peso dell'oggetto.»
- 4 Test.** La massa inerziale e la massa gravitazionale di un determinato oggetto sono due grandezze fisiche:
 - A** concettualmente identiche, che potrebbero avere valori numerici diversi.
 - B** concettualmente identiche, che devono avere lo stesso valore numerico.
 - C** concettualmente diverse, ma che devono avere lo stesso valore numerico.
 - D** concettualmente diverse, ma che possono avere lo stesso valore numerico.