

Il documento è protetto da copyright. E' vietato qualsiasi ulteriore atto di utilizzazione (re-immissione in rete, diffusione, riproduzione in copia) senza la dovuta autorizzazione o citazione della fonte di provenienza. "www.duenote.it" di Pippo Panaschi

L'universo meccanico - Il moto

Si può dire che la scienza moderna abbia avuto inizio con Isaac Newton (1642-1727) in Inghilterra. Secondo Newton l'universo è assimilabile a un orologio. In un orologio l'aspetto esterno - il lento moto delle lancette - è il risultato del moto di ingranaggi interni.

Nello stesso modo, tutti i fenomeni naturali che vediamo nel mondo attorno a noi sono il risultato di poche leggi naturali che operano sotto la superficie delle cose. Newton dimostrò che:

Un insieme di leggi descrive tutti i moti.

Per Newton il fatto chiave nel moto è che esso si verifica in risposta all'azione di una o più forze. Gli « ingranaggi » che connettono forze e moti sono le tre leggi del moto di Newton le quali si applicano a tutto ciò che si muove. I gas espulsi violentemente da una supernova che esplose, un pallone calciato lontano e le cellule del sangue nelle nostre arterie: tutti questi oggetti si muovono in accordo con queste leggi molto semplici ma molto generali.

Il moto uniforme e accelerazione

Se decidiamo di studiare un fenomeno come il moto, la prima cosa che dobbiamo fare è stabilire quali tipi di moti si trovino in natura. Gli scienziati riconoscono solo due tipi di moto: uniforme e accelerato. Tutto ciò che esiste nell'universo è o in moto uniforme o in moto accelerato.

Qualsiasi oggetto che sia immobile o si muova in linea retta a velocità costante è considerato in moto uniforme. Un libro posato sulla nostra scrivania, un'automobile che stia viaggiando su un'autostrada col controllo della velocità fissato a 100 km orari e un'astronave che viaggi a 1000 km al secondo nello spazio interstellare si considerano tutti in moto uniforme.

L'accelerazione è qualsiasi variazione nel moto e si verifica quando un qualsiasi oggetto accelera, rallenta o cambia direzione. Questa definizione può sembrare un po' strana perché, quando si guida un'automobile, « accelerare » significa aumentare la velocità, e non rallentare o svoltare a un angolo. I fisici danno al termine accelerazione un significato più generale di quello a cui siamo abituati ma, quale che sia la definizione che ne danno, l'accelerazione è qualcosa che sentiamo fisicamente. Quando acceleriamo o freniamo improvvisamente o quando prendiamo una curva, il movimento tende a spostarci sul sedile. E nell'accelerazione non c'è niente che possa passare inosservato; le persone che vanno sulle montagne russe non ci vanno certo per provare i brividi del moto uniforme.

Le leggi di Newton e l'idea di forza

Isaac Newton, costruendo sui risultati forniti da secoli di esperimenti su oggetti in moto, redasse tre leggi che descrivono la natura di ogni sorta di moto. Il fatto che queste leggi si applichino a una grandissima varietà di situazioni illustra

l'efficacia della decisione di pensare la natura come regolare e prevedibile.

Le tre leggi del moto di Newton costituiscono una pietra angolare della fisica e forniscono un modello di che cosa dovrebbe essere la scienza.

Le leggi di Newton ci insegnano a predire il moto di un sistema conoscendo solo le forze che agiscono su di esso. Le tre leggi sono formulate separatamente ma operano congiuntamente, come i rotismi distinti che insieme fanno funzionare un orologio.

Come tutte le leggi fondamentali che governano la scienza, le leggi del moto di Newton possono sembrare semplici, quasi semplicistiche. Le percezioni più profonde della mente umana hanno spesso questa caratteristica. Eppure, come possono testimoniare generazioni di studenti di fisica, dietro quest'apparente semplicità ci sono una grande sottigliezza e ricchezza: come potrebbero altrimenti le leggi descrivere ogni cosa, dalle orbite dei satelliti di Nettuno al movimento dei gas che esplodono nei cilindri della nostra automobile?

La prima legge

Ogni corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme a meno che non sia costretto da forze impresse a mutare tale stato.

In questa formulazione apparentemente ovvia, Newton ha occultato due concetti importanti. Il primo è l'inerzia: la tendenza degli oggetti a perseverare in ciò che stanno facendo. Un palla che rotola continua a rotolare, un pianeta che ruota continua a ruotare, un libro fermo continua a star fermo.

Il secondo concetto è quello di «forza»: la cosa che costringe gli oggetti a modificare il loro stato di moto (cioè ad accelerare). Una palla che rotola può rallentare il suo moto "e su di essa si esercita una forza. Un libro, se viene spinto, si muoverà.

Il nocciolo della prima legge di Newton è che i mutamenti nel moto non si verificano spontaneamente: il mutamento ha sempre una causa. Una matita cade, il vento soffia, il popcorn scoppietta. Ogni giorno ci imbattiamo in centinaia di esempi. Se un oggetto accelera, deve agire su di esso una qualche sorta di forza. Dietro ogni verbo di azione c'è una forza.

La prima legge, di per sé, non ci dice che cosa sono le forze, che cosa le produce, o quanti tipi diversi possono essercene. In effetti, dovettero trascorrere più di duecento anni dalla morte di Newton prima che i fisici scoprissero le forze che assicurano la coesione degli atomi, e oggi si sta ancora lavorando per comprendere la forza che cementa il nucleo. La prima legge ci dice nondimeno che cosa fa una forza quando agisce e, fatto forse più importante, ci dice come possiamo riconoscere situazioni in natura in cui sia presente una forza.

Seconda legge

La forza è il prodotto della massa per l'accelerazione.

La seconda legge di Newton, di cui la formulazione sintetica presentata qui sopra riproduce il contenuto essenziale, definisce l'esatto rapporto fra la massa di un oggetto, la sua accelerazione e la forza esercitata su di esso. Questa è una sorta di legge del senso comune che racchiude in sé due idee intuitivamente ragionevoli. Innanzitutto, la seconda legge dice che, quanto maggiore è la forza, tanto maggiore è l'accelerazione. Con quanta più forza un calciatore colpisce la palla, tanto maggiore sarà la velocità di questa. Quanto più potente è il motore della nostra macchina, tanto migliore sarà la ripresa.

La seconda parte della legge introduce il concetto di massa, che è semplicemente la quantità di materia che viene accelerata. Molti usano indifferentemente le parole « massa » e « peso ». Questo non è un uso del tutto corretto, poiché il peso di un oggetto dipende dalla forza di gravità locale (le cose pesano di meno sulla Luna), mentre la massa dipende solo dalla quantità di materia (dal numero e dal tipo di atomi presenti). Anche qui è una buona guida il senso comune.

Gli oggetti di grande massa (frigoriferi, macigni) sono molto più difficili da spostare di oggetti di massa minore (cubetti di ghiaccio, ciottoli e giocatori tecnici di scarso peso).

La seconda legge è quantitativa e può essere scritta sotto forma di un'equazione ($F = ma$, se proprio si insiste per saperlo). Nell'equazione possono essere introdotti numeri

per trovare esattamente con quale velocità si muoverà un giavellotto, un proiettile di artiglieria o un'astronave di massa nota dopo l'applicazione di una forza data.

In un problema tipicamente meccanico, conosciamo la massa di qualcosa (per esempio una palla di biliardo o un pianeta) e la forza che agisce su di esso (la spinta esercitata da una stecca da biliardo o la gravità). Usando la seconda legge di Newton e la branca della matematica nota come calcolo infinitesimale possiamo predire come si muoverà tale oggetto. **Perché Newton ci direbbe di allacciare la cintura di sicurezza.** Immaginiamo di guidare a 80 km all'ora su una strada provinciale quando, per evitare una vettura che ci si para dinanzi improvvisamente, usciamo di strada.

Che cosa accade se andiamo a sbattere contro un albero? Le leggi del moto di Newton ci danno la risposta. Noi e l'auto abbiamo un'inerzia considerevole, sulla quale si interviene in un modo o nell'altro, per mezzo dell'applicazione di una forza.

L'albero applica una forza alla macchina interrompendone la corsa. In assenza di una cintura di sicurezza mentre la macchina viene fermata dall'urto noi continuiamo a muoverci in avanti.

In quel breve intervallo di tempo noi siamo, per usare le parole di Newton, «un oggetto in uno stato di moto rettilineo uniforme», e tendiamo quindi a perseverare in tale stato finché non siamo costretti da una forza a mutarlo. L'estensione e la gravità delle nostre ferite saranno determinate dal modo in cui è applicata la forza. In assenza di una cintura di sicurezza, il conduttore e i passeggeri continueranno a muoversi fino a urtare contro lo sterzo o contro il parabrezza.

Le cinture di sicurezza o gli air-bag operano nel senso di rallentarci nella stessa misura in cui viene rallentata la macchina. Essi applicano però una forza minore per un tempo maggiore: un modo di applicare la forza d'arresto molto più sicuro rispetto all'urto violento contro lo sterzo.

La variazione totale del moto, con o senza cintura di sicurezza, è esattamente la stessa, ma se si usa la cintura di sicurezza la forza che causa le ferite finisce con l'essere molto meno grande.

La terza legge

A ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria

Anche se questa legge è probabilmente quella citata più spesso, è quella meno intuitiva.

È ovvio che un calciatore che tira una punizione applica una forza alla palla, ma è meno ovvio che la palla colpisce il piede del calciatore con una forza uguale e contraria. Quando ci alziamo in piedi, le nostre scarpe applicano alla Terra una forza esattamente tanto grande quanto la gravità che la terra esercita su di noi.

Quando cerchiamo di aprire una bottiglia col tappo a vite, la nostra mano sinistra applica alla bottiglia una forza in un senso, mentre la mano destra applica al tappo una forza uguale nel senso opposto. Non puoi toccare la tua innamorata senza sentire in risposta il suo contatto.

La terza legge dice che le forze si presentano sempre in coppie uguali e opposte, ma che in ogni coppia le forze agiscono su (e perciò accelerano) oggetti diversi.

Noi spingiamo verso il basso la sedia su cui siamo seduti. La terza legge dice che la sedia esercita su di noi una forza uguale diretta verso l'alto. Possiamo davvero imparare le leggi di Newton con le parti più prosaiche del nostro corpo.

La terza legge di Newton spiega anche come mai un razzo possa volare nello spazio, dove non c'è nulla contro cui spingere. La cosa funziona così: il motore del razzo riscalda i gas, i quali vengono accelerati e fuoriescono attraverso l'ugello. La prima legge ci dice che, per accelerare il gas, dobbiamo esercitare una forza su di esso. Tale forza deve essere, ovviamente, esercitata sul gas dall'astronave. La terza legge ci dice allora che il gas deve esercitare una forza uguale e contraria sull'astronave. Ecco ciò che impartisce all'astronave la sua velocità. Un'astronave nello spazio è assimilabile a un pattinatore a rotelle che spari con un fucile. Tanto l'astronave quanto il pattinatore rinculano in una direzione in conseguenza del fatto di espellere qualcosa nella direzione opposta.