Strumenti didattici

Schede di fisica

Divulgazione scientifica editoriale - Giovanni Filocamo per BEIC

BEIC
BIBLIOTECA EUROPEA
DI INFORMAZIONE E CULTURA

Indice

Prefazione 3

Significato box 4

Schede di Fisica 6

1. Il moto 7
Uniforme, rettilineo e circolare

2. Velocità media 10
Una grande comodità e i suoi segreti

3. Moto assoluto e relativo 14
La prima relatività, quella di Newton

4. Dinamica - principio 1 su 3 16
Principio di inerzia di Galileo

5. Dinamica - principio 2 su 3 19
Secondo principio - Newton

6. L'attrito 21
Come tener conto della realtà in modo migliore

7. Forti ma elastici - livello 1 24
Il moto perpetuo

8. Una mela speciale 27
La leggenda che ha studiato la realtà

9. I pianeti in moto 31
Lo studio delle orbite

10.Termodinamica: principio zero 33
Due grandezze simili ma non uguali

11.Termodinamica: principio 1 su 3 35
Il lavoro del calore

12.Il suono 38
Onde particolari da ascoltare

13.La luce 43
Colore e luminosità, basi fondamentali di un'onda

14.Legge di Ohm 46
Quando acqua e elettricità vanno d'accordo

Prefazione

I concetti della fisica sono libere creazioni della mente umana e non sono, comunque possa sembrare, unicamente determinati dal mondo esterno
(Albert Einstein)

Comincia l'esplorazione della materia più bella da poter studiare: la fisica!

La fisica studia la realtà intorno a noi, cerca di capire come funzionano le cose, quali leggi la Natura crea, quando le rispetta e quando non le rispetta per niente!

Studiare la fisica vuol dire fare un modello matematica della realtà, creare qualcosa dentro la nostra mente che è un'astrazione di quello che possiamo toccare e che abbiamo sotto il naso. Una volta fatto questo, cioè aver creato un **modello della Natura**, allora è possibile far funzionare questo modello, come se avessimo creato una macchina e la mettiamo in moto. E i risultati raggiunti sono stati incredibili. Ma i modelli della Natura non sono unici; man mano che è passato il tempo è sempre stato creato un modello migliore, un modello che include quello precedente e può modellizzare anche parti della Natura che prima non si riuscivano a capire.

Quando modello di Natura funziona vuol dire che possiamo andare a fare previsioni del suo comportamento, quindi possiamo sapere le cose prima che accadano. In questo modo possiamo progettare qualcosa che sappiamo dove andrà, a che velocità, quando arriverà e quanto tempo ci metterà. E questo è solo l'inizio.

Seguiremo un approccio vagamente storico: l'uomo ha cominciato a farsi domande circa il mondo che lo circonda partendo dai fenomeni più evidenti fino ad arrivare al microscopico mondo degli atomi e lo studio di galassie e buchi neri nell'Universo. Infatti, stranamente, le prime cose ad essere studiate erano legate proprio all'Universo cioè stelle e pianeti.
Già, le stelle, il moto dei pianeti, la contemplazione della volta celeste erano teatro di congetture, ipotesi e previsioni, oltre che spettacoli di ineguagliabile bellezza da godere ogni notte. Il cielo è stato venerato e indagato e il movimento dei suoi costituenti è stato un grande rompicapo per secoli.
Getteremo le basi per lo studio di oggetti in movimento in generale, quindi anche terrestri e comuni, per poi alzare subito il naso all'insù. Questi "oggetti" in fisica si chiamano generalmente "corpi", e così faremo anche noi.

Come detto prima, la fisica si occupa di creare e far funzionare modelli matematici. Sforziamoci allora di vedere sempre così le cose, di immaginare che oggetti possano diventare equazioni, insieme a grandezze come la velocità, il calore, il campo elettrico e magnetico, la gravità, la forza. E sforziamoci di stare attenti che il nostro modello sia sempre funzionante, che non si creino cose che non vanno d'accordo, come unità di misurazione sbagliate, errori di calcoli o uso di formule sbagliate.

Dobbiamo stare attenti in quanto basta poco per sbagliare a creare un modello della Natura, ma quando ci riusciamo otteniamo il più grande risultato possibile per l'Uomo sulla Terra.

Buon divertimento

--Gio

Significato box

✱ Domande o momenti di riflessione. Possibilità di discussione con compagni vicini.

☐ Spazio per barrare la risposta. ☑ Risposta barrata!

Corpo principale

Nel testo principale viene adottata un'impostazione a gradini: storica, logica o partendo da un problema quotidiano per arrivare a formule, leggi e teoremi. Su farà una avventura raccontando storie nascoste, idee per spiegare un fenomeno, dimostrare un teorema, i passi falsi e le vittorie confermate dai dati sperimentali e dimostrazioni effettuate.
Un excurus che metta in evidenza il pensiero del metodo scientifico e la passione di chi lo ha portato avanti con successo attraverso esercizi, esempi e attualità.

Cominciare

Un modo per risolvere un problema, un inizio dal quale partire o è partito lo scienziato. Un inizio anche comune ma dal quale sono venute fuori cose interessanti.

Vita quotidiana

Situazioni dove è possibile vedere la teoria applicata, riconoscere alcuni argomenti o dove, facendo un po' di attenzione, è possibile applicare la teoria.

Giocare

Oltre che verificare la base nozionistica, vogliono aiutare a mettere in pratica la teoria appena vista. Un modo innovativo per capire passi fondamentali.

Laboratorio

Suggerimenti per attività interattive e esperimenti ideali, attività collaborative o competitive, realizzabili con materiale semplice da reperire e da eseguire in classe e anche autonomamente

Testi originali

Citazioni dell'autore della parte di scienza di cui si parla o citazioni utili e con significato trasversale. Parte di testi originali quando è possibile e soprattutto riferimento a testi presenti alla **BEIC**

Curiosità

Aneddoti, circostanze particolari e curiose che tessono la storia della scienza. Notizie prese anche dall'attualità per vedere come il mondo della scienza possa riservare notevoli sorprese.

Schede di Fisica

Il moto

Uniforme, rettilineo e circolare

Cominciamo a muoverci!

Come potrei fare a comunicare a quale velocità un'auto compie un percorso, per esempio per tornare a casa o in autostrada?

Supponiamo di voler studiare il movimento di un punto che si muove nello spazio a velocità costante. Proviamo a immaginare una grandezza come la velocità: essa avrà un valore quantitativo, rappresentato da un numero (con la precisione basata dal sistema di misurazione). Questo ci permette di confrontare due velocità tra loro e stabilire che un'auto che si sposta a 30 km/h andrà più veloce di una che si sposta a 20 km/h. Certo, ma...

? Cosa succederebbe se procedessero in due direzioni diverse?

Supponiamo di considerare come punto di partenza Roma: se un'auto procede verso nord (per andare per esempio a Genova) e un'altra verso est (per andare verso Pescara) potremmo confrontare le velocità. Ma una cosa è certa: anche se l'auto che va verso Pescara procede più veloce dell'altra, non arriverà mai a Genova prima! Quindi è necessario considerare anche la direzione e del verso di percorrenza della direzione.
Lo strumento più adatto per tenere conto di queste tre cose (valore numerico assoluto, direzione e verso) prende il nome di vettore. Immaginare un vettore è semplice: basta pensare a una freccia. Ogni vettore ha una lunghezza (che rappresenta la sua intensità), una direzione di puntamento e un verso. Il vettore è il modo più comodo per descrivere grandezze come la velocità. Niente paura, è solo un'idea matematica comoda. È nata con l'intento di semplificare la vita, non di complicarla. Altre grandezze non hanno bisogno di questo tipo di modellizzazione e non ne fanno uso; per esempio la temperatura, rappresentata da un solo numero e stop.

2+2 non sempre fa 4

Sommare due grandezze vettoriali è diverso dall'eseguire la semplice somma dei numeri che rappresentano l'intensità. Dobbiamo infatti tenere conto anche della direzione, quindi possono succedere cose strane: per esempio la somma di 2 e 2 può restituire zero. È sufficiente, infatti, che i vettori siano orientati sulla stessa direzione ma in versi opposti, come nella figura.

La velocità è un vettore e non un semplice numero (si chiamerebbe uno scalare). Un vettore si identifica con tre quantità

- **Modulo**: rappresenta la lunghezza del vettore (indicata da un valore e un'unità di misura).
- **Direzione**: è individuata dal fascio di rette parallele alla retta su cui giace il vettore oppure da angoli rispetto ad altre direzioni di riferimento.
- **Verso**: una informazione che ci arriva dalla punta del vettore stesso.
- **Punto di applicazione**: elemento da cui parte il vettore.

La velocità rappresenta una caratteristica del movimento. Non è l'unica, ma è una delle più intuitive e utili da considerare nei problemi dinamici. Serve appunto per quantificare il tempo impiegato nello spostamento di un corpo al fine, per esempio, di prevedere quando arriverà a destinazione oppure di sapere quando era partito.
Si definisce la velocità come il rapporto fra lo spazio percorso e il tempo impiegato.

$$v = \frac{s}{t} \qquad \frac{[m]}{[sec]}$$

Cominciamo a vedere per quali problemi è utile questa semplice equazione. Problemi della vita quotidiana.

Le prime previsioni

Alle 20.30 arrivano a casa vostra degli amici che avevate invitato. Il loro computer di bordo indica che sono andati in media a 60 km/h. Sapendo che casa loro dista 600 km dalla vostra, come fate a capire a che ora sono partiti?

Facile no? È sufficiente "ribaltare" la frazione della formula appena vista. È la definizione di velocità ma è anche una formula con valore operativo, nel senso che può essere utilizzata per svolgere calcoli pratici.

$$t = \frac{s}{v} = 10h$$

Le dimensioni

Avete visto come anche le dimensioni "tornano"? Ottengo il risultato in ore, il che è giusto perché stavo cercando una durata, cioè un tempo. Questo tipo di verifica è utile e semplice: si chiama verifica dimensionale. Quando dovessimo maneggiare equazioni più complesse, o sistemi di equazioni, può succedere di "ingarbugliarsi" o dimenticarsi qualcosa; se come unità di misura per un tempo ottenessimo km, senz'altro avremmo commesso qualche errore. Ogni grandezza in fisica ha un'unità di misura con cui si quantifica. Nell'esempio di prima abbiamo usato, un po' inconsapevolmente, un concetto molto importante: quello di velocità media. Grazie all'autostrada possiamo entrare in contatto con questo concetto e con quello di velocità istantanea.

Quella che abbiamo considerato viene chiamata **velocità media** e può essere utile in molti casi.
Fare la media di una grandezza ci permette di riassumere il messaggio che vogliamo comunicare; però ogni medaglia ha il suo rovescio: a fronte di un grande potere di sintesi, si ha una perdita di informazioni. In questo caso l'informazione che perdiamo riguarda la velocità istante per istante (o punto per punto) dell'automobile. Questa velocità prende il nome, neanche a farlo apposta, di **velocità istantanea**.
In autostrada esistono due sistemi per valutare la velocità delle automobili: l'autovelox e il tutor. Sono perfetti per capire la differenza tra le due definizioni di velocità che abbiamo visto.

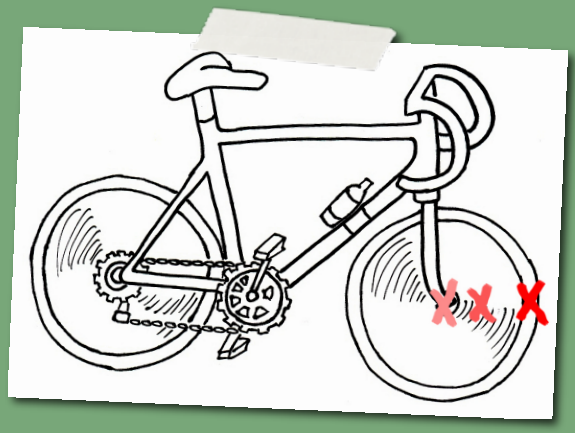
✱ Non sai cosa sono? Chiedi al tuo prof!

Finora non ci siamo occupati della traiettoria seguita da quello che possiamo immaginare come un punto nello spazio che si muove (il primo passo nel nostro modello). Riguardo alla forma della traiettoria seguita, ci sono due casi importanti e in qualche modo "opposti": quello rettilineo e quello circolare. Da una parte una linea dritta e indefinita, e dall'altra una circonferenza che ci riporterebbe ogni volta al punto di partenza. Proviamo ad addentrarci un po' in questi due casi.
Il moto **rettilineo uniforme** è quello che abbiamo già studiato e implicitamente preso in considerazione prima. Qui la velocità è definita solo come una variazione della posizione di un punto in funzione del tempo, proprio come abbiamo già visto. Le cose cambiano nel **moto circolare uniforme**.

✱ Come cambiano le cose e perché? Eccovi serviti.

La bicicletta

Supponiamo di disegnare tre punti sulla ruota di una bicicletta: uno al centro, uno a metà del raggio e l'altro alla fine, proprio sulla camera d'aria. Ora facciamo girare la ruota e le facciamo compiere tre giri. Quale punto ha fatto più strada?



Magari ci verrebbe da rispondere che hanno fatto la stessa strada perché dopo tre giri si trovano nella stessa posizione di partenza. Ma non è così: il punto disegnato sulla camera d'aria viaggia su una circonferenza con raggio maggiore di quello a metà ruota e anche a occhio si vedrebbe che va più veloce. Il caso estremo è rappresentato dal punto al centro della ruota. La sua distanza dal centro è nulla, quindi viaggia secondo un raggio nullo: sta fermo.

? Ci servono due definizioni distinte di velocità! Come si possono fare secondo te?

Una dipende allo spazio lineare percorso fratto il tempo, si chiamerà **velocità tangenziale**. L'altra dipende dall'**angolo percorso** fratto il tempo e si chiamerà **velocità angolare**. A sinistra trovate la definizione e a destra tutto il nesso tra le due velocità.

$$\vec{\omega} = \frac{\vec{\theta}}{t}$$

lineare	angolare
$v = v_0 + at$	$\omega = \omega_0 + \alpha t$
$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$
$v^2 = v_0^2 + 2ax$	$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$
$v = \frac{v+v_0}{2}$	$\bar{\omega} = \frac{\omega+\omega_0}{2}$

In questo modo non ci sono ambiguità, perché la velocità tangenziale dipende dal raggio: più un punto si trova lontano dal centro più strada farà per compiere un giro intero. Invece tutti i punti sullo stesso raggio avranno stessa velocità angolare perché spazzano angoli uguali in tempi uguali. La velocità angolare risulta quindi utilissima per sapere senza ambiguità quanto velocemente sta girando una ruota.

Velocità media

Una grande comodità e i suoi segreti

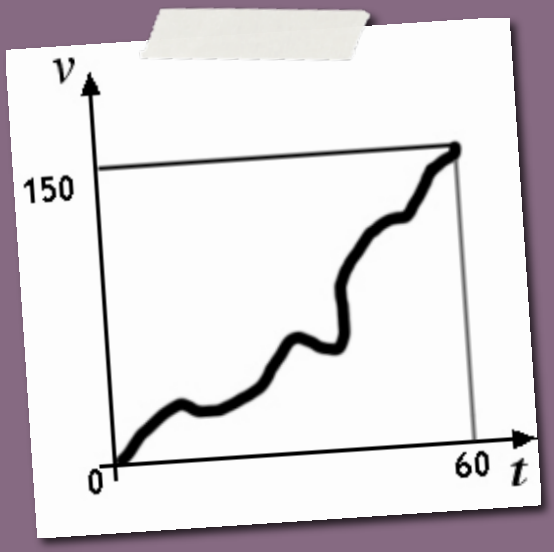
Andiamo a vedere un metodo molto comune per parlare della velocità. Alla fine vedremo che questo metodo può essere incredibilmente interessante se siamo in collegamento con la matematica. Infatti vedremo come il calcolo infinitesimale possa portare all'estremo la velocità media. Una forza del calcolo infinitesimale sta nel motivo principale per cui è stato concepito: aiutarci a considerare il "durante" delle cose e non solo il "prima" e il "dopo".

✱ L'analisi riesce a descrivere e prevedere fenomeni le cui cause modificano continuamente le conseguenze.

È per questo che le funzioni sono così importanti ed è fondamentale trovare un "supporto numerico" per definire le funzioni che si riferiscono a loro volta a grandezze fisiche. La famosa automobile che si muove su un'autostrada rappresenta un'ottima sintesi e un modo ottimale per parlare di velocità.

Calcoli da guidare

1. Un'automobile procede a velocità costante su un'autostrada. Se la sua velocità è di 100 km/h, quanta strada avrà percorso dopo 6 minuti?
2. La stessa automobile viaggia per 30 minuti a 100 km/h e poi altri 30 minuti a 50. Quanta strada ha fatto in un'ora?
3. Sempre la stessa automobile varia continuamente la sua velocità da un minimo di 0 fino a un massimo di 150 km/h secondo il grafico che vedete. Quanta strada ha percorso in un'ora? C'era un modo semplice per svolgere questo calcolo?



Andiamo per gradi e risolviamo un problema per volta tenendo in conto che via via la situazione si complicherà fino a presentarsi come "incasinata", che è poi quella più vicina alla realtà.
Per risolvere il primo problema non dobbiamo sforzarci molto. Sappiamo che la velocità è di 100 km/h, quindi vuol dire che l'automobile in un'ora, se lasciata indisturbata, percorrerà 100 km. Fatte le dovute proporzioni, se in un'ora percorre 100 km, dato che 6 minuti rappresentano "un decimo d'ora", allora nei 6 minuti la macchina avrà percorso un decimo di 100 km, ovvero 10 km. Ci sarebbe stata un'altro modo. Ci potremmo chiedere: un'automobile che procede a 100 km/h quanti chilometri percorre in un minuto? Basta una semplice divisione per sincerarsi che la risposta è 100:60, cioè 10:6, approssimando un po', restituisce come risultato circa 1,67 km. Adesso siamo pronti a

rispondere alla domanda “Quanta strada percorre in 6 minuti?”, ma siamo pronti a rispondere anche ad altre domande! Basterà moltiplicare per il numero di minuti che ci interessa et voilà, abbiamo la strada percorsa. Notiamo però che 1,67·6=10,02, che non è il risultato esatto a causa del fatto che abbiamo approssimato a 1,67 la divisione 10:6.
Ma se ora volessimo sapere quanta strada percorre in 15 minuti, basterebbe fare 1,67·15=25,05; in 28 minuti 1,67·28=46,76, e così via.

Passiamo ora al secondo caso, dove si aggiunge la difficoltà che la velocità cambia nel tratto che ci interessa. E qui vediamo un primo caso di variabili che... variano nell’intervallo che vogliamo considerare. Un caso di qualcosa che succede “durante”, non solo “prima” e non solo “dopo”.
Dato che abbiamo imparato un metodo più potente e flessibile usiamolo:

- Prima tratta: Velocità 100 km/h
  Ogni minuto percorre 100:60=1,67 km (approssimando). Tempo di percorrenza 30 minuti, quindi 1,67·30=50,1 km
- Seconda tratta: Velocità 50 km/h
  Ogni minuto percorre 50:60=0,833 km (approssimando). Tempo di percorrenza 30 minuti, quindi 0,833·30=25 km

Nella prima tratta ha percorso circa 50 km, nella seconda 25, quindi in tutto 75 km. Dal risultato possiamo fare molte deduzioni interessanti: la prima è che non conviene poi tanto andare di fretta in autostrada, infatti percorrendo ben metà del tempo a poco più di metà della velocità (rispetto al primo caso), i chilometri finali non sono stati poi così tanti di meno.
Altra considerazione: in tutto l’automobile ha percorso 75 km in un’ora di viaggio. Quindi possiamo dire che il risultato sarebbe stato lo stesso se l’automobile avesse sempre tenuto la velocità di 75 km/h. Bene, abbiamo allora capito cos’è la **velocità media**.
In generale, la media di una grandezza si calcola proprio come abbiamo calcolato la velocità e la formula è

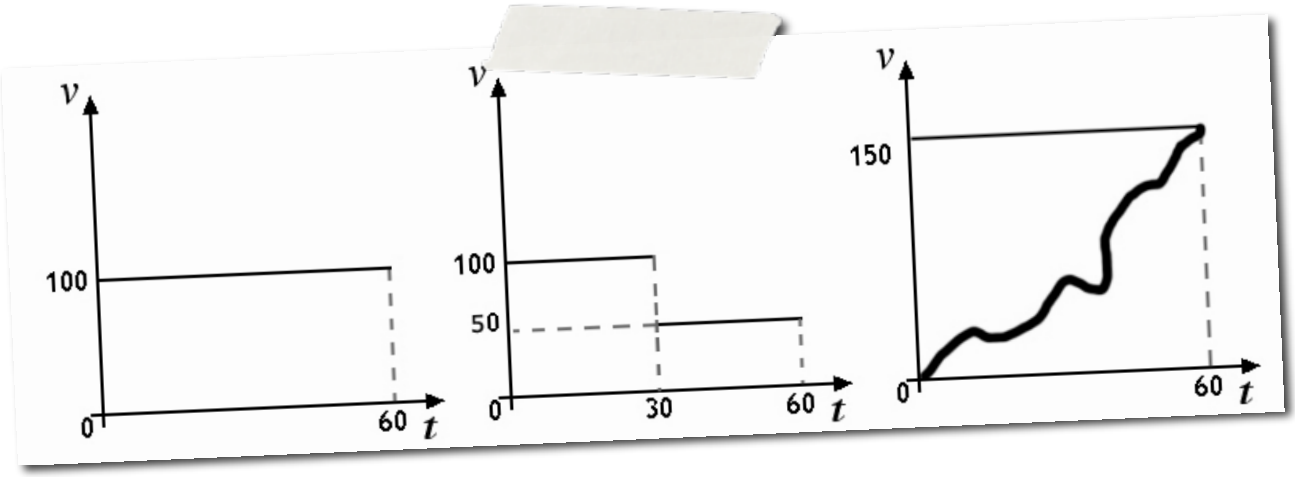
$$m_g = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + \cdots + g_n}{n}$$

Ma attenzione! Questa formula va bene se ogni elemento conta tanto come gli altri. Ricordi l’automobile? Se invece di fare 30 minuti con una velocità e 30 minuti con l’altra avesse fatto, ad esempio, 20 minuti a 100 km/h e 40 minuti a 50km/h le cose sarebbero cambiate! E allora... beh, prova a pensarci tu e se non riesci chiedi al tuo professore!

Ora procediamo con qualcosa di molto potente, e anche qui cominciamo con una domanda:

✱ Se gli intervalli fossero stati tre, otto, mille? Cosa cambierebbe?

Sicuramente una risposta è che i calcoli si sarebbero allungati tantissimo.
Ma la cosa interessante, e il grande risultato ottenuto è rispondere alla domanda di cosa poter fare se la velocità avesse subito una **variazione continua**, come avviene poi in realtà. Come si potrebbe impostare il calcolo dato che gli intervalli dove la velocità è costante sarebbero stati così brevi da considerarsi quasi **infinitesimali**? È proprio per gestire casi come questo che ci siamo attrezzati. Vediamo a confronto i tre grafici che illustrano l’andamento della velocità in funzione del tempo.



Nel primo caso la velocità è costantemente uguale a 100, nel secondo si vede come a metà tempo (attenzione, non a metà strada) la velocità cambia e passa da 100 km/h a 60. Il terzo caso ci lascia un po'... spiazzati. Come fare a tirar fuori qualcosa da quella strana figura?
Proviamo a scrivere in forma di funzione i grafici "semplici". La variabile indipendente è il tempo e quella dipendente la velocità adesso, per cui saranno funzioni scritte nella forma v=v(t), cioè "velocità in funzione del tempo". Nel primo caso scriveremo che la velocità è costantemente uguale a 100 (nell'intervallo di t compreso tra 0 e 60 minuti), per cui semplicemente:

$$v(t) = \begin{cases} 100, & \text{se } 0 < t < 60 \end{cases}$$

Il secondo caso è simile: dovremo solo specificare i due intervalli distinti, quindi:

$$v(t) = \begin{cases} 100, & \text{se } 0 < t < 30 \\ 50, & \text{se } 30 < t < 60 \end{cases}$$

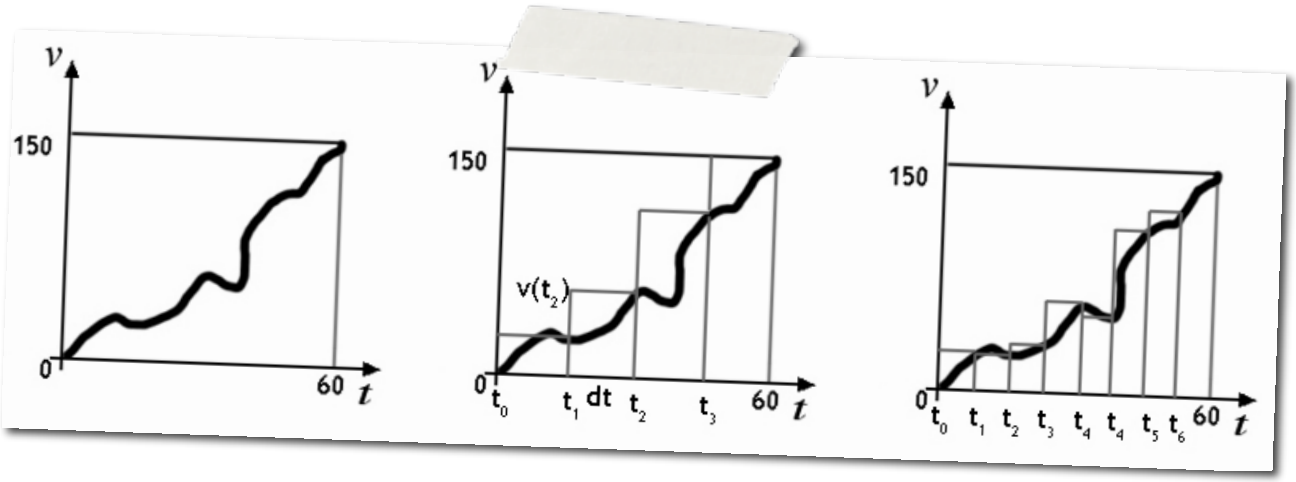
Tu conosci le funzioni e puoi renderti conto al volo che i primi due sono casi particolari in quanto si tratta di costanti. Cosa abbiamo fatto per conoscere lo spazio? Abbiamo "rigirato" la formula che viene dalla fisica la quale dice che

$$v = \frac{s}{t}$$

Quindi moltiplicando la velocità per il tempo che l'automobile impiega otteniamo lo spazio. Prova a guardare di nuovo il grafico. Moltiplicare la velocità per il tempo trascorso equivale, da un punto di vista geometrico, a **calcolare l'area del rettangolo che si vede nel grafico**. Notiamo infatti che la velocità è l'altezza del rettangolo e il tempo trascorso la base. Nel secondo caso, non si fa altro che calcolare le aree dei due rettangoli (hanno la stessa base di 30 minuti, ma altezze diverse) e poi sommate tra loro. E nel terzo caso? Potremmo, semplificando, pensare che ci siano tanti rettangoli che approssimano il profilo della nostra funzione; certo ci sarà un po' di scarto, il conto non verrà perfetto, ma vediamo dove ci porta.

✱ Ai risultati "eleganti" ci si arriva spesso per gradi e passando da quelli "brutti".

Quello che possiamo immaginare di fare è il processo che si vede in figura.



La figura a sinistra mostra la funzione di cui vogliamo conoscere l'area. L'immagine al centro rappresenta una prima approssimazione "a blocchi" della funzione stessa. Possiamo pensare di approssimare la funzione con il valore che la stessa assume nel punto di destra di ogni intervallino dx in cui dividiamo l'asse x.
Come puoi vedere, l'approssimazione è piuttosto rozza e "la scala" non assomiglia molto al profilo della nostra funzione. Possiamo però aumentare il numero di intervalli in cui suddividere l'asse x e creare così rettangolini più sottili, sempre più sottili che si adattano al profilo della funzione.

Per trovare l'area totale, dovremo sommare le aree di tutti i rettangoli. Le basi saranno date dall'intervallo tra due istanti consecutivi, per esempio (t_4-t_3) oppure (t_2-t_1), e le altezze dal valore della funzione nel punto di sinistra. Per esempio, l'area del primo rettangolo sarà in questo modo uguale a $v(t_1)\cdot(t_1-t_0)$, l'area del terzo rettangolo sarà $v(t_3)\cdot(t_3-t_2)$, e così via.
Questo problema è andato avanti e trova strada di essere risolto nel migliore dei modi con la nascita **dell'integrale**, una somma eseguita su qualcosa di continuo e non discreto, come facciamo di solito con le dita.

Moto assoluto e relativo

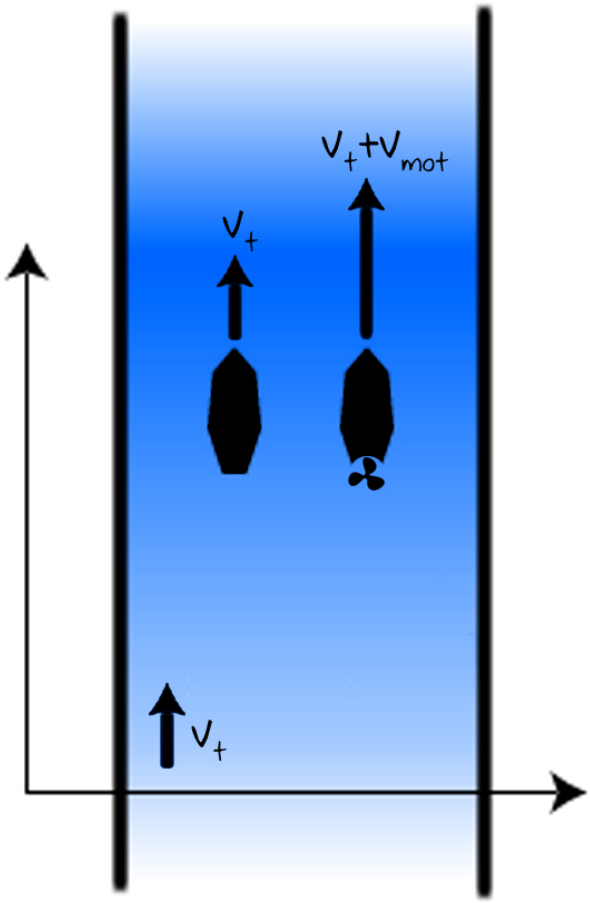
La prima relatività, quella di Newton

La mathematica è l'alfabeto in cui Dio à scritto l'Universo
(Galileo Galilei)

Vediamo un quale significato ha la parola "relatività" e perché la prima forma di questa idea non viene da Einstein ma ha radici assai più lontane nel tempo.

Fisica sul fiume

Immaginiamo di essere seduti in riva a un torrente, dalla corrente abbastanza pacata ma ben visibile attraverso le increspature dell'acqua fresca. Supponiamo di conoscere questa velocità, che ha valore v_t. Passa una barca che si lascia trasportare dalla corrente. Essa pure avrà la stessa velocità v_t. Subito dopo passa una piccola imbarcazione a motore che sta andando alla velocità v_b.



A questo punto però ci troviamo di fronte a una ambiguità: la velocità v_b è quella della barchetta rispetto all'acqua del fiume o rispetto alla riva?

Le due cose sono ben diverse: la prima barca ha una velocità rispetto alla riva senza avere motore o altro mezzo di propulsione. Sfrutta la velocità della corrente che si chiama di solito velocità di trascinamento v_t. La secondo barca, invece, dispone di un motore che la sta spingendo a favore di corrente, e quindi ha una velocità propria. Per non cadere in ambiguità, allora, ipotizziamo di prendere tutte le velocità relativamente alla riva dove noi siamo seduti.
Farlo significa **impostare un sistema di riferimento** che si basa su un **principio di relatività**.
In questo caso la relatività è riferita alle velocità; chi studiò per primo un sistema formale che permettesse di svolgere calcoli furono prima Galilei e poi Newton. Quindi, nel caso della barca a motore, l'osservatore sulla riva vede la barca andare a una velocità che è il frutto della somma della

$$v_b = v_t + v_{mot}$$

corrente (velocità di trascinamento) e della propulsione del motore. In formule, potremmo affermare Dunque v_{mot} è la velocità che la barca avrebbe dove non c'è alcuna corrente, come su un lago. Ora, è abbastanza intuitivo che, se due velocità vanno nello stesso verso, si devono sommare; in caso contrario vanno sottratte. Come condensare tutto ciò dentro un'unica formuletta? Grazie ai vettori!
[-> Vedi in "Il moto"]

Questo primo grande passo verso la relatività è stato davvero fondamentale.

✱ Si può definire un atto di libertà e indipendenza dell'uomo e delle sue idee.

Quindi, grazie a Galilei e a Newton, le parole "posizione" e "velocità" assumono un senso fisico solo se vengono definiti rispetto a chi o cosa vengono misurate.[1]

Un Natale per la fisica

Newton nasce il giorno di Natale dell'anno in cui Galilei muore, il 1642. Ancora non eravamo a un vero relativismo perché al centro dell'Universo c'era sempre la Terra e per Newton spazio e tempo erano assoluti, immutabili ed eterni. Li chiamava addirittura i "sensori di Dio". Per studiare la meccanica bisognava rapportarsi a un osservatore, ma oggetti osservati e osservatori si trovavano in contesto non relativo bensì assoluto, in un universo eterno e immobile dentro il quale tutto era immerso.

Cosa ne pensa Galileo?

Né discorre meno acconciamente Archimede d'alcuno che dicesse: Se il vento australe ferirà la barca con maggiore impeto che non è la violenza con la quale il corso del fiume la traporta verso mezzogiorno, sarà il movimento di quella verso tramontana; ma se l'impeto dell'acqua prevarrà a quello del vento, il moto suo sarà verso mezzogiorno. Il discorso è ottimo, e immeritamente sarebbe ripreso da chi gli opponesse dicendo: Tu malamente adduci, per cagion del movimento della barca verso mezzogiorno, l'impeto del corso dell'acqua, eccedente la forza del vento australe; malamente, dico, perché c'è la forza del vento borea, contrario all'austro, potente a spinger la barca verso mezogiorno. Tale obbiezione sarebbe superflua: perché quello che adduce, per cagion del moto, il corso dell'acqua, non nega che il vento contrario all'ostro possa far lo stesso effetto, ma solamente afferma che, prevalendo l'impeto dell'acqua alla forza d'austro, la barca si moverà verso mezogiorno; e dice cosa vera. E così appunto, quando Archimede dice che, prevalendo la gravità dell'acqua a quella per la quale il mobile va a basso, tal mobile vien sollevato dal fondo alla superficie, induce cagion verissima di tale accidente, né afferma o nega che sia o non sia una virtù contraria alla gravità, detta da alcuni leggerezza, potente ella ancora a muovere alcuni corpi all'insù.

Galileo Galilei, "Al serenissimo Don Cosmo II, Gran Duca di Toscana, intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono". Testo presente nella **BEIC**.

1 Con Einstein anche il tempo prenderà questa caratteristica e nasceranno il tempo relativo e il tempo proprio.

Dinamica – principio 1 su 3

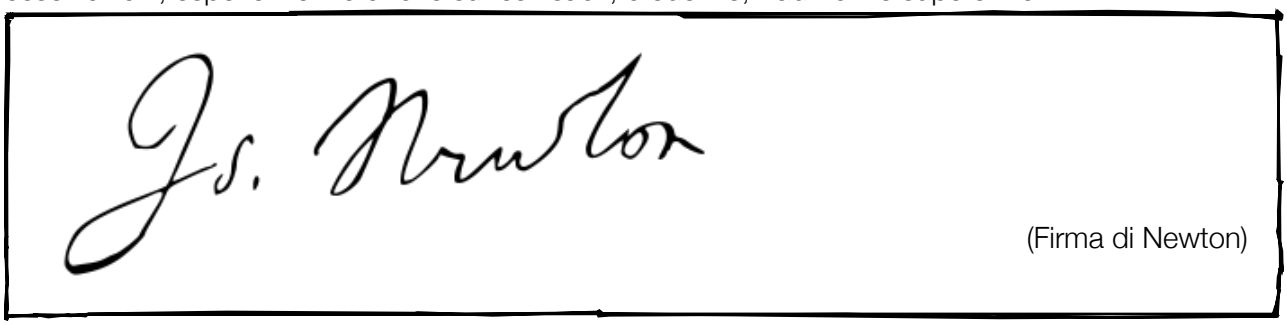
Principio di inerzia di Galileo

Parlare oscuramente lo sa fare ognuno, ma chiaro pochissimi
(Galileo Galilei)

Il movimento dei corpi, lo studio delle cause e le prescrizioni per fare previsioni sono la base concettuale della parte della fisica che studia e descrive le relazioni tra il movimento di un corpo e gli enti che lo modificano. A sorreggere questo edificio ci sono tre pilastri: i **principi della dinamica**.

✱ Peri i principi della dinamica è soprattutto a Newton che dobbiamo dire grazie.

Grazie per questo edificio che è stato fondamentale per uscire della palude dell'ignoranza e della superstizione e volgere il suo sguardo verso le stelle. Nella meccanica newtoniana questi principi svolgono il ruolo di **assiomi**: si tratta di affermazioni che non si vogliono dimostrare a partire da altre formule e, in quanto tali, sono proposte solo sulla base di osservazioni empiriche e di astrazioni concettuali successive.
Questi principi hanno una importanza pari solo al volume nel quale sono contenuti, il celeberrimo *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, pubblicato nel 1687. Il titolo ha un grande e profondo significato: si può tradurre come "I principi matematici della filosofia naturale". La filosofia naturale altro non era che la fisica e l'idea di fondarla su principi matematici (cosa che oggi ci appare dal tutto naturale), all'epoca fu una vera e propria rivoluzione. La filosofia naturale, fino ad allora, si basava su osservazioni, esperienze ma anche su testi sacri, credenze, tradizioni e superstizioni.



(Firma di Newton)

Un **sistema di riferimento inerziale** è in quiete o si muove di moto uniforme rispetto al laboratorio in cui si fanno le misurazioni. I principi della dinamica valgono in sistemi di riferimento inerziali, quindi essi non valgono in sistemi di riferimento che sono in accelerazione. Per includere anche questi ultimi è stata necessaria l'introduzione delle **forze apparenti**, quali la forza centrifuga e la forza di Coriolis.
Ai principi della dinamica si affianca sempre il principio di relatività di Galilei che abbiamo visto.

✱ In questo modo si crea un impianto che è una teoria scientifica completa.

Questo lo possiamo dire perché si stabilisce che i principi di Newton non variano a causa di alcuni cambiamenti di coordinate, proprio le trasformazioni galileiane. In questo modo si stabilisce un campo (e in questo caso bello grande) in cui gli esperimenti devono dare tutti gli stessi risultati (a meno di errore di misurazione). In soldoni, il risultato di un esperimento a Milano deve essere lo stesso di un esperimento a San Francisco e a Tokio.

Oggi il significato della parola **inerzia** è quasi sempre negativo. Significa inattività, inoperosità, intorpidimento di una facoltà. Fare qualcosa per inerzia implica l'assenza di voglia, di un motore; è un quasi sinonimo di consuetudine: cambiare la dinamica delle cose costerebbe molta più fatica.

Dove comincia l'inerzia

Questo fondamentale principio fu teorizzato da Galileo Galilei e descritto dettagliatamente in due sue opere, il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632) e i *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali* (1638). La sua prima enunciazione formale è però nei *Principia Mathematica* di Isaac Newton:

> *Se la forza totale applicata a un punto materiale è uguale a zero , allora esso resterà inerte.*
> *Se la forza totale applicata a un punto materiale in movimento è uguale a zero, allora esso continuerà a muoversi di moto rettilineo uniforme.*

Molti di questi testi sono presenti alla **BEIC**!

Un prototipo di questo principio lo aveva messo a punto anche Galilei usando l'esempio di una sfera su un piano perfettamente liscio. Come metterla in moto? Secondo lui...

Con una forza più piccola della più piccola forza immaginabile. E così si muoverà per sempre.

Il principio di inerzia è noto anche come il primo principio della dinamica e osservarlo sulla Terra è tutt'altro che semplice.
I principi più fondamentali di una teoria sulla dinamica sono difficili da osservare proprio perché necessitano di condizioni al contorno "pure" e non inquinate da fattori che non si possono tenere sotto controllo a priori. Se per esempio considerassimo una biglia che rotola su una superficie piana orizzontale molto estesa, il nostro senso comune ci suggerirebbe che con il passare del tempo la biglia rallenti fino a fermarsi; ma ciò è dovuto al fatto che la biglia interagisce con il piano e con l'aria. Si può però osservare che facendo diminuire progressivamente queste interazioni (rarefacendo l'aria e lisciando il piano) la biglia percorrerebbe sempre più strada prima di fermarsi; un tempo farlo non era semplice, lo si poteva soltanto immaginare. L'idea che sta alla base del primo principio della dinamica è che, facendo diminuire le interazioni fino a renderle nulle (in teoria), il corpo non rallenti e quindi non si fermi mai, cioè che resti immobile, rispetto al nostro sistema di riferimento, oppure persista nel suo stato di moto rettilineo uniforme.
Un esperimento che può confermare la bontà di questi principi è quello del famoso pendolo di Foucault, così chiamato in onore del fisico francese Jean Bernard Léon Foucault e reso famoso dall'omonimo libro di Umberto Eco. Questo esperimento fu concepito per dimostrare la rotazione della Terra attraverso il principio di inerzia. Si tratta di un lungo pendolo libero di oscillare in ogni direzione per molte ore. Il primo pendolo di Foucault fu costruito nel 1851 con un sfera di 28 kg appeso a un cavo lungo ben 67 m; poteva oscillare liberamente dentro il Pantheon di Parigi. Allungare il cavo e aumentare la massa sono accorgimenti per aumentare il periodo di oscillazione e soprattutto per far funzionare il pendolo per molte ore senza nessun intervento esterno. L'esperimento intendeva dimostrare che il piano su cui il pendolo oscilla si mantiene costante mentre la Terra gira. Quindi, nel corso del tempo, il pendolo avrebbe dovuto oscillare in tutte le direzioni. La rotazione avviene in senso orario nell'emisfero boreale e antiorario in quello australe e a ogni latitudine tranne che all'equatore. L'esperimento ebbe pieno successo dimostrando la rotazione terrestre e il principio di inerzia in un colpo solo!

Pendolo a casa

Provate anche voi a costruire un pendolo dal quale tirare fuori la stessa cosa che si tira fuori dal mega pendolo di prima. Ovviamente non è possibile fare facilmente oggetti di quelle dimensioni ma è sufficiente costruire un grande pendolo e osservare attentamente cosa succede in 20-30 minuti...

Cosa ne pensa Einstein

As is well known, the fundamental law of the mechanics of Galilei-Newton, which is known as the law of inertia, can be stated thus: A body removed sufficiently far from other bodies continues in a state of rest or of uniform motion in a straight line. This law not only says something about the motion of the bodies, but it also indicates the reference-bodies or systems of coordinates, permissible in mechanics, which can be used in mechanical description. The visible fixed stars are bodies for which the law of inertia certainly holds to a high degree of approximation. Now if we use a system of co-ordinates which is rigidly attached to the earth, then, relative to this system, every fixed star describes a circle of immense radius in the course of an astronomical day, a result which is opposed to the statement of the law of inertia. So that if we adhere to this law we must refer these motions only to systems of coordinates relative to which the fixed stars do not move in a circle. A system of co-ordinates of which the state of motion is such that the law of inertia holds relative to it is called a " Galileian system of co-ordinates." The laws of the mechanics of Galflei-Newton can be regarded as valid only for a Galileian system of co-ordinates.

Albert Einstein, [Relativity]

Come è noto, la legge fondamentale della meccanica di Galilei-Newton, che è conosciuta come la legge di inerzia, può essere dichiarato così: Un corpo rimosso sufficientemente lontano da altri organismi prosegue in uno stato di quiete o di moto uniforme in un linea retta. Questa legge non solo dice qualcosa circa il moto dei corpi, ma indica anche i corpi di riferimento o sistemi di coordinate, ammissibili in meccanica, che possono essere utilizzati nella descrizione meccanica. Le stelle fisse visibili sono organismi per i quali la legge di inerzia detiene certamente ad un elevato grado di approssimazione. Ora, se si usa un sistema di coordinate che è rigidamente attaccati alla terra, quindi, relativi a questo sistema, ogni stella fissa descrive un cerchio di raggio immenso nel corso di una giornata astronomica, un risultato che si oppone alla dichiarazione della legge di inerzia. In modo che se ci atteniamo a questa legge dobbiamo fare riferimento questi movimenti solo per i sistemi di coordinate relative al quale le stelle fisse non si muovono in un cerchio. Un sistema di coordinate di cui lo stato del movimento è tale che la legge di inerzia tiene rispetto ad esso è chiamato un "sistema galileiano di coordinate." Le leggi della meccanica del Galflei-Newton possono essere considerati validi solo per un sistema galileiano di coordinate.

Albert Einstein [Relatività]

Dinamica – principio 2 su 3

Secondo principio - Newton

Se ho visto più lontano, è perché stavo sulle spalle di giganti

(Isaac Newton)

Arriviamo finalmente a qualcosa di concreto, una formula che racchiude tutti i ragionamenti sulla forza che potremo applicare in moltissimi casi. Si tratta del **secondo principio della dinamica**.
Si definisce una forza come causa dall'accelerazione di una massa in questo modo.

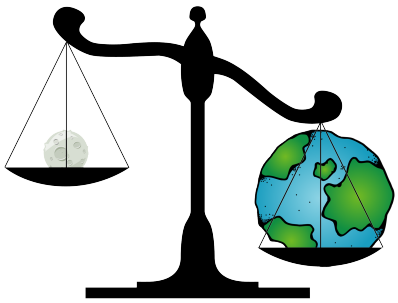
$$\overrightarrow{F} = m \cdot \overrightarrow{a} \qquad [N] = [Kg] \cdot \frac{[m]}{[sec^2]}$$

Ricordiamo che la formula è vettoriale, quindi per applicarla in una dimensione è sufficiente togliere i vettori; se siamo in due o più dimensioni è necessario considerare come vettori sia l'accelerazione sia la forza stessa. La forza è una nuova quantità e viene misurata con una unità di misura speciale, come si può vedere. In onore del grandioso lavoro di Isaac Newton, l'unità di misura è proprio il Newton (simbolo N). Un Newton è un chilogrammo per un metro diviso un secondo al quadrato.

* Applicando questa formula possiamo capire facilmente qualcosa che sembra mostruosamente difficile: la differenza tra massa e peso.

Una delle più annose questioni di chi ha studiato un po' di fisica al liceo (e di chi la sta studiando ora) è cogliere questa differenza. La differenza c'è, è importante e si può capire in modo intuitivo.
Definiamo la massa come la reale quantità di materia di cui è composto un corpo. Un mattone avrà un certa massa, due mattoni il doppio e così via. La massa è una quantità indipendente dal luogo in cui la misuriamo e si misura in chilogrammi (kg). Il peso è diverso ma ci si confonde sempre perché normalmente, nella vita quotidiana, noi chiamiamo "peso" la massa. Il peso è una forza: d'ora in poi la chiameremo **forza peso**. Certo, la forza peso dipende dalla massa dell'oggetto, ma anche dal posto in cui la stiamo misurando. Grazie a Newton abbiamo imparato che la forza di gravità si manifesta sempre tra due corpi che si attraggono reciprocamente nello spazio. Quindi la forza peso dipende anche dal pianeta su cui la stiamo misurando! Credo che tutti noi abbiamo visto almeno una volta immagini o filmati degli astronauti sulla Luna. Vederli camminare era spettacolare perché l'impressione era che fluttuassero, con grandi balzi. Questo succede perché la Luna ha una massa molto minore (circa sette volte) di quella della Terra. Di conseguenza l'attrazione gravitazionale sarà sette volte minore e quindi anche la forza peso. Se un astronauta pesasse 70 kg sulla Terra, peserebbe solo 10 Kg sulla Luna! Questo non vuol dire che sulla Luna arriva soltanto una fettina dell'astronauta: la massa è la stessa sia sulla Luna sia sulla Terra. La forza peso, invece, sarà sette volte più piccola.

? E tu quanto peserai sulla Luna? Prova a fare il calcolo!



Se la forza peso è, appunto, una forza, la sua unità di misura sarà il Newton, come per tutte le altre forze. Dunque, guardando la formula magica, sappiamo che la forza peso è pari alla massa per un'accelerazione che viene definita proprio come **accelerazione di gravità**, indicata con la lettera g. Ecco come peso e messa sono legati usando la formula magica di Newton:

$$\overrightarrow{P} = m \cdot \overrightarrow{g}$$

Dato che la massa esprime la quantità di materia di cui un corpo è composto, quando si fa un... cambio di pianeta non sarà certo questa a cambiare! Quello che cambia è l'accelerazione di gravità che dipende direttamente dalla massa del pianeta dove ci troviamo. Sulla Terra questa vale circa 9,81 m/sec^2, sulla Luna circa sette volte meno. Ecco una tabellina per andare a vedere cosa succederebbe su altri corpi celesti.

✱ Puoi divertirti a vedere cosa succederebbe se tu stesso andrai su questi corpi celesti...

Corpo celeste	**Accelerazione di gravità**
Terra	9,81
Sole	274,0
Cerere (asteroide)	0,27
Marte	3,72
Mercurio	2,78
Venere	8,87
Giove	22,88
Saturno	9,05
Urano	7,77
Nettuno	11,0

Il peso è sempre una variabile!

L'accelerazione di gravità non è uguale in tutti i luoghi della Terra. Cambia leggermente in varie situazioni: per esempio varia secondo latitudine dato che la Terra non è una sfera perfetta, inoltre anche per altitudine dato che più in alto si va meno si risente della gravità. Stupito?

L'attrito

Come tener conto della realtà in modo migliore

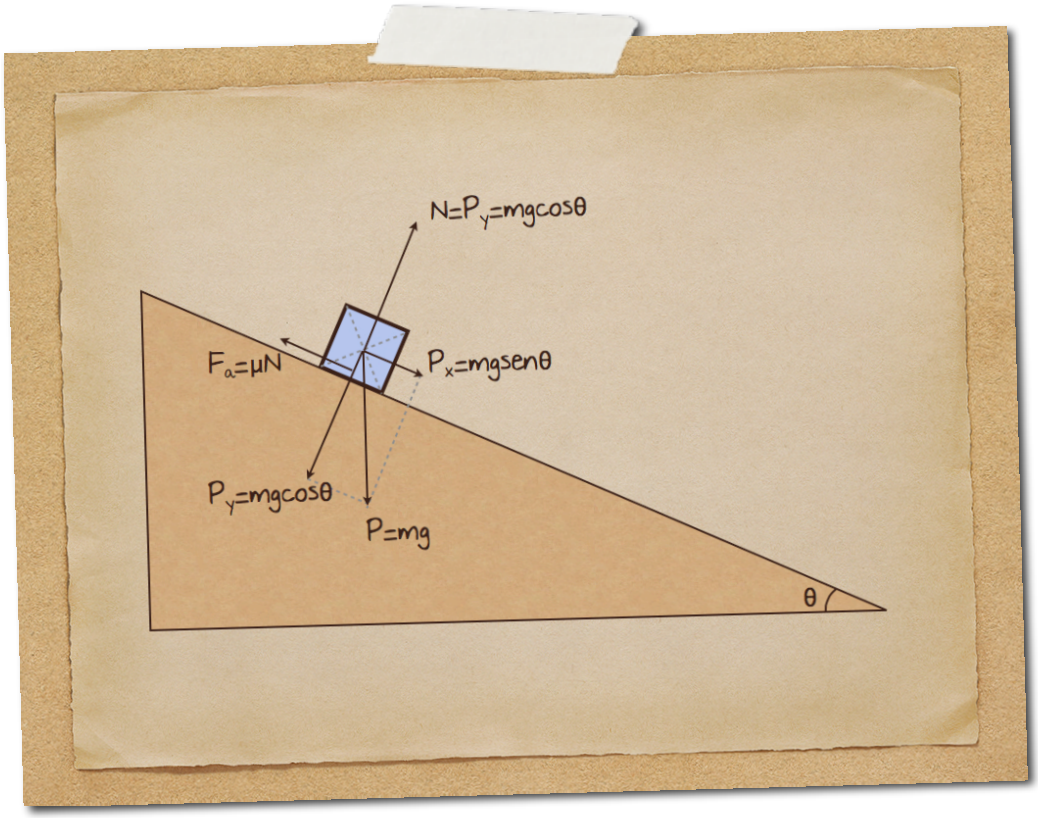
Cominciamo subito con una domanda

Perché su alcune superfici si scivola di più che su altre?

A questa è più interessante rispondere, così interessante che si aprirà di colpo una delle stanza più importanti del castello della fisica. Forse avete già un'idea di che cosa sia **l'attrito**. È quella che in fisica si dice una **forza dissipativa**.

Il modo più diretto per sperimentare la forza d'attrito è sfregare velocemente una mano contro l'altra. Sentiremo subito che le mani si scaldano. Bene, ciò che abbiamo fatto è stato convertire l'energia che abbiamo speso per sfregare le mani in altre forme di energia, come il calore e il suono che abbiamo prodotto. In inglese, la forza d'attrito ha un nome molto appropriato: friction.
Quanto più le superfici saranno ruvide, tanto più attrito produrranno.

Si cominciò a parlare di queste cose addirittura da Aristotele che però non isolò il fenomeno dell'attrito, tenendolo legato alla dinamica di un corpo. Fu invece Galileo Galilei a rendersi conto, grazie agli esperimenti sul piano inclinato, che si trattava di un fenomeno variabile e che dipende dal tipo di contatto tra i corpi. In fisica si dice che ogni materiale ha un suo "**coefficiente d'attrito**", parametro per capire al volo la ruvidità.



Più un corpo è ruvido, più il suo coefficiente d'attrito sarà elevato e più sarà alta la presa che questo offrirà. La formula che ci permette di calcolare la forza è questa:

$$\overrightarrow{F_a} = \mu \cdot \overrightarrow{N}$$

Per cominciare notiamo che è una forza, quindi l'unità di misura lo conoscete, vero?

Con la lettera N abbiamo indicato la **forza normale** al piano di appoggio. In fisica la parola "normale" è usata per indicare la componente "ortogonale", "uscente" da una superficie. È intuitivo pensare al fatto che, più una superficie è inclinata e minore sarà la componente normale, nel senso che il peso viene "scaricato" sull'antagonista della componente normale: la componente tangenziale. Infatti ci sono di mezzo proprio seno e coseno: più uno è grande e più l'altro è piccolo. Il modulo lo calcoliamo a partire dalla formula vista prima, mentre abbiamo stessa direzione del movimento ma verso opposto. Nel quadro della dinamica, è comodo pensare all'attrito come quasi un impedimento al movimento.

Lubrifica il corpo

Gli organismi si sono evoluti verso la minimizzazione gli attriti ove inutili. Per esempio, in bocca gli alimenti, prima di essere ingenti, vengono lubrificati dalla saliva prodotta nella masticazione. Questo assicura un passaggio più facile nell'apparato digerente. Inoltre gli organi del nostro corpo che devono compiere dei movimenti che causano trascinamenti come cuore, polmoni, apparato digerente, sono rivestiti di mucose che minimizzano le forze di attrito. Lo stesso succede anche ai nervi che scorrono nelle loro guaine e alle articolazioni.

La forza d'attrito viene chiamata forza dissipativa perché l'energia da essa spesa non è più "recuperabile" per essere sfruttata in altra maniera. Una volta che una qualunque energia si è convertita in attrito, diventa inutile: non è più possibile trasformarla ulteriormente in altro. È persa.

Sentirsi come Galileo

È possibile provare a fare lo stesso esperimento di Galileo, e adesso è molto più semplice! Si potrebbe prendere un piano inclinato (fatto da un piano con inclinazione a scelta), un bel cronometro (i più avanzati sono gestiti da due porte laser per partire e fermarsi) e un po' di oggetti da far cadere. A seconda del tempo che ci mettono e all'inclinazione si può calcolare il coefficiente d'attrito dinamico. Quello statico è invece più facile: basta mettere l'oggetto sul piano e aumentare l'angolo fin quando non parte. E la massa? Ci serve sapere anche quale sia la massa dell'oggetto? Arrivaci da solo e lavoraci con il tuo professore! Anche se Galileo è famoso per aver tirato oggetti dalla torre di Pisa (molto probabilmente cosa mai successa) è proprio lui che ha fatto per primo esperimenti di questo tipo.

E ora andiamo a fare un modello leggermente migliore. Vi è mai capitato questo?

Andare sì ma partire no

Perché, quando vogliamo spostare un oggetto pesante poggiato a terra, facciamo fatica a partire ma poi riusciamo a trasportarlo?

A quanto pare i materiali in gioco non sono l'unico fattore per determinare il coefficiente d'attrito. Possiamo immaginare che, quando un corpo si ferma rispetto a un altro, tra le due superfici si formano dei legami chimici. Quando invece un corpo già si muove, questi legami non hanno il tempo di formarsi e quindi i due corpi sono meno vincolati microscopicamente, con il risultato che l'attrito è minore. C'è una differenza tra **attrito statico e dinamico**: il primo è sempre maggiore del secondo.
Esiste anche una differenza tra **attrito volvente e radente**. Due superfici che strisciano l'una sull'altra offrono una resistenza maggiore rispetto a superfici che rotolano.

Ci sono casi in cui è necessario limitare al massimo la forza d'attrito. In questi casi è consigliabile l'uso di superfici fatte di materiali molto lisci, ben levigati. Anche in ingegneria meccanica è molto importante progettare parti che hanno un basso coefficiente d'attrito; per esempio l'uso dei cuscinetti a sfera trasforma un attrito radente in volvente, diminuendone così l'entità.

✱ La ragione è evidente se pensiamo alla progettazione di alcune parti di un motore.

Se l'energia prodotta dal motore si convertisse in calore dovuto alla forza d'attrito, il motore stesso avrebbe un bassissimo rendimento. In soldoni: pochi chilometri per litro di carburante! Invece, quello che si vuole è che l'energia prodotta dal motore serva per muovere gli ingranaggi ai quali il motore è connesso. Quindi, nei casi in cui vogliamo conservare il più possibile il movimento, è importante avere una bassa dispersione dovuta alle forze d'attrito.

Al contrario, ci sono casi in cui è fondamentale che ci sia l'attrito.

✱ Tutta la nostra vita, per come la conosciamo, non sarebbe possibile senza forza d'attrito.

Provate solo a pensare di camminare su una superficie perfettamente liscia, ancora più scivolosa del ghiaccio: sarebbe impossibile. È grazie alla forza d'attrito tra la suola delle nostre scarpe e il pavimento che possiamo camminare, saltare, ballare. Ci sono casi in cui si cerca addirittura di aumentare la forza d'attrito per avere una maggiore presa. Coloro che praticano l'arrampicata lo sanno bene e usano scarpette con una speciale gomma per aumentare la presa tra i piedi e la roccia; poi c'è anche la borsetta piena di magnesite cui costantemente si attinge per aumentare la presa tra le dita e la roccia e asciugare il sudore.

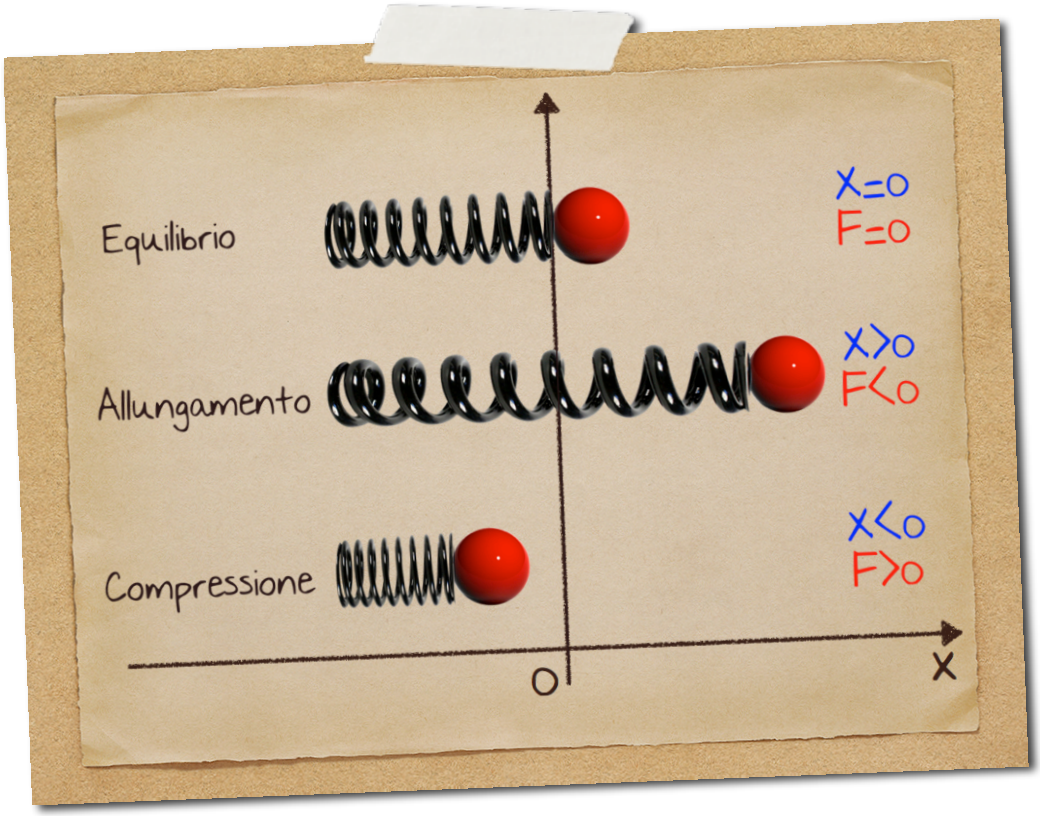
Una scienza intera

I fenomeni di attrito hanno assunto oggi una grande importanza in ambito ingegneristico e anche tecnologico. Esiste una disciplina apposita, la tribologia (... e potremmo sperare che non faccia tribolare!), che studia appunto i processi di attrito, la lubrificazione e l'usura di superfici a contatto. Questa disciplina è sperimentale e ha un successore più moderno che si chiama nanotribologia: studia questi fenomeni su una scala nanometrica di grandezze. I problemi riguardanti l'attrito su queste scale sono molto più alla base del fenomeno e necessitano di soluzioni diverse da quelle del mondo macroscopico.

Forti ma elastici – livello 1

Il moto perpetuo

Il moto armonico ha, per ragioni che possono sembrare alquanto misteriose, una grande importanza nei fenomeni naturali più diversi.
Quella che studieremo ora si chiama **forza elastica**: la possiamo immaginare come la forza che una molla offre alla compressione (o all'estensione). Chiameremo le molle o qualsiasi cosa che si comporta come una molla un oscillatore.



L'oscillatore ha una posizione di riposo (se non lo tocchiamo) e inoltre ha un'elongazione massima in un verso (compressione) e nel verso opposto (estensione) che si suppongono essere uguali ma contrari. Quando un oscillatore viene spostano dalla sua posizione di equilibrio, una forza di richiamo cerca di riportarlo alla posizione di riposo. Questa forza si chiama forza elastica e viene calcolata grazie alla legge di Hooke.

$$F = -k \cdot X$$

Nella formula troviamo la lettera x, che indica l'elongazione, e anche la lettera K, che indica quanto una molla è "dura". In altre parole, è il parametro che ci dice l'elasticità di un oscillatore (si chiama costante elastica o costante di Hooke). Il segno meno è dovuto al fatto che la forza si oppone sempre alla sollecitazione. Infatti prende anche anche il nome di forza di richiamo.

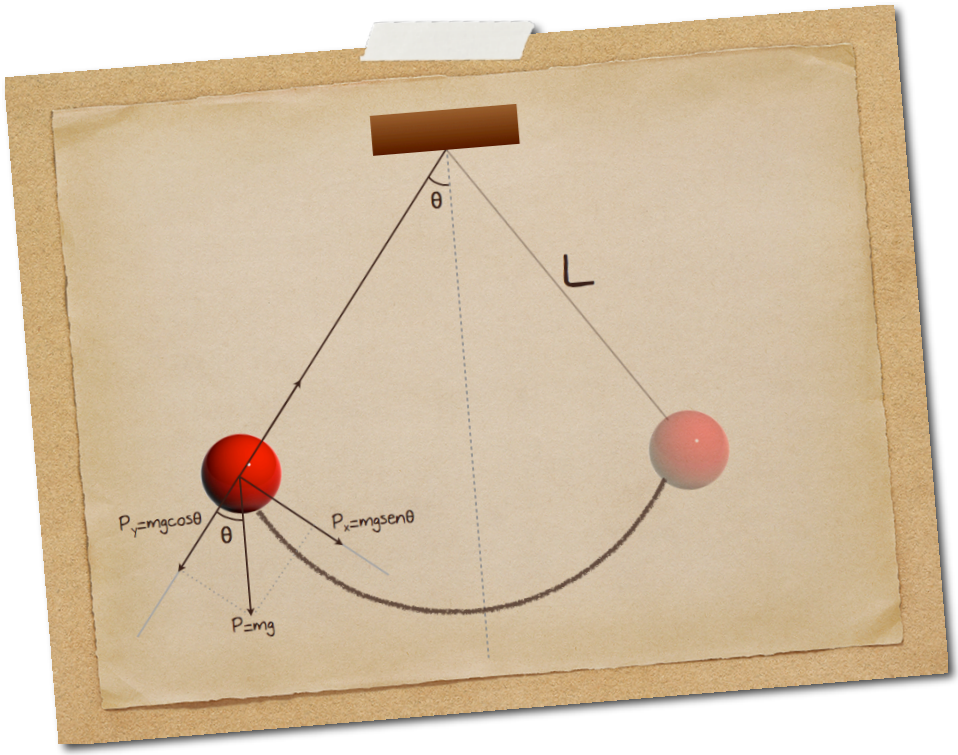
? Secondo te perché in questo caso non è stato necessario mettere i vettori?

Questa formulazione è la più semplice possibile e non tiene conto di tanti fattori come l'attrito interno: considera l'elasticità lineare (cioè costante a prescindere dall'elongazione), ma è una legge molto utile, proprio perché semplice, per modellizzare fenomeni in cui entra in gioco l'elasticità.

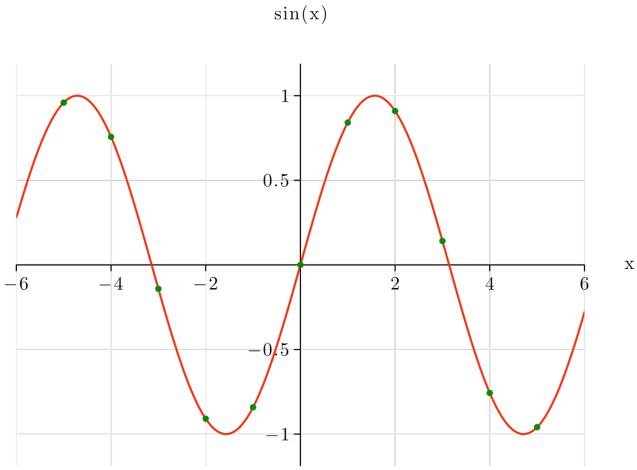
Latino elastico

Quando Robert Hooke annunciò questa legge, nel 1675, lo fece nella forma dell'anagramma latino "ceiiinossstuv". La soluzione la svelò l'autore stesso tre anni dopo: "Ut tensio, sic vis", che significa "come l'estensione, così la forza"; voleva dire che, più grande è l'elongazione, maggiore è la forza di richiamo.

Curiosamente, questa legge vale anche per un sistema che non somiglia molto a una molla: si tratta di un semplice **pendolo**. È costituito da un filo (inestensibile di massa trascurabile) alla cui estremità si trova una massa.



Consideriamo entrambi i casi (molla e pendolo) in condizioni ideali, quindi senza attrito e forze spurie che possano contagiare il moto. Applicando questa forza elastica di richiamo, è possibile estrarre le leggi del moto del pendolo semplice. Ricordando che siamo in assenza di attrito, il moto (perpetuo) che si produce nei due casi è interessante e volendo rappresentarlo graficamente otterremmo questo.



Si tratta della **funzione seno**. Non temete abbiamo già incontrato qualcosa di simile.

✱ Ricordi il moto circolare uniforme? È molto legato e propongo un esperimento!

Il seno sulla carta

Se immagini di produrre il moto circolare uniforme con una penna su un foglio fermo, allora ottieni quello che abbiamo già visto, cioè una circonferenza sulla quale disegni una circonferenza uguale, sulla quale disegni una circonferenza uguale.... Invece immagina di avere un lungo foglio (tipo quello delle vecchie stampanti "a buchi") e mentre tu muovi la penna in circolo, il foglio scorre: allora si ottiene proprio la sinusoide.

Spero che vi ricorderete che per una sinusoide le cose importanti sono frequenza (che è 1 diviso il periodo) per capire quanto sono distese le onde, e l'ampiezza, per capire quanto sono alte, oltre che la fase, per capire da dove inizia l'onda.

C'è una formuletta importante per il pendolo, una formuletta che può aiutare a determinare la costante di gravitazione universale, formulata verso la fine del '600 proprio da Newton. La formuletta è legata al periodo "T", alla lunghezza del pendolo "l" e proprio alla costante che stiamo cercando, la "g". Guarda con quale semplicità le cose sono legate.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Una mela speciale

La leggenda che ha studiato la realtà

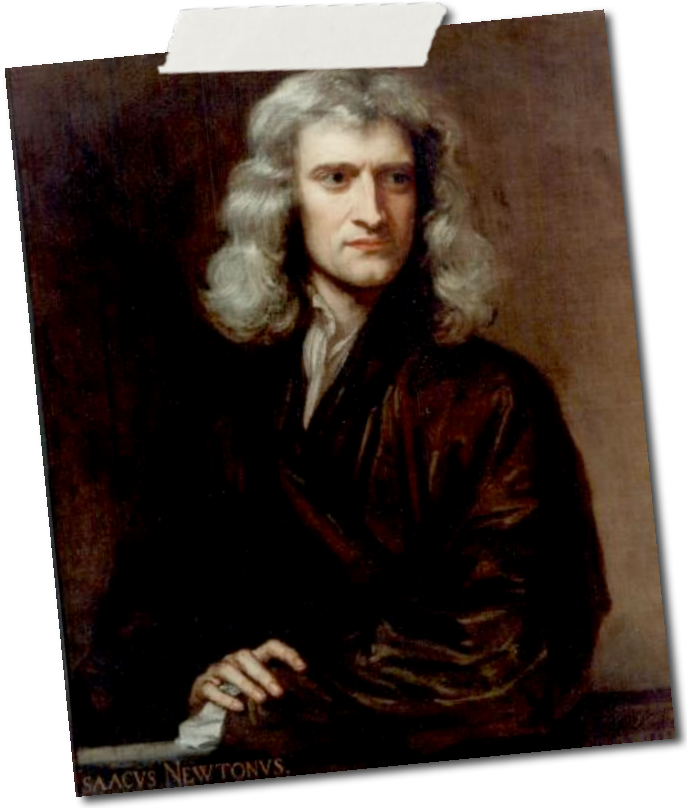
Non so come io appaia al mondo, ma per quel che mi riguarda mi sembra di essere stato solo come un fanciullo sulla spiaggia che si diverte nel trovare qua e là una pietra più liscia delle altre o una conchiglia più graziosa, mentre il grande oceano della verità giace del tutto inesplorato davanti a me

(Isaac Newton)

Siamo ora a raccontare quella che forse è la storia più famosa di tutta la fisica: sto parlando dell'incontro tra Newton, o meglio tra la sua testa, e una mela. Si sa che la testa di Newton era... notevole ma in questo caso per ragioni diverse da quelle legate alla sua intelligenza.

✱ Anche nella fisica ci sono molte leggende.

La leggenda vuole che Newton abbia avuto un'idea fondamentale nella comprensione delle leggi che governano il mondo un giorno in cui era seduto a riflettere sotto un albero di mele: una mela matura si staccò dall'albero e... boing! Proprio sulla sua testa. In quel momento Newton si rese conto di come l'attrazione gravitazionale, che fa cadere gli oggetti a terra e tiene tutti noi legati al pianeta, sia la stessa che muove pianeti e stelle. Stessa causa, effetto diverso , almeno all'apparenza.



Questa storia è probabilmente una versione romanzata di un episodio che capitò davvero. Un giorno stava gli è capitato di osservare (dalla finestra, senza prenderla in tesa) una mela cadere dall'albero e – vuoi perché era un momento propizio, vuoi perché la mela ha una forma simile a quella di un pianeta – in quel momento ebbe l'intuizione che gli permise di compiere un balzo in avanti. Non ne possiamo essere certi, ma alcuni suoi biografi scrissero di averlo sentito dalla sua viva voce.

✱ Il balzo di Newton fu davvero profondissimo.

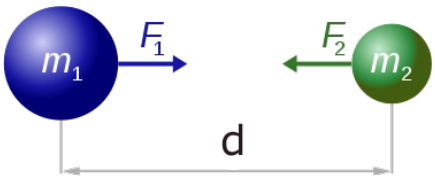
Newton riuscì a stabilire un collegamento tra il cielo e la terra, pose le basi per mettere in rapporto il movimento dei pianeti con quello di qualsiasi altro oggetto che cade al suolo, come un sasso, una goccia d'acqua e la frutta che cade dagli alberi.
Newton intuì che la mela cade per terra perché è attratta verso il basso e che un proiettile sparato in aria tende verso il basso per la stessa ragione. Con quanta più forza si spara il proiettile, più lontano andrà a cadere. Se si potesse sparare con una velocità sufficiente (che oggi conosciamo come **velocità di fuga**), allora potrebbe non tornare affatto sulla Terra e mettersi a girare attorno a essa più o meno come fa la Luna attorno alla Terra e la Terra attorno al Sole. In modo audace, Newton estese il principio di reciproca attrazione gravitazionale a tutti i corpi celesti: pianeti, lune, stelle e galassie e formulò una formula grazie alla quale è possibile eseguire calcoli, prevedere misurazioni e tentare esperimenti. Secondo Newton l'intensità della forza gravitazionale era direttamente proporzionale alle masse coinvolte e inversamente proporzionale al quadrato della distanza a cui sono poste. Ecco la famosa formula di gravitazione universale:

$$F_g = G\frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

Significa che due masse poste a una certa distanza si attraggono vicendevolmente a causa della forza gravitazionale. Questa forza diventa quattro volte più debole se la distanza raddoppia, sedici se la distanza quadruplica e così via. È anche per questo motivo che è così difficile da rilevare. Inoltre il suo valore dipende direttamente dalla costante G, che si chiama costante di gravitazione universale e che oggi diciamo che è una costante di accoppiamento. Grazie a questa costante, la formula ha un senso operativo e ci permette di compiere esperimenti. Tali costanti non scaturiscono direttamente dalla teoria ma devono essere misurate in esperimenti opportuni.

? Possiamo anche non mettere la formula come vettoriale. Perché secondo te?

Grazie a questa formula è stato possibile anche confermare le leggi di Keplero, oltre a spiegare un gran numero di fenomeni nel quadro di una teoria unificata, semplice ed elegante.



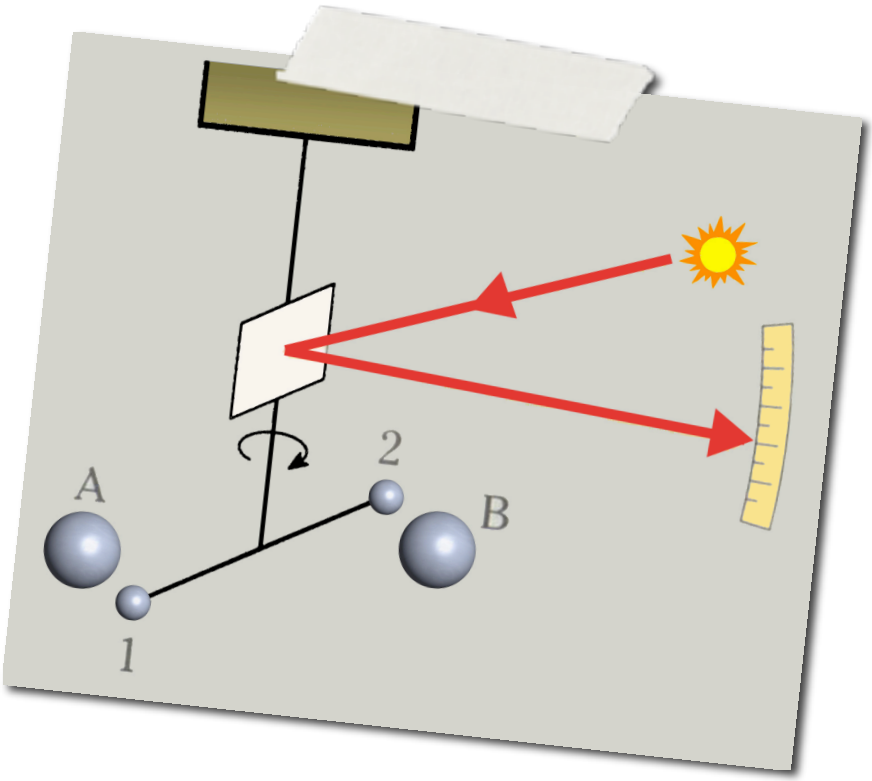
$$F_1 = F_2 = F_g$$

Si è parlato di un'attrazione vicendevole, giusto? Sono sicuro che qualcuno si sia fatto una domanda (beh, almeno lo spero!)…

✱ … dato che la forza di gravità agisce su tutti i corpi dotati di massa, allora dovrebbe agire anche sugli oggetti con cui abbiamo a che fare ogni giorno!

Se ve lo siete chiesto è una buona cosa, in quanto non siete gli unici e non solo, molti altri hanno fatto lo stesso, organizzando addirittura un esperimento, l'esperimento di Cavendish. Venne eseguito nel 1797-98 da Henry Cavendish, il primo a misurare la forza di gravità fra differenti masse in laboratorio. Assieme a Coulomb, lo si può considerare il fondatore dell'elettrostatica, e fece alcune delle più importanti misurazioni dell'epoca in assoluta solitudine. Si racconta che, quando un giorno una cameriera entrò per errore nella sua stanza, rimase così sconvolto da quella presenza inaspettata da licenziare in tronco la malcapitata. Pare anche che, dopo questo episodio, avesse addirittura fatto costruire dei soppalchi per passare da una stanza all'altra senza essere visto. Alcuni storici ritengono che soffrisse della sindrome di Asperger. Grazie a uno dei suoi esperimenti è stato anche possibile

misurare un valore accurato per la costante di gravitazione universale G, massa e densità della Terra oltre a dare una evidenza della legge di Newton.
L'apparato sperimentale costruito da Cavendish è noto come bilancia di torsione. È un congegno costituito da un'asta tenuta sospesa da un filo in torsione. Ai capi dell'asta sono appese due sfere uguali di 730 g di massa; di fronte a esse, a circa 25 cm, sono appese altre due sfere di 157,8 kg l'una. Le sferette di 730 g sono poste all'interno di due cassettini di legno per evitare l'influsso di eventuali correnti d'aria.



La mutua attrazione gravitazionale tra le sfere A e B avrebbe dovuto avvicinare le sferette facendo ruotare l'asta, la quale avrebbe avvolto il filo di torsione. Più il filo si torceva, maggiore era la forza che esso esercitava sull'asta che reggeva le sfere piccole finché la sua forza equilibrava esattamente quella di attrazione gravitazionale. A questo punto l'asta smetteva di ruotare: misurando l'angolo di avvolgimento del filo si poté calcolare la forza di torsione esercitata: eguagliava la forza di gravità prodotta tra le masse secondo la formula di Newton.
Questo tipo di equipaggiamento rappresenta un esempio notevole di come sia possibile ottenere valori straordinariamente accurati anche in tempi in cui le attrezzature di laboratorio non potevano competere con quelle di oggi.
Grazie a questo esperimento fu anche possibile determinare la massa del pianeta Terra; Cavendish, però, non la registrò – non era un valore interessante per le ricerche del tempo – bensì riportò la densità media della Terra, utile ai geologi.

Qual'è la differenza tra massa e densità? Semplice!

La massa valuta la quantità di materia in **assoluto**, mentre la densità, in **relativo**; dato che viviamo in 3 dimensioni (almeno per ora prendiamola così) è relativo al volume. La densità si scrive con la lettera greca **ρ**.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Fate un po' di prove! Provate a calcolare la densità di qualcosa vicino a voi e... se non riuscite a

trovare il volume, allora chiedete ad Archimede! Lui vi risponderà “Eureka!”
[-> In relazione a scheda da poter fare]

Newton, non solo uno scienziato

Newton fu davvero una stella che illuminò il firmamento della conoscenza. Anche uno solo dei suoi meriti gli sarebbe valso un posto nella storia e lui raggiunse le vette più alte un numero considerevole di volte. Un fatto davvero sbalorditivo è che dopo la sua morte si scoprì che la maggior parte del suo tempo e dei suoi sforzi andavano in altre discipline! Già, la maggioranza degli scritti di Newton tratta di alchimia e teologia, discipline che tratteggiano un Newton inconsueto e ai nostri occhi lontano dallo scienziato e dal matematico.

Attenzione perché non esiste solo Newton! Ci sono altri grandi nomi a cui dobbiamo molte cose, come Robert Hooke che è stato un fisico, biologo, geologo e architetto inglese. Fu uno dei più grandi scienziati del ‘600 e una delle figure chiave della rivoluzione scientifica.
Ci furono molto spesso delle “lotte” ideali con Newton, che è molto più conosciuto ma non era l’unico scienziato importante. Infatti nel 1670 Hooke cercò di spiegare anche lui il moto dei pianeti con una nuova teoria della meccanica basata su tre fondamentali ipotesi:

1. Tutti i corpi celesti si attraggano tra loro;
2. I corpi seguono un moto rettilineo uniforme se non sono deviati da forze.
3. Le forze di attrazione diminuiscono con la distanza.

Negli anni successivi precisata egli precisò la terza legge, in particolare in una lezione sulla luce del 1681, nella quale disse proprio che la forza doveva decrescere con il quadrato della distanza. Hooke suppose anche che dal sistema da lui “montato” era possibile ottenere le leggi di Keplero, ma non riuscì ad effettuare la deduzione. Questo passo decisivo fu compiuto da Newton nei Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, ma il contributo di Hooke alla sistemazione newtoniana fu certamente importante.

Leggi l’originale sui pianeti

È possibile trovare molti testi di Newton, Hooke, Keplero, Galilei e anche altri impegnati meno conosciuti. Ovviamente nel catalogo fornitissimo della biblioteca BEIC.

I pianeti in moto

Lo studio delle orbite

Eppur si muove!
(attribuita a Galileo Galilei)

Qualcuno, al tempo in cui visse Galilei, si dedicava con dedizione ad astronomia, matematica e musica allo stesso tempo. Vi siete mai chiesti come si muovono stelle e pianeti? **Giovanni Keplero** rispose nel 1619. I due scienziati vissero in tempi di grande fermento culturale ed entrarono in contatto diverse volte. Entrambi osservarono la "stella nova", quella che al tempo appariva come una nuova stella spuntata nel firmamento e che oggi sappiamo essere la supernova, vale a dire l'esplosione di una stella alla fine del suo ciclo vitale. Keplero ereditò da Tycho Brahe, il maggiore astronomo dell'epoca e uno dei più grandi tutti i tempi, una gran quantità di dati precisi mai raccolti sulle posizioni dei pianeti. Il problema era dare loro un senso.

✱ La fisica è fatta da una parte sperimentale, per prendere i dati, e una parte teorica, per capire i dati e fare previsioni.

Keplero cercava la regolarità in ogni cosa e così fece anche quando studiò le tabelle che descrivevano il moto di Marte, trovandovi alcune irregolarità che poteva spiegare con le leggi sul moto dei pianeti che egli teorizzò. Nel passato, e anche quando cresciamo ci succede, è assolutamente normale farsi domande di questo tipo

Domande universali

In che modo stelle e pianeti ruotano attorno a me? È sempre uguale o le cose cambiano? Perché ci sono le stagioni? La Terra è ferma o si muoverà anche lei? E in che modo?

Ecco le sue famose tre leggi (formulate con il linguaggio dei giorni nostri).

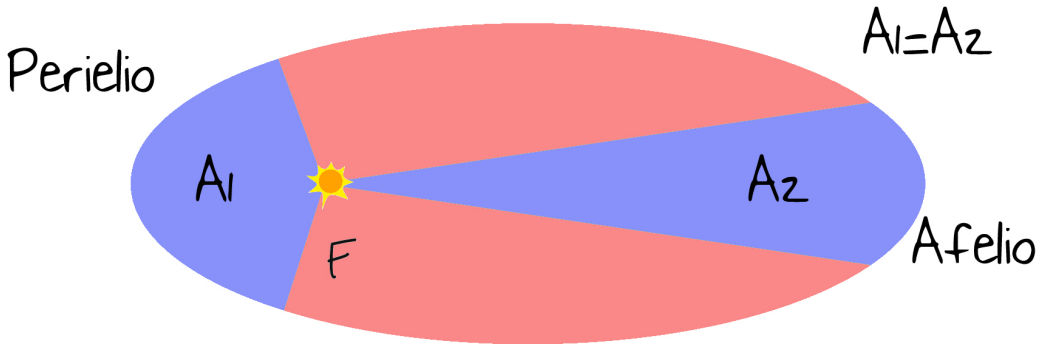
1. L'orbita descritta da un pianeta è un'ellisse, di cui il Sole occupa uno dei due fuochi.
2. Il segmento che unisce centro Sole con centro pianeta spazza aree uguali in tempi uguali.
3. I quadrati dei periodi dei pianeti sono proporzionali ai cubi dei semiassi maggiori delle loro orbite.

Cerchiamo di capirle meglio una per una.

Partiamo dalla prima legge. Tutte le immagini del sistema solare o del movimento della Terra che abbiamo visto ci illustrano i contenuti della prima legge. In passato, come sappiamo, si è creduto che la Terra fosse al centro addirittura di tutto l'Universo. Ora sappiamo che non è così ma, anche dopo che questo dato venne accettato, si pensò per anni che le orbite dei pianeti fossero circolari (all'inizio lo pensò lo stesso Keplero) anche perché si tratta di una ellisse poco "allungata" e quindi simile a una circonferenza.

[-> Se vuoi sapere di più sull'ellisse va a vedere la scheda "ELLISSE" disponibile in futuro]

La seconda legge è forse la più interessante e curiosa. Il suo significato si può comprendere bene grazie alla formulazione per mezzo delle superfici.



La seconda legge recita che un pianeta che orbita attorno al Sole descrive (o, per meglio dire, spazza) aree uguali in tempi uguali. Quindi, dato che il tempo per spazzare l'area A1 è uguale al tempo per spazzare l'area A2, è intuitivo pensare che nel tragitto vicino al Sole (il perielio) il pianeta avrà una velocità maggiore. Accade perché, come scoprirà Newton, la forza di gravità agisce con più efficacia quanto più due masse sono vicine l'una all'altra.

La terza legge compie un passo in più e ci dice come varia la velocità dei pianeti al variare della distanza dal Sole, cioè come cambia il periodo di rivoluzione (in pratica la lunghezza di un anno) al variare della distanza dal Sole. Un pianeta che orbiti attorno al Sole a distanza doppia rispetto a quella della Terra impiegherà un tempo che è ben otto volte maggiore per compiere un giro intero. La durata del suo anno sarà quindi pari a otto dei nostri. Nettuno, per fare un giro completo attorno al Sole, impiega 165 anni terrestri. Ecco la formula

$$K = \frac{a^3}{T^2}$$

Dove "a" è il semiasse maggiore dell'orbita, "T" il periodo di rivoluzione (quallo chenoi chiamiamo "un anno") e "K" una costante (a volte detta di Keplero), che dipende dal corpo celeste attorno al quale avviene il moto di rivoluzione (quindi dalla massa).

Keplero nello spazio

La comunità scientifica ha dedicato a Giovanni Keplero e al suo straordinario lavoro, diversi oggetti presenti nell'Universo: l'asteroide 1134 Kepler, un cratere lunare di 31 km di diametro, un cratere sul pianeta Marte di 233 km di diametro e una cresta di 15 km di lunghezza su Fobos (uno dei due satelliti di Marte).

Non è molto noto a tutti ma le leggi di Keplero vengono fuori se si accettano alcune semplificazione che si mettono in atto per costruire un modello matematico. Queste semplificazioni sono:

- la massa del pianeta è trascurabile rispetto a quella del Sole;
- si possono trascurare le interazioni tra diversi pianeti.

Pubblicare i pianeti

Ora scoperte di questo tipo vengono pubblicate in riviste specializzate dopo essere state confermate (o confutate) dalla comunità scientifica e le cose ai tempi di Keplero erano diverse: il luogo in cui le prime due leggi trovarono spazio fu un classico testo di astronomia; la terza, invece, fu inserita in un volume che si occupava anche di musica e di astrologia: una disinvoltura degna di Pitagora e dei suoi seguaci. Anche Keplero era convinto che Dio non fosse solo geometra, nel senso matematico, ma anche musico, e sostenne l'idea che la musica e il sistema solare fossero realizzazioni della stessa armonia.

Termodinamica: principio zero

Due grandezze simili ma non uguali

Sotto pressione, le cose peggiorano
(Legge di Murphy per la termodinamica)

Il primo principio della termodinamica si chiama… principio zero della termodinamica. A volte sembra che gli scienziati si complichino la vita inutilmente, chiamando questo come principio "zero" e non "uno", ma non è questo il caso. Il principio zero si chiama così perché è una sorta di premessa, di legge che si considera "ancora più scontata" per andare a creare modelli che riguardano il calore. Vediamo di cosa si tratta dunque e vediamo come può iniziare un viaggio nella termodinamica.

Una media naturale

Perché, se una stanza della casa è fredda e quella adiacente calda, dopo che avrò aperto la porta che le separa le due stanze tenderanno a diventare tutte e due tiepide?

La formulazione esatta del principio suona un po' diversamente: se i corpi A e B sono entrambi in equilibrio termico con un terzo corpo C, allora lo sono anche fra loro.
Anche se sembra immediato, questo principio non può essere dimostrato a partire dagli altri principi della termodinamica o da altre deduzioni.

✱ Al solito si osserva che questo fenomeno avviene, e si scrive in maniera matematica.

La funzione di questo basilare principio è stata riconosciuta dopo la formulazione e l'uso del primo e secondo principio della termodinamica, ed è stato deciso di attribuirgli il nome di "principio zero".
È abbastanza intuitivo pensare che, se dovete raffreddare qualcosa, è più efficiente farlo con 10 litri d'acqua, piuttosto che con un solo litro.
Inoltre, alcune sostanze hanno più capacità di trasmettere il calore di altre per come sono fatte a livello microscopico. Questa quantità, che si chiama **capacità termica**, si definisce come il rapporto tra il calore fornitogli e l'aumento di temperatura che ne deriva.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad \frac{[j]}{[K]}$$

L'altra quantità fondamentale, che tiene conto della massa del corpo, si chiama **calore specifico** e viene definita così:

$$c = \frac{C}{m} \qquad \frac{[j][m]}{[K]}$$

Materiali diversi hanno diverse attitudini a trasferire il calore. Potete fare la prova appoggiando semplicemente le vostre mani sui due oggetti e vedere come vi sembrano di diverse temperature anche se stanno nel mondo assieme a voi.

Internet è bollente!

Sigbritt Lothberg, una signora svedese di 75 anni, è finita sotto le luci della ribalta nel 2007 per avere in casa la più potente connessione internet privata del mondo. Il motivo risiede nel fatto che suo figlio è uno dei principali esperti di internet e ha installato questa rete per sperimentare una connessione velocissima a 40 Gigabits al secondo, sufficiente a scaricare un Dvd in due secondi. La mammina però ha trovato un'applicazione inaspettata. Ha dichiarato: "Uso molto la connessione, ma più che altro per asciugare la biancheria. I cavi usati sono lunghi e si scaldano molto".

A causa della diversa capacità termica, si producono fenomeni notevoli e decisamente macroscopici, come il fatto che le città sul mare hanno un clima temperato. La capacità termica del suolo, mediamente, è molto inferiore a quella dell'acqua dei mari: la terra tende a riscaldarsi velocemente di giorno e a raffreddarsi altrettanto velocemente di notte. Questo causa brusche escursioni termiche. Al contrario l'acqua del mare compie queste operazioni molto più lentamente, quindi mitiga la temperatura della terra con cui è a contatto cedendo il calore. A causa di questo fenomeno, si possono distinguere due tipi climatici: il clima continentale e quello marittimo.
E a proposito di acqua...

L'acqua protegge

Potresti provare a gonfiare un palloncino e poi a metterlo sopra una fiamma (per esempio di un accendino). Che succederà? Hai ragione: boom! Ma prova ora a mettere anche un po' d'acqua nel palloncino e a rifare l'esperimento. Che cosa succede? E perché?

Termodinamica: principio 1 su 3

Il lavoro del calore

Al contrario di quello che avviene oggi, dove la teoria della fisica è talmente avanti che gli esperimenti non riescono a tenere il passo, nella termodinamica la pratica ha anticipato la teoria.

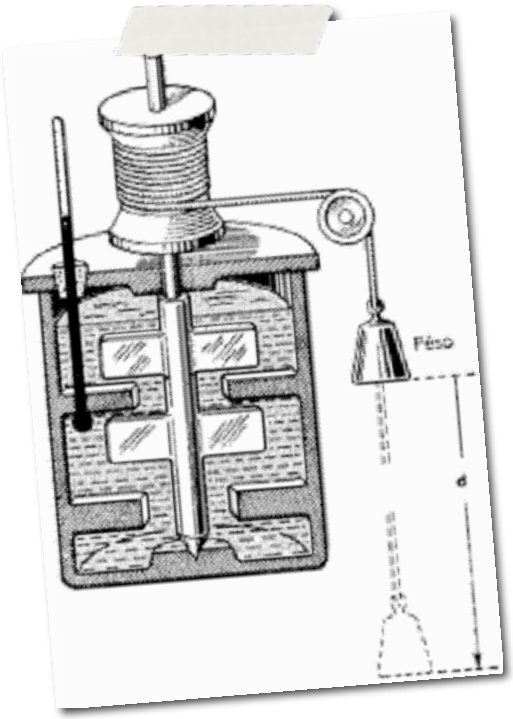
✱ Il caso dello sviluppo della termodinamica è emblematico nella storia della scienza.

Si è sviluppata sopratutto nel XIX secolo "sporcandosi le mani" nell'ingegneria delle macchine a vapore e solo più tardi è stato sistematizzato il suo funzionamento teorico e i suoi principi di base. Questo sviluppo permette di risolvere problemi come il seguente.

Prima l'uovo o la termodinamica?

Un uovo che sta friggendo è appoggiato alla padella, dunque la sua energia potenziale è zero; è fermo, dunque la sua energia cinetica è zero. Quindi la sua energia è zero?

La risposta è no. Un contributo fondamentale viene dal fisico inglese James Prescott Joule (già, proprio dal suo nome viene l'unità di misura del lavoro) che nel 1850 determinò l'equivalente meccanico del calore. Il mulinello di Joule è lo strumento che ha permesso questa scoperta che ha gettato un ponte tra discipline.



Joule costruì un contenitore isolato dall'esterno nel quale erano immerse due palette che potevano essere messe in moto dall'esterno grazie alla caduta di due grossi pesi liberi di muoversi sotto l'effetto dell'accelerazione di gravità. La forza viscosa che si va formando è proporzionale alla velocità delle palette. Dall'altra parte abbiamo l'energia potenziale gravitazionale che si trasforma via via in energia cinetica.

A causa dello stesso principio della velocità limite delle gocce di pioggia, il mulinello raggiunge rapidamente una velocità di regime. Quando i pesi toccarono il suolo, Joule misurò l'innalzamento di temperatura dell'acqua contenuta nel calorimetro, ricavando la variazione di energia interna derivante dall'azione meccanica del mulinello.

? Attenzione, misurando la temperatura non si misura direttamente l'energia in quanto essa dipende anche da.... dillo tu!

Si può concludere, quindi, a fronte dell'innalzamento di temperatura, che tutto è avvenuto come se si fosse ceduto calore, cosa che però non è accaduta in quanto la strumentazione è termicamente isolata. È stato quindi possibile determinare il rapporto tra l'energia meccanica immessa e la variazione dell'energia interna al calorimetro dato dal prodotto della massa d'acqua per l'innalzamento di temperatura.

* Joule è quindi il collegamento tra la meccanica e la termodinamica.

Grande precisione

Per mezzo di tale esperimento, Joule determinò un valore dell'equivalente meccanico del calore pari a 4,186 J/cal, valore di straordinaria precisione per i tempi. Questo numero voleva dire che ogni Joule, unità di misura dell'energia, equivaleva a 4,186 calore, unità di misura del calore. In seguito, tramite strumenti di misura che fanno uso della conoscenza dell'elettromagnetismo si trovò un valore di 4,1855 J/cal.

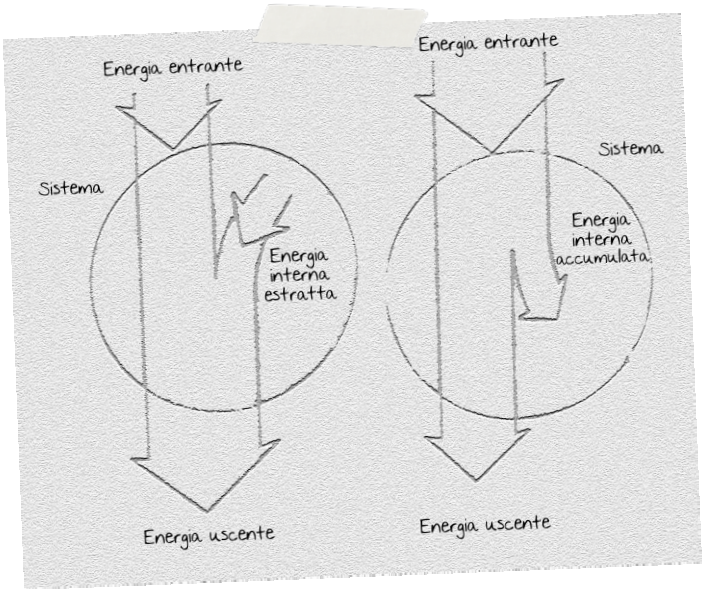
Da questo esperimento, ecco la formula per il primo principio della termodinamica:

$$\Delta U = Q - L$$

Da questa formula risulta evidente una cosa molto importante

* Si deve considerare il calore come una forma di energia al pari di qualunque altra.

ΔU è la variazione di energia interna ad un sistema, quella che ha causato l'innalzamento della temperatura, Q e L rappresentano invece il calore del sistema e il lavoro fatto. Nel caso dell'esperimento di Joule, si è trattato del lavoro svolto dal peso che cade. Questo principio si capisce meglio se spiegato in termini energetici: ci dice che l'energia totale uscente da un sistema è uguale all'energia ceduta sommata alla sua energia interna. Ora, abbiamo visto che il calore si può cedere o sottrarre a un sistema, quindi ci sarebbe da stare attenti anche ai segni dell'equazione di sopra tenendo conto di questo fatto. Possiamo visualizzare la cosa in questo modo:



A questo punto, a qualcuno potrebbe sorgere la domanda che segue. Pensaci e prova a rispondere.

Se muovendo un fluido lo riscaldo, perché quando giro il minestrone lo raffreddo?

Ottima domanda: non bisogna mai fidarsi e avere dubbi è importantissimo. Ora ti racconto il perché, così tocchiamo un punto fondamentale.
Il fatto di rimestare il minestrone in effetti lo fa scaldare, ma molto meno di quanto si fa raffreddi per via di altri meccanismi. La grande differenza tra il minestrone e l'apparato di Joule è che il primo può scambiare calore con l'esterno. Dato che il minestrone si trova a una temperatura molto superiore all'aria con cui è in contatto, tenderà a cedere il calore e mescolarlo facilita questo processo: a trovarsi in contatto con l'aria è via via la parte più calda del minestrone. Il lavoro del nostro cucchiaio produrrà un calore, ma al tempo stesso innesca un processo di raffreddamento.
A proposto di minestrone, altra domanda molto pratica...

Perché quando fa freddo si mangia di più?

Il primo principio della termodinamica è davvero fondamentale e si può applicare anche a un altro sistema che ci dovrebbe essere... familiare. Il nostro corpo. Quando all'esterno c'è temperatura bassa, il nostro corpo è portato a emettere un quantitativo di calore. Di conseguenza, esegue lavoro maggiore che esce dal sistema che vuole compensare con approvvigionamento energetico: il cibo.
Il calore prodotto in un organismo (nel lavoro muscolare, per esempio) e il calore da esso disperso (per evaporazione del sudore, per irradiazione e per conduzione) devono essere uguali affinché si mantenga costante la temperatura corporea. L'essere umano, come tutti i mammiferi e gli uccelli, è omeotermo. È una proprietà dell'organismo grazie alla quale esso può aumentare la temperatura corporea (aumento del catabolismo, provocando i brividi e l'orripilazione) o abbassarla (sudorazione insieme alla vasodilatazione periferica) al fine di mantenerla costante. Tutti questi meccanismi hanno ovviamente dei limiti oltre i quali si va in ipotermia o in ipertermia.
Alcuni dei processi di cui sopra possono portarci un uno stuzzicante problemino. Eccone uno.

Enigma per il caffè

Potresti provare a fare un esperimento come questo: il barista ti ha appena servito una tazzina di caffè bollente che normalmente vai a macchiare con un po' di latte freddo ma ti devi assentare per 5 minuti. Ovviamente questo ti scoccia perché non puoi bere il caffè bollente ma hai due opzioni su come procedere:

1. Macchiare il caffè, lasciarlo sul banco, e lo bere quando torni indietro.
2. Lasciare il caffè sul banco, te ne vai e quando torni lo macchi e subito lo bevi.

In quale caso il caffè resterà più caldo? Oppure i due casi sono equivalenti? Pensaci!

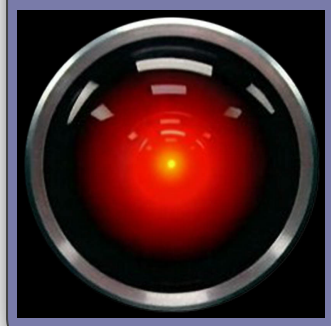
Il suono

Onde particolari da ascoltare

Le onde sonore sono causate da microscopiche compressioni e decompressioni dell'aria. In un particolare punto dello spazio queste onde vengono messe in movimento: succede alla sorgente che è proprio il motivo che scatena il movimento ondulatorio. Può essere uno strumento musicale, la voce di una persona, la frana di una montagna o il battito d'ali di un colibrì. La sorgente causa il movimento ondulatorio delle molecole che compongono l'aria e quali trasmettono il loro movimento alle molecole vicine con un processo che potremmo immaginare come uno spintone. Queste molecole mettono in movimento le vicine e così via, fino al punto in cui noi possiamo essere in condizione di accorgerci di questa perturbazione e rilevare la vibrazione attraverso un sensore (un microfono o, più semplicemente, il nostro orecchio).
L'onda sonora è quindi un modo per trasmettere l'energia acustica che è un tipo di energia meccanica, anche se i processi meccanici (le "spinte" delle molecole) sono per noi invisibili.

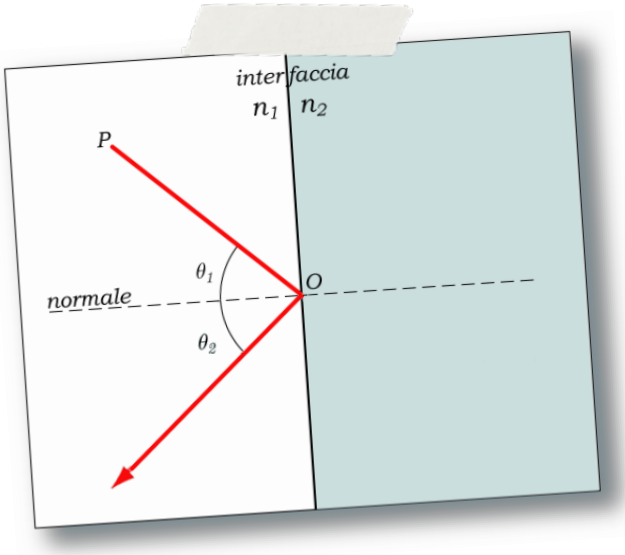
Suono o non suono?

A rigor di logica, il suono, si può propagare solo quando c'è un mezzo di propagazione. Senza aria che si comprime e decomprime il suono non esiste proprio per definizione. La diretta conseguenza di questo è che nei film di fantascienza dove ci sono eventi che avvengono nello spazio, non si dovrebbe sentire niente, assolutamente niente. Un solo film, fino adesso, ha fatto fede a questo principio ed è *2001, Odissea nello spazio* del compianto Stanley Kubrick. Egli, con questo capolavoro assoluto, non solo tenne fede alla realtà delle cose, ma usò le lunghe sacche di silenzio come espediente per dare un ritmo al film e far crescere la tensione.



(occhio del robot HAL, uno dei protagonisti del film)

Cominciamo a vederne qualcosa attraverso i movimenti basilari di un'onda. Il primo e più diretto modo con cui un'onda sonora interagisce con il mondo circostante è la **riflessione**. Tutti noi sperimentiamo la riflessione quotidianamente ed è il fenomeno per cui un'onda, una volta che incontra un ostacolo "torna indietro".



Il modo migliore per ricordare questo fenomeno è... pensare al biliardo. Quando si tira una boccia verso una sponda, l'angolo di entrata è uguale all'angolo di uscita, per cui è possibile pensare a come fare per colpire bocce anche passando dalle sponde[2]. Quindi diciamo che l'angolo di entrata è sempre uguale all'angolo di uscita.

$$\theta_1 = \theta_2$$

Un caso "eclatante" di onda che torna indietro è rappresentato dall'eco. È eclatante nel senso che, quando avviene il fenomeno dell'eco, possiamo percepire, per esempio, la nostra stessa voce che, tornando indietro, raggiunge le nostre orecchie dopo essere stata emessa dalla nostra bocca. Perché però non avviene tra le mura domestiche? Esiste un limite preciso tra l'eco e quello che si chiama invece riverbero, una forma di riflessione delle onde sonore più comune. Questo limite è fissato in 1/10 di sec. Si suppone che questo sia il tempo necessario a percepire la nostra stessa voce come emesse da una sorgente estranea e per fare si che non si confonda con l'onda emessa. Da dove viene fuori questo tempo lo dirò tra un attimo.

✱ L'eco può essere definita come un'onda che viene riflessa da una discontinuità nel mezzo di propagazione, e che ritorna con una intensità e ritardo sufficiente per essere percepita.

Facciamo una digressione. Immagino che hai visto, almeno una volta nella vita, una delle scene madre del cinema western: ci troviamo in una zona desertica, è mezzogiorno, la luce, il caldo e la sabbia riempiono lo schermo. Il protagonista, con le rughe scavate sul volto dal sole e dalla vita, è chino su un binario con l'orecchio appoggiato sull'incandescente ferraglia. Poi si alza di scatto e dice: "Muoviamoci!". Ma all'orizzonte non si scorge ancora nulla. Dopo qualche manciata di secondi di attesa febbrile appare qualcosa di lucente all'orizzonte. È il treno. E ora una domanda western:

? Perché il suono arriva prima sul binario di ferro che attraverso l'aria?

2 Questo avviene quando non c'è il famoso "effetto", cosa che conta e che si potrà vedere in seguito.

Abbiamo visto come il funzionamento della propagazione del suono avvenga attraverso quello che molto scientificamente abbiamo chiamato “lo spintone”. Adesso, per capire, dobbiamo solo fare un piccolo sforzo d’immaginazione e provare a vedere la materia a livello microscopico dentro un metallo. Quello che forse non tutti sanno è che gli atomi si dispongono nello spazio a formare strutture più grandi attraverso legami chimici particolari.
Immagina di fare un gioco: partire con uno spintone in un angolo della stanza e raggiungere l’angolo opposto. In altre parole cominciamo in un angolo della stanza e spintoniamo il primo che passa di lì. Lui (o lei) arriva a occupare un punto della stanza e ora deve spintonare il primo che passa e così via. Ora, è abbastanza intuitivo pensare che se in una stanza di 20 m^2 ci sono 10 persone, è abbastanza improbabile che si abbia qualcuno da spintonare a portata di mano. Se invece le persone diventano 50, sicuramente troveremo facilmente qualcuno da spingere. Nel secondo caso quindi il processo sarà più efficace e avverrà più velocemente.
All’interno della materia succede esattamente la stessa cosa, per cui la densità di un mezzo materiale influenza la velocità di propagazione del suono. Per tornare al nostro western, il confronto da fare in questo caso è tra la densità dell’aria e quella del binario del treno. Il suono si trasmette in ogni mezzo materiale, anche se con esiti diversi a seconda, appunto, della densità (e anche di altri fattori, come la temperatura) del mezzo stesso.
Riporto di seguito qualche valore di velocità del suono in alcuni mezzi materiali comuni. I valori sono approssimativi e dati in metri al secondo

- Aria: 344 m/s
- Acqua: 1498 m/s
- Rame: 3750 m/s
- Ferro: 5120 m/s

Quindi vuol dire che in un secondo il suono nell’aria percorre 344 m, mentre nel ferro 5120, ovvero quasi quindici volte tanto!

? E cosa succede per tre secondi nell’aria? e nel ferro? E per 15,7sec nel rame?

Esistono quindi situazioni quasi paradossali in cui potremmo sentire un suono due volte. Immaginiamo di essere immersi nell’acqua e un fulmine cade a 10 km di distanza. Il suono nell’acqua viaggia a 1498 m/sec, quindi, sott’acqua, sentiremmo il fragore del tuono dopo circa 6,7 sec. A questo punto, tirando la testa fuori dall’acqua, sentiremmo di nuovo lo stesso tuono dopo altri 22,4 sec!

Gli indizi del temporale

A proposito di temporali, esiste un calcoletto simpatico per calcolare la distanza del temporale con i soli indizi di vedere un lampo e ascoltare il tuono. Nei miei ricordi, la “formula aurea” prescrive che ogni secondo rappresenta un chilometro di distanza da noi, è vero? E perché? Prova a pensarci e ricorda che abbiamo appena visto quanto vale la velocità del suono nell’aria.

Il motivo che separa l’eco dal riverbero è proprio la velocità del suono. Dato che si ha riverbero quando l’onda incidente si confonde nell’orecchio dell’ascoltatore con l’onda riflessa, mentre si ha eco quando le due onde risultano distinte, è necessario che la distanza tra la sorgente sonora e l’ostacolo sia di almeno 17 m che sono necessari per creare quel famoso lasso di tempo di 1/10 di sec.
Come arriviamo a questo risultato? Abbiamo visto che suono si propaga nell’aria circa 340 m/s. Per distinguere con chiarezza due suoni è necessario che essi distino tra loro almeno 1/10 di sec. Ribaltando la definizione di velocità per cui è uguale a spazio fratto tempo, risulta che tale intervallo di propagazione in aria corrisponde alla distanza di 34 m, cioè 17 m dalla fonte sonora all’ostacolo e 17 per il percorso inverso. Se la distanza è inferiore a 17 m si ha il riverbero.

Effetto Doppler

L'effetto Doppler è una diretta conseguenza della velocità di propagazione delle onde. Ti è mai successo di percepire il suono della sirena di un'ambulanza? Quando ti arriva incontro il suono diventa più acuto, al contrario mentre si allontana diventa più basso. È la diretta conseguenza del fatto che una sorgente che si avvicina somma, in qualche modo, la sua velocità a quella di propagazione. Come risultato abbiamo una velocità di propagazione maggiore, uno 'schiacciamento' delle creste delle onde e quindi una frequenza maggiore che ci fa udire un suono più altro. Viceversa per quando si allontana. L'effetto Doppler è anche usato in medicina per la rilevazione della velocità del flusso sanguigno (Eco-Doppler).

Esiste poi un caso "estremo" di riflessione: la riflessione totale. Il nome dice già tutto, io ti stuzzico subito con un fenomeno reso possibile grazie a esso.

Come fanno le fibre ottiche a trasportare la luce senza che vada persa?

Un altro modo per trasportare a distanza onde è usare dei speciali "tubi". All'interno delle fibre ottiche la luce viene riflessa completamente per cui potrà così percorrere la fibra nella sua interezza ed arrivare al fondo senza avere avuto quasi nessun perdita in termini di forza del segnale.

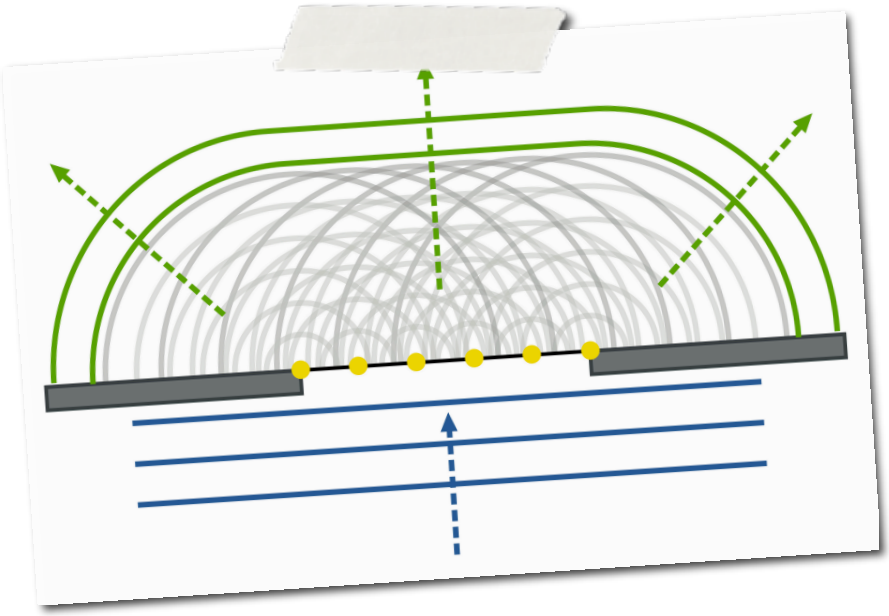
Trasportare la luce

Puoi realizzare facilmente una guida d'onda a scuola o anche nella tua cucina. Quello che ti serve è una bottiglia di vetro, carta stagnola e una torcia. Avvolgi la carta stagnola sulla superficie laterale della bottiglia (con un po' di scotch magari), poi riempi la bottiglia d'acqua e posiziona la torcia sul fondo della bottiglia puntata verso l'alto. Spegni la luce e versa l'acqua nel lavabo, riuscirai a trasportare la luce e ad illuminare direttamente il lavabo!

Facendo l'esperimentino di prima, uscito dalla cucina, ti potrebbero venire altri dubbi su quello che succede a casa tua e potresti chiederti quanto segue. Se non lo fai tu, lo faccio io!

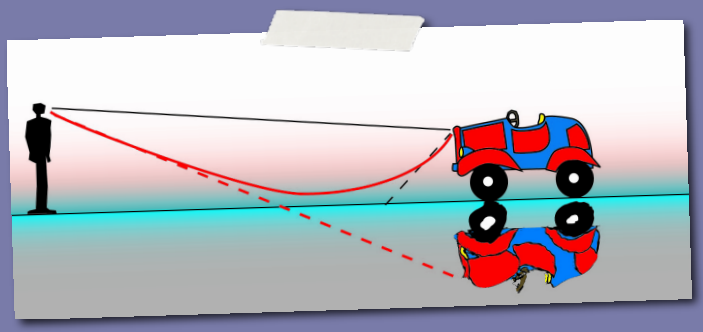
Perché se, qualcuno parla in cucina, posso sentire anche da camera mia?

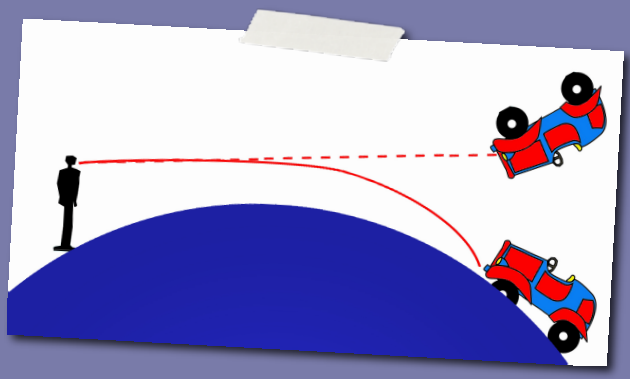
Ormai siamo entrati in sintonia con questo sistema degli spintoni, per capire cosa succede a livello microscopico. A tal proposito possiamo immaginare una scena probabilmente vista al cinema tante volte: a causa di una calamità naturale, un incendio, un terremoto o altro, dentro un palazzo scoppia il putiferio e tante persone escono impaurite. Dato che generalmente l'apertura occupa una piccola porzione di un lato del palazzo, una volta in prossimità le persone tenderanno a spingersi e a uscire in tutte le direzioni. Allo stesso modo le molecole d'aria, una volta passata un'apertura come una porta aperta o una finestra, tenderanno a "spintonare" tutte le molecole di aria circostanti, anche quelle non direttamente "davanti" a loro. Questo fenomeno osservato si chiama diffrazione e permette alle onde di aggirare gli ostacoli. Gli ostacoli sono aggirabili solo se hanno dimensioni paragonabili a quelle della lunghezza d'onda. Si spiega bene con il principio di Huygens, forse uno dei principi più importanti di tutta la fisica.
Il principio di Huygens è un metodo di analisi per il calcolo di problemi di propagazione ondosa. Esso prevede che ogni punto del fronte d'onda, si possa considerare come una sorgente a sua volta. **L'interferenza** tra tutti i punti che compongono il fronte d'onda a un istante definito, determineranno la forma del fronte l'istante successivo. Dall'immagine sotto si vede chiaramente come sia possibile che un'onda si trasmetta oltre una parete attraverso un'apertura posta nelle vicinanze. L'interferenza è un altro fenomeno che coinvolge le onde ed è molto importante.



I miraggi e la fata Morgana

Il caso più famoso di miraggio è quello dell'assetato che vede le oasi nel deserto. Un buontempone potrebbe obiettare che resterebbe da chiedersi se non sia un miraggio o un'allucinazione causata dalla mancanza di liquidi. In effetti i miraggi sono fenomeni che vengono osservati con una certa frequenza. In condizioni normali la densità dell'aria è maggiore alle quote minori, per cui con l'altitudine diminuisce.
A volte, come sull'autostrada a mezzogiorno, o nel deserto, può succeder che vada crescendo a mano a mano che ci si allontana dal suolo. In questo modo la luce farà un percorso opposto al solito e, chi guarda a distanza, vedrà una direzione apparente in cui si trova qualcosa che in realtà è molto più lontano. I miraggi possono essere inferiori, come nel caso dell'autostrada, superiori, come avviene a volte in mare oppure di un altro tipo molto particolare che si chiama "fata Morgana" che avviene quando i due miraggi si sommano e ha come effetto l'allungamento delle forme.





La luce

Colore e luminosità, basi fondamentali di un'onda

È nei nostri momenti più bui che dobbiamo concentrarci per vedere la luce
(Aristotele Onassis)

Cominciamo subito con una domanda al volo

? Perché la luce del tramonto è rossa?

Uno dei momenti romantici e magici è sicuramente il tramonto e ti può far vedere qualcosa di molto importante per la luce. È a causa della **diffusione** che vediamo la luce del tramonto rossa, ma non solo: è anche il motivo per cui vediamo il cielo blu! La diffusione è quel processo per cui la luce che proviene da una sorgente viene deflessa verso altre direzioni a causa dell'urto con oggetti e particelle. Si distingue da altri fenomeni più "regolari" come la semplice riflessione, a causa del fatto che la diffusione avviene in tutte le direzioni spesso decise da fenomeni casuali. Il primo esempio cui pensare è proprio la luce del sole la quale, urtando con le particelle che compongono la nostra atmosfera, viene diffusa in tutte le direzioni. Quest'ultima, a causa della sua composizione chimica, diffonde meglio le frequenze vicine al blu.

* È a causa della chimica dell'aria che vediamo il cielo blu

La diffusione è anche il motivo per cui vediamo le nuvole bianche: le particelle d'acqua diffondono la luce in modo uniforme, senza nessun colore in particolare e in tutte le direzioni.

L'effetto Tyndall

L'effetto Tyndall è un fenomeno di dispersione della luce dovuto alla presenza di particelle, di dimensioni comparabili a quelle delle lunghezze d'onda della luce incidente. Abbiamo visto che in questi casi avviene il fenomeno della diffrazione. Questo fenomeno è il responsabile del fatto che nella nebbia si possono scorgere i raggi luminosi e anche di alcuni dei più suggestivi scenari fotografici che si presentano quando la luce del mattino filtra attraverso le chiome degli alberi creando un gioco di luci e ombre molto affascinante.

Qualcosa di molto comune e quotidiano può aiutare a capire il tramonto. Prendendo infatti una vasca sufficientemente lunga (sono necessari almeno 150 cm), riempiendola d'acqua e "macchiando" il tutto con un po' di latte, si ottiene un composto alquanto interessante. Basta puntare una torcia di taglio nella vasca, in modo da far compiere alla luce più strada possibile, per vedere come a mano a mano la luce diventa più rossastra. Così possiamo spiegare uno degli scenari più romantici possibili. Al tramonto il sole è basso sull'orizzonte e la luce, prima di arrivare sulle nostre teste, deve attraversare di taglio molta atmosfera. Come abbiamo visto, l'atmosfera tende a diffondere meglio la luce blu ma al tramonto la luce del sole non attraversa tutti gli strati dell'atmosfera come a mezzogiorno, o meglio non attraversa tutti gli strati dell'atmosfera nel punto geografico in cui ci troviamo mentre lo

osserviamo. Attraversa solo gli strati bassi dell'atmosfera i quali invece diffondono meglio la radiazione con una frequenza più bassa cioè quella associata ai colori rosso-arancio. Questo succede a causa sia della diversa composizione chimica dell'atmosfera sia della diversa dimensione delle molecole costituenti i vari strati. Di solito, i tramonti sono più rossi delle albe in quanto, grazie al movimento diurno delle masse d'aria, l'atmosfera serale è più ricca di queste particelle rispetto all'atmosfera mattutina.

Se fossi su una spiaggia, di giorno, tenderesti a mettere sempre gli occhiali da sole. Sulla neve ancora di più! Perché?

Beh, qui rispondere è facile ma stai attento. Si fa questo per evitare che la luce del sole entri negli occhi ma soprattutto per evitare che entri anche la luce che rimbalza da qualche parte e arriva nei nostri occhi. Si tratta di luce riflessa. La riflessione è forse il fenomeno più comune in cui ci si può imbattere e tutti noi lo sperimentiamo quanto ci guardiamo banalmente allo specchio.

[-> Vedi scheda "Il suono"]

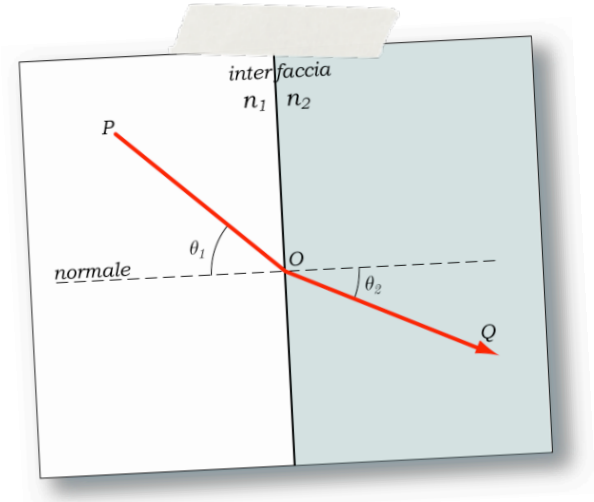
Ma ora concentriamoci su un aspetto con un nome simile ma molto diverso: la **rifrazione**. E con una domanda al volo.

Perché una cannuccia dentro un bicchiere pieno d'acqua ci appare spezzata?

Si sa, i surfisti sono un po' filosofi. E allora cominciamo anche noi a... prenderla con filosofia!
Secondo Cartesio, nessuna forma di conoscenza si sottrae al dubbio. Si deve dubitare della percezione sensibile poiché dà qualcosa di mutevole e ingannevole, non classificabile come conoscenza: il miraggio, l'illusione del bastone spezzato in acqua. Quando pensiamo, diceva il grande filosofo e matematico francese, non conosciamo le cose, ma le nostre idee sulle cose. Inoltre, nel momento in cui costruisco un ragionamento, anche in questo caso sono assalito dal dubbio: si potrebbe trattare di falsi ragionamenti o pseudo-ragionamenti. In entrambi i casi, siccome si possiedono le medesime conoscenze sia nei sogni sia nella veglia, non si può trovare un sicuro criterio di distinzione fra le une e le altre. Ci sono invece, conoscenze che sono vere sia nel sogno che nella veglia, cioè le conoscenze matematiche, per le quali ogni cosa è certa durante lo stato onirico che nella veglia.

Tra i fisici è esistito qualcuno che non solo ha risposto brillantemente e operativamente alle domande di sopra, ma ha anche trovato una formula per prevedere precisamente di quanti gradi un raggio luminoso viene deflesso. Si tratta di Willebrord Snell e (anche di Cartesio). In Italia è conosciuta solo come legge di Snell. Essa prescrive con certezza la deflessione nel passaggio da un mezzo all'altro in funzione semplicemente del rapporto tra gli indici di rifrazione, quantità proprie dei materiali in questione che fanno riferimento alla velocità della luce all'interno del materiale.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$



Già, la luce, anche se va di gran fretta (percorre circa 300.000 km in un secondo nel vuoto), non ha la stessa velocità in ogni circostanza.

✱ La velocità della luce dipende dal luogo in cui la luce sta passando.

All'interno dei materiali la luce rallenta e lo fa così "bruscamente", nel punto di interfaccia tra un materiale e l'altro, che viene deviata per... il colpo ricevuto.

La luce fa una pausa

Ecco le parole di chi ha compiuto un'impresa davvero straordinaria: fermare la luce.
"Il lavoro finale ha richiesto periodi di lavoro di 27 ore senza interruzioni. Il nostro obiettivo era quello di ridurre drasticamente la velocità della luce, che viaggia, nel vuoto, alla velocità di quasi 300.000 chilometri al secondo. I primi segni di rallentamento degli impulsi luminosi si sono manifestati nel marzo 1998. E come spesso accade in fisica sperimentale, il fatidico evento ha avuto luogo alle 4 del mattino. Sulle ali dell'entusiasmo, nel mese di luglio avevamo portato la luce alla velocità di un aereo di linea. Nel mese successivo, arrivati a un record di 60 chilometri all'ora, decidemmo che era venuto il momento di pubblicare i nostri risultati. L'anno scorso, finalmente, siamo riusciti a portare il nostro lavoro fino alla sua logica ma stupefacente conclusione: abbiamo fermato completamente un impulso luminoso all'interno di una minuscola nube di gas raffreddato vicino allo zero assoluto. Per breve tempo siamo riusciti a congelare, per così dire, gli impulsi e a rispedirli indietro sul loro cammino."

Nel caso della cannuccia, l'indice di rifrazione dell'aria vale 1,000294, mentre dell'acqua 1,33. Il loro rapporto è circa 0,7521 da cui, con la legge di Snell e, una volta noto l'angolo di entrata, si può ricavare l'angolo di uscita.

? Prova a fare altri calcoletti, ti aiuterebbe anche ad applicare la funzione "seno"!

Ingredienti luminosi

Preso atto che il contenuto di un bicchiere fa piegare i raggi luminosi, perché non usare questa proprietà? Detto fatto. Il rifrattometro è uno strumento che misura l'indice di rifrazione generalmente di un liquido ma esistono rifrattometri anche per gas e solidi. In questo modo è possibile misurare in modo "luminoso" la concentrazione di zucchero nei succhi di frutta o nel vino, il grado di umidità nel miele, e anche la purezza di bevande alcoliche, burro, olio e latte.

Legge di Ohm

Quando acqua e elettricità vanno d'accordo

Molti di quelli che possono sembrare segreti elettromagnetici si nascondono nella variazione temporale di un campo. Questo fenomeno, per quanto possa apparire esotico, lo abbiamo sotto il naso praticamente in ogni momento: la corrente elettrica.

✱ La corrente elettrica può presentarsi in due forme: continua o alternata.

Le due parole spiegano già bene la natura di questa correnti ma cerchiamo di capire meglio. Riguardo alla conduzione di corrente abbiamo

- Conduttori, come i metalli. Attraverso di essi la corrente elettrica passa senza problema.
- Isolanti, come plastica e ceramiche. Isolano dal passaggio di corrente.
- Semi-conduttori, importantissimi per la produzione degli onnipresenti microchip (ne hai sicuramente in tasca).

In questa scheda ci serviremo abbondantemente della **metafora idraulica**. Vuol dire che in alcuni casi, be' quasi tutti, puoi pensare che i cavi dove scorre la corrente sono come tubi dove scorre acqua. L'acqua parte da un punto ben preciso, fa "il giro" (che si chiama circuito) e poi torna al punto di partenza. Ci sono due quantità che identificano la corrente che passa dentro un circuito: **corrente** e **tensione**. E ora una domanda da un milione di dollari.

? Qual è la differenza tra corrente e tensione?

Questa domande trae in inganno anche i più esperti di elettricità, quindi occhi aperti!
Per rispondere a questa domanda, toccheremo uno dei più importanti capitoli dell'elettrotecnica, la legge di Ohm. Nel nostro modello idraulico abbiamo acqua che passa nei tubi. L'acqua può riempire l'intera sezione del tubo oppure no e passare nel tubo più o meno velocemente. Ecco, abbiamo individuato corrente e tensione. La corrente elettrica si misura in Ampere (simbolo A) e quantifica la quantità di trasportatori di carica. La velocità dell'acqua è qualcosa di assimilabile alla tensione elettrica che si misura in Volt (simbolo V). Identifica il salto di potenziale che la corrente compie ai due estremi, un po' come se ci fosse una cascata: più è alta, maggiore sarà l'energia che l'acqua avrà alla fine. Nel mezzo del circuito ci possono essere alcuni oggetti che usano questa energia per trasformarla, al solito, in qualcos'altro. Si tratta delle resistenze, un po' come se nel tragitto della cascata ci fossero delle pale che, messe in movimento, trasformano l'energia in qualcos'altro. Il passaggio dentro queste pale toglie un po' di energia all'acqua che cade: riprenderà a cadere un po' più lentamente. Importante è notare che, anche se il passaggio toglie un po' di velocità all'acqua, non toglie particelle di acqua al flusso. Nei circuiti avviene lo stesso. Ci possono essere delle resistenze, come una lampadina, che trasformano un po' del potenziale elettrico in luce (e calore) ma la quantità di elettroni non diminuisce. Quindi ai due capi di un circuito la corrente rimane sempre la stessa, mentre la tensione diminuisce. È quella che si chiama una caduta di potenziale:

$$V = R \cdot i$$

Questa è la famosa legge di Ohm; dice semplicemente che tensione, corrente e resistenza sono in proporzionalità diretta, quindi fare i calcoli è molto semplice.

L'altro tipo di corrente è quella alternata. Ma cosa viene alternato? Si tratta della tensione che passa da valori positivi a valori negativi. Questa pulsazione avviene molto rapidamente, per esempio la frequenza della corrente elettrica domestica è di 50 Hz, vuol dire che la corrente passa dal suo valore massimo a quello minimo 50 volte al secondo.

La pelle dell'elettricità

Sebbene si pensi che corrente elettrica vada d'accordo con i conduttori di grossa sezione, le cose non stanno così. La corrente alternata tende a distribuirsi in modo non uniforme dentro un conduttore preferendo gli strati esterni, la "pelle". Quindi diffidate di chi vuol vendervi cavi miracolosi con le fattezze di boa constrictor: se non c'è un serio progetto dietro saranno del tutto inutili. Il cuore dei conduttori non è simpatico alla corrente alternata ad alta frequenza, sarà per un fatto... di pelle.

Oggi la corrente alternata è quella più usata comunemente e i motivi sono molti. In primis i generatori di corrente, di ogni tipo, sfruttano l'induzione elettromagnetica che abbiamo intravisto per produrre energia elettrica a partire da quella meccanica (pale azionate dal vapore, idraulica) e la corrente che producono in questo modo è alternata. Inoltre alla corrente alternata si possono facilmente modificare i parametri di tensione e intensità di corrente (grazie a un trasformatore, come quello che usi per ricaricare il tuo cellulare). Con una di queste trasformazione (aumento di tensione) è possibile, per esempio, trasportare la corrente con minori perdite. Esistono comunque gli apparati per la trasformazione di una tipologia di corrente nell'altra a causa del fatto che alcune strumentazioni (o alcune parti di circuito) richiedono un solo tipo di corrente.

✱ **Raddrizzatore** trasforma la corrente alternata in continua, mentre **inverter** fa il contrario.

Cipolle per iPod

Sfruttando opportune relazione elettrochimiche, come sappiamo, è possibile ricaricare una batteria. C'è chi queste reazioni le ha interpretate a modo suo usando mezzi molto poco convenzionali. In rete c'è chi fa vedere come ricaricare un iPod con... una cipolla e del Gatorade! Non ci credi? Vai a dare una occhiata nel link qui sotto e poi provate anche voi!
-> http://www.youtube.com/watch?v=GfPJeDssBOM

All'interno dei circuiti a corrente alternata troviamo altri elementi oltre alle resistenze. Si tratta dei **condensatori** e delle **induttanze**. Non è questo il luogo per trattare questo ampio argomento; basti sapere che al posto della resistenza si può definire un'altra grandezza che si chiama impedenza che tiene conto dei tre contributi e tratta la cosa anche nel dominio del tempo.
In ultimo è interessante notare che la potenza effettiva della corrente, sia essa continua o alternata, si calcola a partire sia dalla tensione che dalla corrente. In effetti la potenza è proprio il prodotto di queste due quantità. Quindi quando si sente parlare di correnti elettriche a 10.000 Volt, non è detto che siano pericolose, mentre lo sono molto di più quelle anche a 100 Volt ma con un grande amperaggio. Questo è interessante anche per le unità di misura. Ecco la formula che, combinata con la legge di Ohm ci offre varie maniere per calcolare la potenza.

$$P = V \cdot i = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R} \qquad [W]$$

Super

Esiste una notevole eccezione alla legge di Ohm. Alcuni materiali, in alcune circostanze (tipicamente quando sono al di sotto della loro temperatura critica, che è comunque molto bassa) passano allo stato superconduttivo. Questo vuol dire che offrono resistenza zero al passaggio di corrente. Attenzione, non resistenza molto piccola ma zero, quindi un materiale che fosse mantenuto in stato superconduttivo farebbe circolare per sempre una corrente al suo interno. Al momento sono in fase di studio materiali ad alta temperatura critica che potrebbero trasportare la corrente senza nessuna perdita.