Ricerca di nuovi percorsi per la Fisica nelle scuole e nell’università

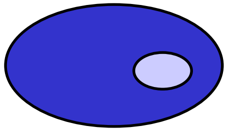
I prerequisiti sono:

Nozioni di base di algebra, manipolazione delle espressioni numeriche e letterali.

Nozioni base di Analisi Matematica, funzioni elementari, concetto di derivata e di integrale

Importanza del tempo nel comportamento degli organismi viventi.

La cellula



Tempi

10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{0} . . .	10^{16} s
fs	ps	ns	μs	ms	s	GY

moto di e-

moti termici

catalisi enzimi

confor. proteine

evoluzione

Il metodo sperimentale

Tutte le scienze naturali si basano sull'osservazione di come procedano i fenomeni che avvengono in natura

assumendo *a priori* il numero minimo di ipotesi

Letteralmente: la fisica è l'unica scienza naturale.

Ipotesi minime necessarie in fisica e nelle altre scienze naturali ***convenzionali***:

1) Causalità temporale (ogni evento dipende solo da quelli che lo precedono).

2) Lo spazio in cui si fanno le osservazioni è omogeneo ed isotropo (non ci sono a priori posizioni o direzioni speciali nello spazio).

3) Omogeneità del tempo (dal punto di vista di un'osservazione ogni istante di tempo è equivalente)

Misura di una grandezza fisica.

La misura (valore) di una grandezza (fisica) è sempre relativa:

1) Si definisce l’unità di misura in modo arbitrario (che poi rimane fisso)

2) Si determina il rapporto fra la grandezza fisica che si vuole misurare e l’unità di misura scelta.

Il processo è sempre soggetto ad errori detti sperimentali.

Le unità di misura devono essere scelte in modo convenzionale valido per tutti.

La loro definizione universale è un'operazione complessa che viene ***raffinata continuamente***.

Ad esempio il ***metro*** (unità di misura per le distanze) era definito, fino al 1960 con una barra di platino tenuta sempre a zero gradi centigradi (la sua lunghezza era stata scelta circa uguale ad 1/40.000.000 della circonferenza della Terra). Dal 1960 al 1983 era definito come 1.650.763,73 volte la lunghezza d'onda della luce gialla dell'isotopo 86 del kripton. Dal 1983 ad oggi esso è 1/299.792.458 lo spazio percorso dalla luce in 1 ***secondo*** (attenzione si deve definire prima il secondo).

Descrizione del Sistema Internazionale di Unità di misura. Accenno agli aspetti legali.

Introduzione agli errori sperimentali. Gli strumenti, gli errori, la loro propagazione, protocolli per la corretta presentazione dei dati sperimentali.

$$g = g_{letta} \pm \Delta g$$

Indica che la grandezza g ha valore che è compreso fra:

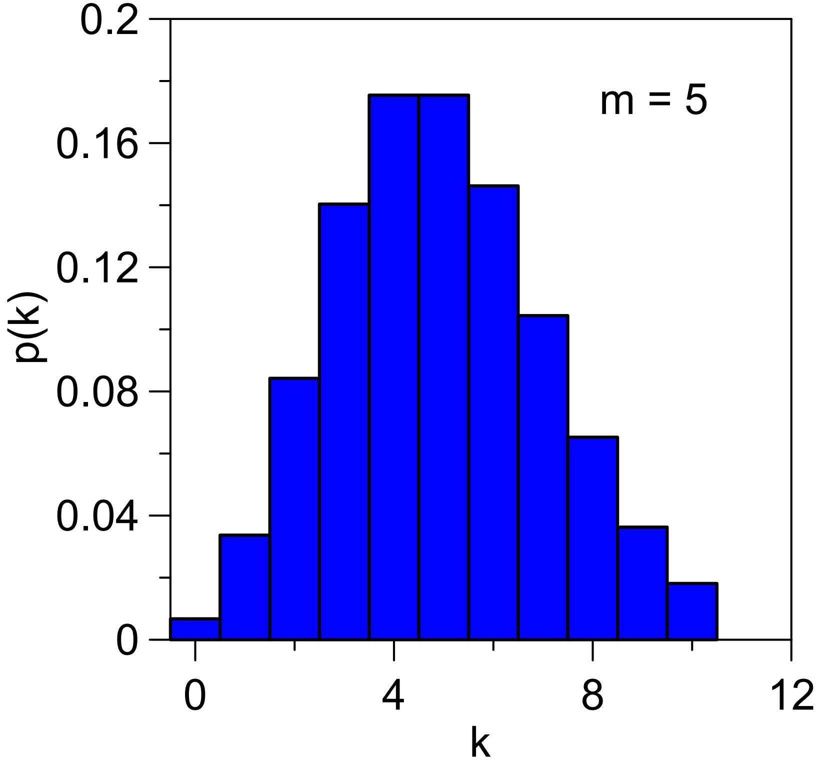
$$g_{letta} - \Delta g \ e \ g_{letta} + \Delta g$$

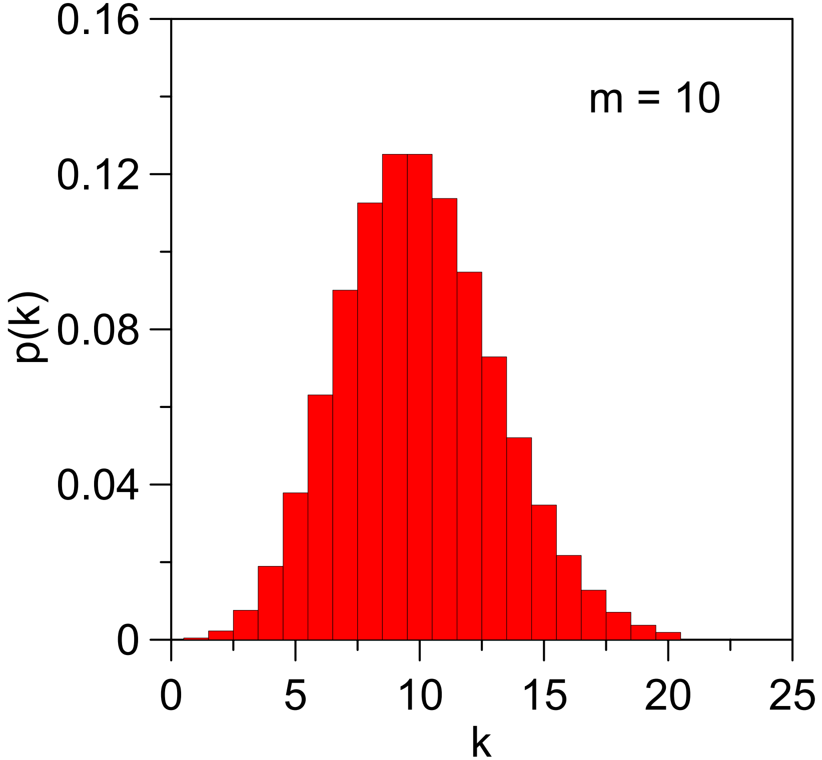
Errori di natura statistica, conteggi e processi casuali. Introduzione alla probabilità e distribuzioni.

Esempio: si vuole misurare il numero di globuli rossi nel sangue. Ovviamente non si misurano tutti, ma solo il numero per unità di volume, in un volume piccolo, adatto al microscopio. In ogni piccolo volume ***non*** si trova sempre lo ***stesso numero*** di globuli rossi.

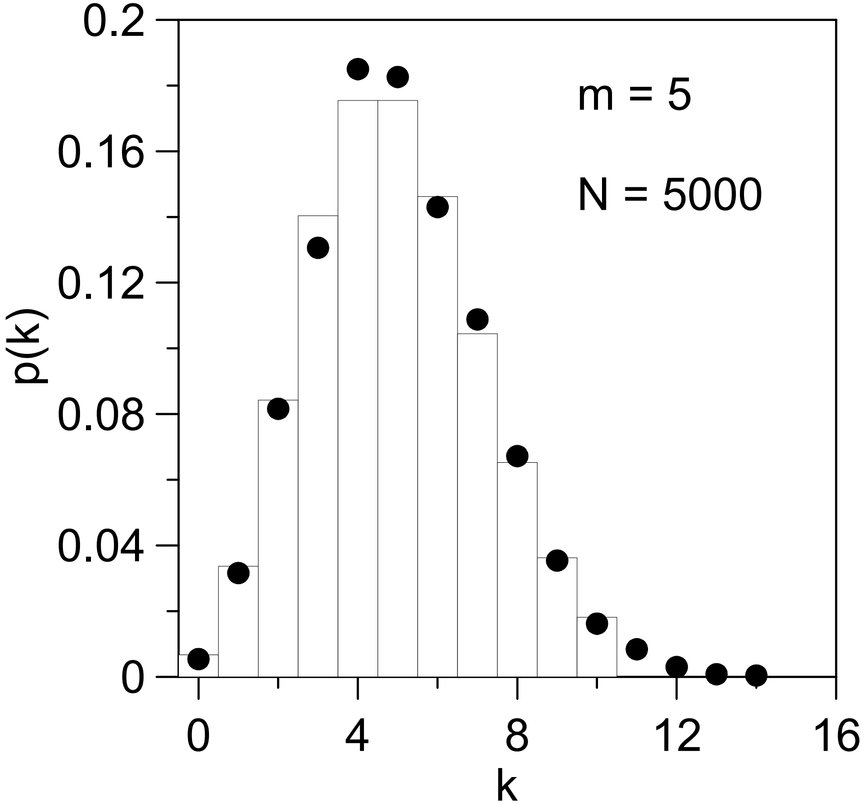
Nel conteggio dei globuli rossi nel sangue si parte dal fatto che siamo di fronte a numeri totali molto alti. Se si considera un volume di sangue dove ce ne siano solo una decina, la distribuzione del numero di globuli rossi per ogni volume uguale è una ***distribuzione di Poisson***.

Tipiche distribuzioni di Poisson.





Confronto fra la distribuzione di Poisson e un processo che deve seguire questa distribuzione.



Si misuri la velocità di un oggetto determinando la distanza tra due punti ed il tempo necessario a percorrere questa distanza.

$d = 5.000 \pm 0.002$ m

$t = 150 \pm 2$ ms

La velocità è quindi:

$v = 33.33\ldots$ m/s

$v_{min} = 4.998/0.152 = 32.881\ldots$ m/s

$v_{max} = 5.002/0.148 = 33.797\ldots$ m/s

L’errore viene quindi determinato sulla velocità a partire dal valore minimo e quello massimo.

$v - v_{min} = 0.452\ldots$ m/s $\quad v_{max} - v = 0.463\ldots$ m/s

Le due differenze sono praticamente uguali e possono rappresentare l’errore sulla grandezza derivata *v*.

$$v = 33.3 \pm 0.5 \text{ m/s}$$

Questa procedura si potrebbe applicare in ogni caso.

Caso 1). Si abbiano due grandezze, A e B che vengono misurate con il proprio errore ΔA e ΔB. Si abbia una terza grandezza G che sia funzione delle altre due e quindi sia una grandezza ***derivata***. L'errore su G è:

$$G = F(A, B)$$

$$\Delta G = \left|\frac{\partial F(A, B)}{\partial A}\right| \Delta A + \left|\frac{\partial F(A, B)}{\partial B}\right| \Delta B$$

Caso 2). Si abbiano due grandezze (aleatorie), A e B che vengono misurate con varianze ΔA^2 e ΔB^2. Si abbia una terza grandezza G che sia funzione delle altre due e quindi sia una grandezza ***derivata***. La varianza ΔG^2 di G è:

$$G = F(A, B)$$

$$\Delta G = \sqrt{\left(\frac{\partial F(A,B)}{\partial A}\Delta A\right)^2 + \left(\frac{\partial F(A,B)}{\partial B}\Delta B\right)^2}$$

Un caso particolare di applicazione della propagazione degli errori è la media di più misure. Si abbia la grandezza fluttuante dell’esempio precedente:

$$k = k_{mis} \pm \sqrt{k_{mis}}$$

se $k_{mis} = 4$, allora la radice della varianza é 2

Si effettuino *N* determinazioni di *k* e si calcoli la media e la varianza delle *N* determinazioni.

$$\langle k \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} k_i$$

La varianza di $\langle k \rangle$ é quindi

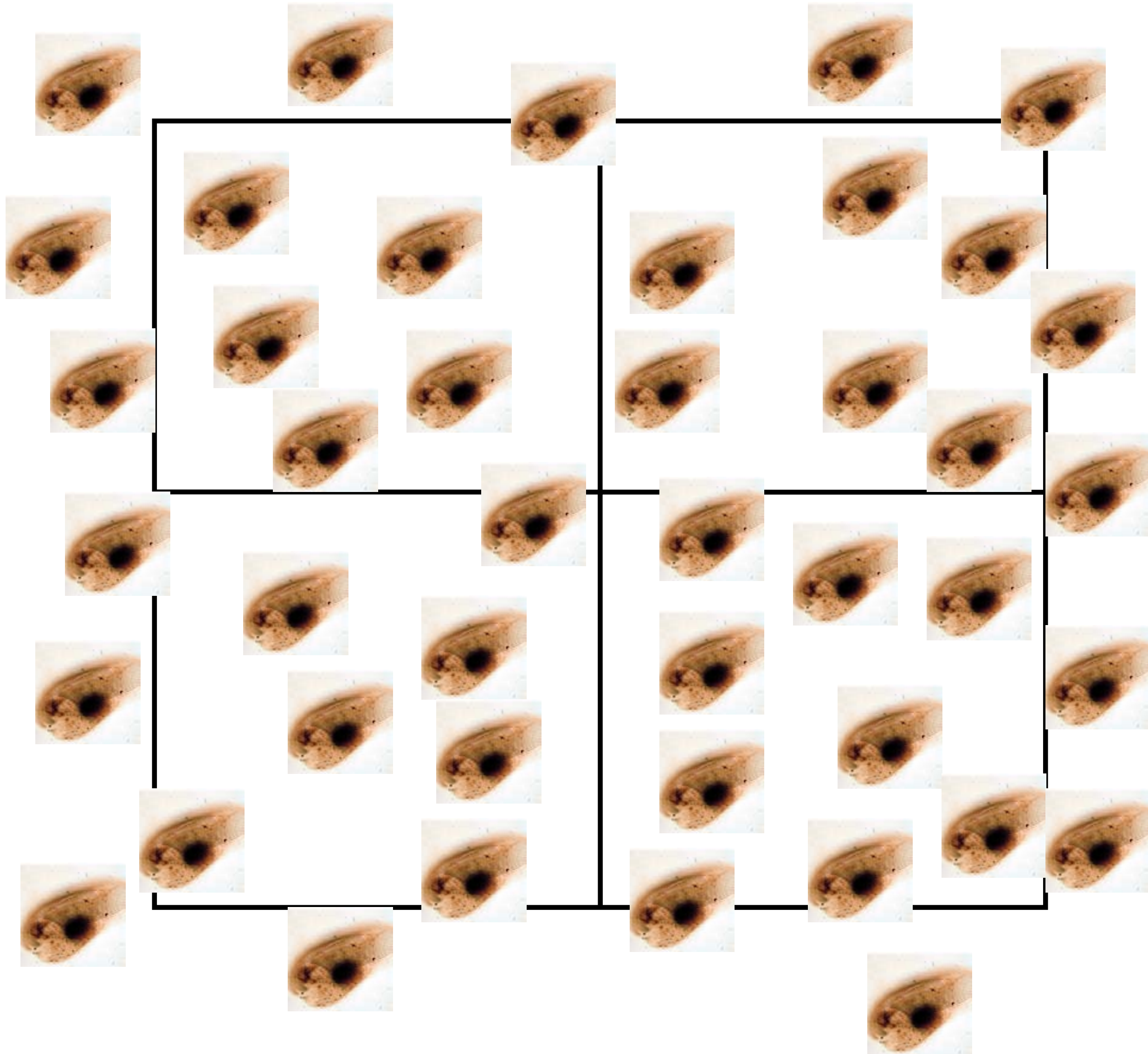
$$\sigma^2_{\langle k \rangle} = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{N} k_i = \frac{\langle k \rangle}{N}$$

La varianza della media risulta quindi minore della varianza di una singola determinazione. Infatti si ha:

$$\sqrt{\sigma^2_{\langle k \rangle}} = \sqrt{\frac{k}{N}}$$

Nell'esempio numerico precedente, se $N = 100$ si ha:

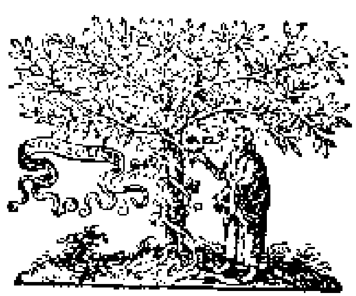
$$\sqrt{\sigma^2_{\langle k \rangle}} = 0.2 \text{ invece di } 2$$



Campo di Brooklynella – protozoo patogeno dei pesci

L’origine del metodo scietifico

DISCORSI
E
DIMOSTRAZIONI
MATEMATICHE,
intorno à due nuoue ſcienze
Attenenti alla
MECANICA & I MOVIMENTI LOCALI,
del Signor
GALILEO GALILEI LINCEO,
Filoſofo e Matematico primario del Sereniſſimo
Grand Duca di Toſcana.
Con una Appendice del centro di grauità d'alcuni Solidi.



IN LEIDA,
Appreſſo gli Elſevirii. M. D. C. XXXVIII.

eſſer più che i quadrati ſoli, dirò propoſizione veriſſima: non è così?

Simp. *Non ſi può dir altrimenti.*

Salu. *Interrogando io di poi, quanti ſiano i numeri quadrati, ſi può con verità riſpondere, loro eſſer tanti, quante ſono le proprie radici, avvenga che ogni quadrato hà la ſua radice, ogni radice il ſuo quadrato, nè quadrato alcuno hà più d'una ſola radice, nè radice alcuna più d'un quadrato ſolo.*

Simp. *Così ſtà.*

Salu. *Mà ſe io domanderò, quante ſiano le radici, non ſi può negare, che elle non ſiano, quante tutti i numeri, poiche non vi è numero alcuno che non ſia radice di qualche quadrato: E ſtante queſto converrà dire, che i numeri quadrati ſiano quanti tutti i numeri, poiche tanti ſono quante le lor radici, e radici ſon tutti i numeri: e pur da principio dicemmo tutti i numeri eſſer aſſai più, che tutti i quadrati, eſſendo la maggior parte non quadrati; e pur tuttavia ſi và la moltitudine dei quadrati ſempre con maggior proporzione diminuendo, quanto à maggior numeri ſi trapaſſa; perche ſino à cento vi ſono dieci quadrati, che è quanto à dire, la decima parte eſſer quadrati: in dieci mila ſolo la centeſima parte ſon quadrati: in un millione ſolo la milleſima, e pur nel numero infinito, ſe concepir lo poteſſimo, biſognerebbe dire tanti eſſere i quadrati, quanti tutti i numeri inſieme.*

Sagr. *Che dunque ſi hà da determinare in queſta occaſione?*

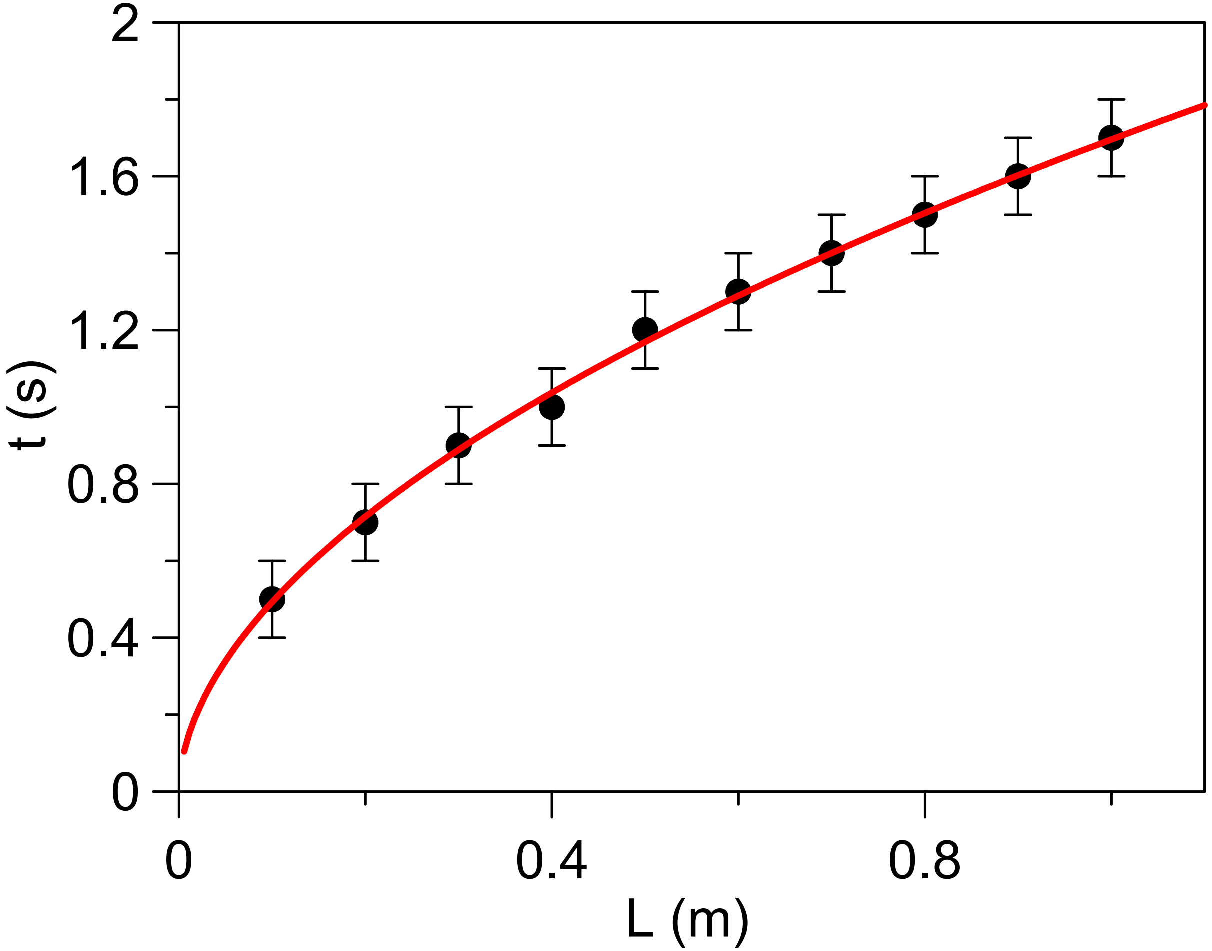
Salu. *Io non veggo che ad altra deciſione ſi poſſa venire, che à dire infiniti eſſere tutti i numeri, infiniti i quadrati, infinite le loro radici; nè la moltitudine de' quadrati eſſer minore di quella di tutti i numeri, nè queſta maggior di quella; & in ultima concluſione gli attributi di eguale, maggiore, e minore non haver luogo ne gl' infiniti, mà ſolo nelle quantità terminate. E però quando il S. Simp. mi propone più linee diſeguali, e mi domanda come poſſa eſſere, che nelle maggiori non ſiano più punti, che nelle minori, io gli riſpondo, che non ve ne ſono nè più nè manco, nè altrettanti; mà in*

E ciaſche-

L’esperimento di Galileo, moto dei punti materiali usando il metodo del piano inclinato, con un’inclinazione di 5 gradi e lungo 1 m. Si ottengono i risultati che seguono.

L (m) (± 0.01)	t (s) 0.1 kg (±0.1)	t (s) 0.3 kg (±0.1)
0.10	0.5	0.5
0.20	0.7	0.7
0.30	0.9	0.9
0.40	1.0	1.0
0.50	1.2	1.2
0.60	1.3	1.3
0.70	1.4	1.4
0.80	1.5	1.5
0.90	1.6	1.6
1.00	1.7	1.7

Si assume che i dati possano essere descritti da una relazione di tipo matematico.



$$L = (0.59 \pm 0.07)t^2$$

Velocità

Il concetto è intuitivo, tuttavia la sua definizione corretta è stata introdotta solo da Newton (1643-1727) intorno al 1670.

$$v = \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1}$$

$$v = \lim_{t_2 \to t_1} \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1} = \frac{dL}{dt}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$a = \lim_{t_2 \to t_1} \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{dv}{dt}$$

Usando i dati dell'esperimento del piano inclinato si ottiene:

$$L = (0.59 \pm 0.07)t^2$$

$$f(x) = x^n \;\; \text{allora} \;\; \frac{df}{dx} = nx^{n-1}$$

$$v = (0.59 \pm 0.07)(2t) = (1.18 \pm 0.14)t$$

Dal risultato precedente si conclude con un'importantissima osservazione:

$$a = \frac{dv}{dt} = (1.18 \pm 0.14)$$

Cioè l'accelerazione, nell'esperimento del piano inclinato,

è costante nel tempo.

Infatti il fatto che l’accelerazione sia costante in presenza di una forza costante, ci porta a ***assumere*** che: ***l’accelerazione è proporzionale alla forza agente sul corpo***. Questo concetto si esprime in modo formale come segue:

$$F = Ma$$

Si estende facilmente in tre dimensioni. Non è necessaria un’introduzione dei vettori e delle loro operazioni. La maggior parte dei fenomeni meccanici non necessita di una trattazione di questo tipo.

Per una corretta definizione delle forze si introduce in modo empirico la legge di Hooke (1635-1702) in una dimensione. Discutere la deformazione dei corpi per spiegare le reazioni vincolari in relazione alla statica dei corpi.

Discusse le forze si può introdurre la conservazione dell'energia come teorema. Si potrebbe accennare alla omogeneità del tempo e connettere questa alla conservazione dell'energia in generale:

equazione del moto, quindi conservazioni.

Forze conservative

$$F = -\frac{dV}{dx} \qquad \frac{1}{2}Mv^2 + V = costante$$

È opportuno notare che la conservazione dell'energia si scrive anche come:

$$\Delta T = -\Delta V$$

Dove ΔT è la variazione di energia cinetica e ΔV è la variazione di energia potenziale su un certo percorso.

La grandezza $-\Delta V$ è detta lavoro L effettuato lungo il percorso.

Nel caso unidimensionale il lavoro è dato da:

$$L = \int_{x_1}^{x_2} F dx$$

Si ha quindi la seguente conseguenza:

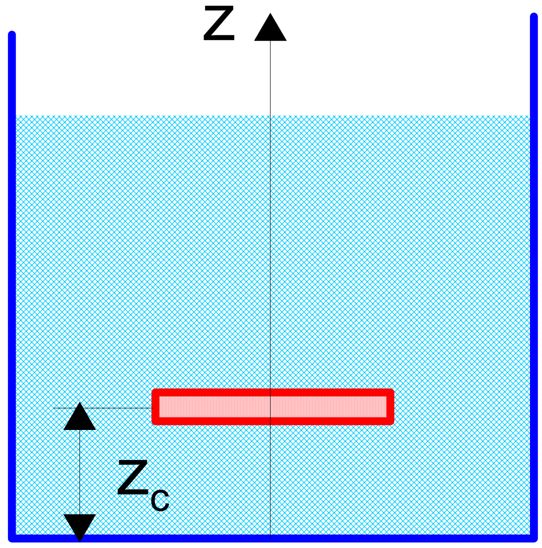
Per far variare l'energia cinetica di un corpo la ***forza deve compiere un lavoro***

dato dalle espressioni precedenti.

Introduzione alle forze non conservative, la dissipazione, le trasformazioni irreversibili, la freccia del tempo.

Esempi di moti periodici come mezzi per la misura del tempo, il pendolo ed il moto circolare uniforme. Conservazione del momento angolare.

Si possono considerare vari esempi nella statica dei corpi, esempio delle travi o altri dispositivi o sistemi biologici. Ad esempio i muscoli ed i loro ancoraggi sulle ossa e relativi movimenti e forze.



L'energia potenziale ed il principio di Archimede

Se V_0 è l'energia potenziale del fluido in assenza del corpo, con il corpo si ha:

$$V_{tot} = V_0 - M_f \, g \, z_c + M_c \, g \, z_c$$

M_f e M_c sono le masse del fluido e del corpo.

Usando la relazione fra forza ed energia potenziale ($F_c = - dV_{tot}/dz_c$) si vede che il corpo è soggetto ad una forza pari a:

$$F_c = M_f\, g - M_c\, g$$

Questa forza è positiva e quindi diretta verso l'alto se $M_f > M_c$.

Sfruttando la relazione fra densità e volume si ottiene:

$$F_c = (\rho_f - \rho_c)\, V_c\, g$$

Introduzione alla gravitazione e sua relazione con le leggi del moto

All'epoca di Newton il modello ***eliocentrico*** del sistema solare proposto dal Copernico sta sostituendo il modello geocentrico di Tolomeo (circa 85-165). Copernico aveva in precedenza stabilito 7 assiomi che erano alla base dei moti nel sistema solare (all'epoca di Copernico sono noti i moti dei pianeti fino a Saturno -6 pianeti- e della luna):

1. Non c’è centro nell’Universo (enunciazione di universo omogeneo).

2. Il centro della Terra non è il centro dell’Universo.

3. Il centro dell’Universo è vicino al Sole (è una contraddizione).

4. La distanza fra la Terra ed il Sole è impercettibile rispetto a quella fra il sole e le stelle.

5. La rotazione della Terra spiega la (***apparente***) rotazione giornaliera delle stelle.

6. Il ciclo (***apparente***) del Sole è dovuto alla rivoluzione della Terra attorno ad esso.

7. Il moto retrogrado (***apparente***) dei pianeti esterni è causato dalla rotazione della Terra dalla quale si osservano.

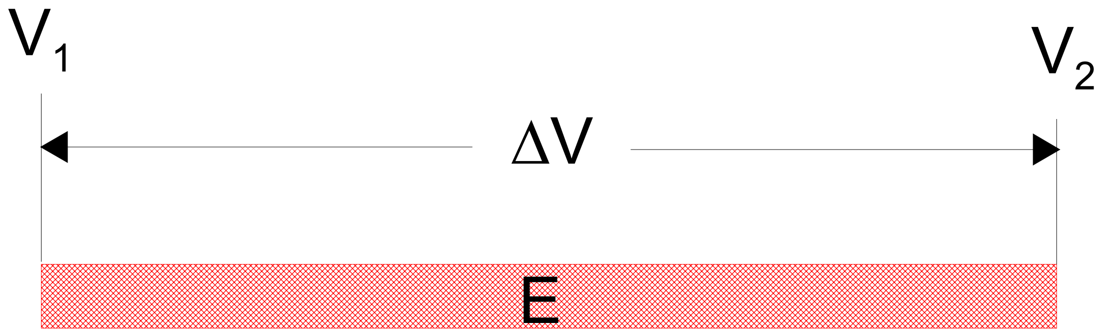
III legge di Keplero (1571-1630). Infatti, dati due pianeti si ha:

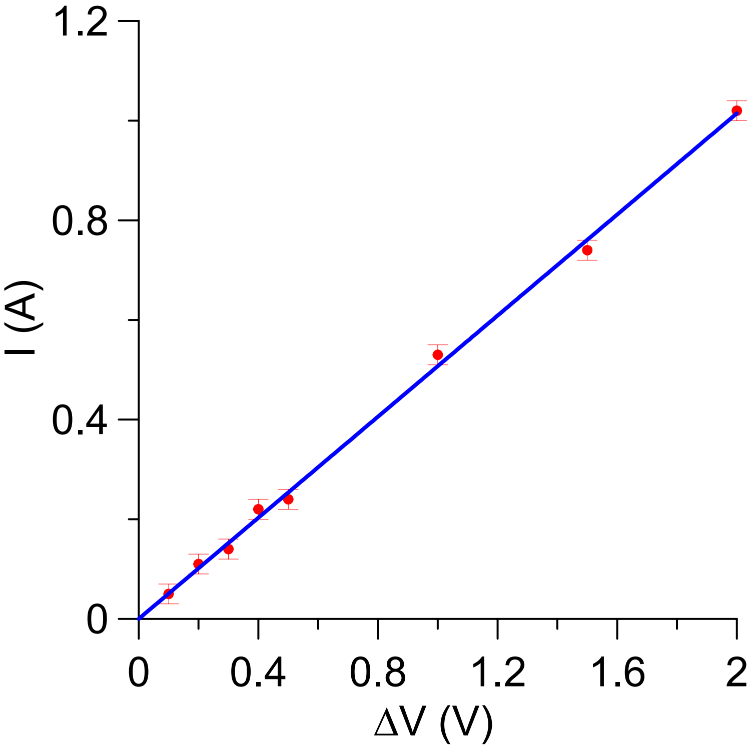
$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

Notare che le potenze che appaiono sono strettamente legate alla forza di gravità nella forma:

$$F = G\frac{M_1 \quad M_2}{r^2}$$

Stesso approccio per i fenomeni elettromagnetici. Si applica bene alla legge di Ohm, ad esempio:





Il tipico risultato di questo esperimento viene semplicemente rappresentato da una retta che passa per l'origine.

La legge di Ohm si esprime in forma algebrica nel seguente modo semplice:

$$\Delta V = R\,I \qquad I = C\,\Delta V$$

La grandezza *R* è la resistenza elettrica del conduttore, mentre la grandezza *C*, che è il suo reciproco ($C = 1/R$), è detta conducibilità o conduttanza elettrica del conduttore.

Se si considera il fatto che le cariche fluiscono continuamente nel conduttore c'è una continua variazione di energia. L'energia fornita alle cariche elettriche per unità di tempo (potenza) è data da:

$$W = I\Delta V = \frac{\Delta V^2}{R} = RI^2$$

È importante notare che l'energia che viene fornita alle cariche non si trasforma, all'interno del conduttore, in energia cinetica.

Infatti, se l’energia cinetica delle cariche aumentasse, aumenterebbe la loro velocità. Quindi o il flusso delle cariche aumenta lungo il circuito elettrico, oppure varia la loro densità. In ogni caso non potrebbe mantenersi costante la corrente. Quindi, per il primo principio della termodinamica,

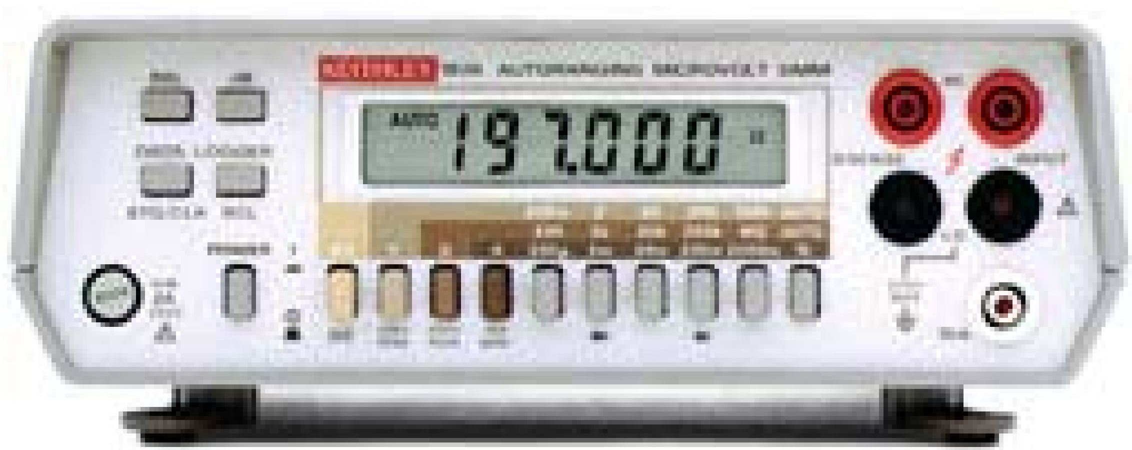
l’energia fornita alle cariche viene trasformata in calore.

Questo fenomeno è detto

Effetto Joule (James Prescott Joule 1818-1889)

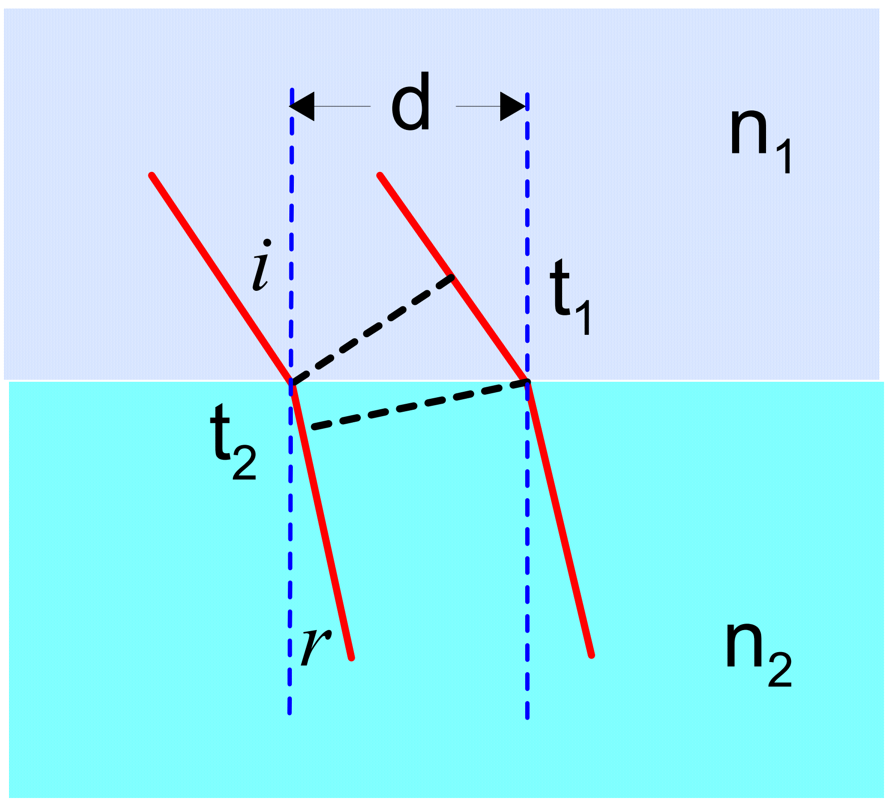
L'errore commesso da uno strumento digitale è legato alla lettura ed al numero di cifre. Ad esempio la lettura dello strumento indicato ha un errore di (secondo le informazioni del costruttore):

$$197.000 \times 0.003\% + 0.003 = 0.009$$



Multimetro digitale di prestazioni medio-alte (5½ cifre).

Il fenomeno della ***rifrazione***, studiato come fenomeno ondulatorio.



La luce si propaga dal mezzo 1 al mezzo 2, in modo che I tempi di percorrenza t_1 e t_2 siano uguali.

Il risultato si può esprimere con le seguenti relazioni:

$$t_1 = t_2 \qquad \frac{l_1}{v_1} = \frac{l_2}{v_2}$$

$$t_1 = dsin(i)\frac{n_1}{c} \qquad t_2 = dsin(r)\frac{n_2}{c}$$

$$\boxed{\frac{sin(i)}{sin(r)} = \frac{n_2}{n_1}}$$