# Note di Laboratorio

Massimiliano Virdis

# Indice

# 1 Introduzione

## 1.1 Premessa

Caro lettore,

questo testo contiene una breve guida alle attività di laboratorio secondo le necessità che si incontrano solitamente alle superiori. I temi affrontati sono: le misure, il calcolo e la propagazione degli errori, le indicazioni per la stesura di una relazione sull'attività svolta in laboratorio.

Queste indicazioni non sono sempre presenti nei testi scolastici: da qui l'esigenza di riunire in un unico fascicolo gli argomenti affrontati.

Spero che quanto riportato in quest'opera sia di vostro aiuto. Per migliorare quanto scritto e evidenziare qualsiasi errore non esitate a scrivermi.

*email: prof.virdis@tiscali.it*

## 1.2 Licenza e Copyright

# 2 Indicazioni per la relazione

## 2.1 Schema generale di relazione

- **Titolo** (dato dall'insegnante)
- **Cognome e nome**:...
- **Classe**:...
- **Esperienza N°**: ...
- **Data esecuzione**: ...
- **Componenti del gruppo**: ...
- **Cenni teorici**

  Tutti i riferimenti per comprendere il significato dell'esperimento e le formule usate. In particolare bisogna illustrare tutte le leggi fisiche a cui si farà riferimento nell'esperimento. Bisogna inoltre illustrare come da queste leggi deduciamo e ricaviamo la particolare relazione presa in esame.
- **Materiale utilizzato**

  Elenco; gli strumenti di misura devono riportare portata, sensibilità e accuratezza.
- **Montaggio dell'apparecchiatura**

  Descrizione a parole e disegno tecnico con indicazioni testuali.
- **Procedimento**

  Bisogna indicare in maniera sintetica, ma completa, come sono state ottenute le misurazioni oggetto dell'esperimento, in modo che anche un'altra persona possa ripetere le stesse misurazioni nelle stesse condizioni.
- **Dati sperimentali**

  Costanti, misure, tabelle.
- **Elaborazione dei dati sperimentali**

  Calcoli per le grandezze derivate, grafici dei dati speriementali, errori.
- **Conclusioni**

  Raggiungimento o no degli obiettivi, argomentando le possibili cause dell'eventuale insuccesso.
- **Osservazioni**

  Difficoltà incontrate, modifiche proposte ecc. .

### 2.1.1 Per le relazioni scritte a mano:

- Margini laterali della pagina 3 cm.
- Disegni ben visibili (a matita o penna).
- Penna solo nera o blu.

### 2.1.2 Per le relazioni al computer:

- Corpo testo: 12-14
- Interlinea proporzionale 110
- Font (uno solo) con grazie dappertutto o senza grazie nei titoli.
- Evitare colori nel testo.
- Grafici dal foglio elettronico o programma apposito.
- Montaggio delle apparecchiature disegnato anche a mano e scannerizzato nel testo.
- Le equazioni stampate e non scritte a mano.
- Margini della pagina 2,5 cm; laterale anche 3,0 cm.
- Numero di pagina in fondo alla pagina.
- Stampa firmata alla fine.

# 3 Strumenti di misura

## 3.1 Caratteristiche principali

- **Portata**

  *Il valore più grande della misura della grandezza che lo strumento può misurare.*

  Molti strumenti permettono di selezionare diverse portate. Se si ha un'idea della misura ottenibile è opportuno selezionare la portata *più piccola* immediatamente superiore alla misura da ottenere. Altrimenti partiamo dalla portata più grande disponibile, diminuendola fino al suo valore ottimale.

- **Sensibilità**

  *La più piccola variazione della misura della grandezza che lo strumento può rilevare.*

- **Accuratezza**

  *È il grado di concordanza tra le misure ottenibili e il valore vero della grandezza da misurare.*

- **Precisione**

  *È la capacità di fornire misure precise ovvero di fornire misure quanto più uguali tra loro quando la misurazione viene ripetuta.*

  Il termine precisione è quello più ambiguo tra quelli utilizzati per caratterizzare uno strumento di misura. Nel corso degli anni il suo significato è decisamente cambiato. Ancora oggi si tende ad attribuire alla precisione il significato proprio del termine accuratezza. Volendo essere ancora più ”precisi” potremmo parlare piuttosto di *ripetibilità* in riferimento al significato dato qui sopra alla parola precisione.

- **Fondo scala**

  *Il valore più grande della misura della grandezza che lo strumento può indicare.*

  Solitamente coincidente con la portata. Tuttavia lo strumento potrebbe poter misurare una grandezza la cui misura eccede la capacità di indicazione dello strumento.

In fisica esiste come riferimento piuttosto vincolante unicamente il Sistema Internazionale di unità di misura. Per quanto riguarda l'Italia le indicazioni del SI sono del tutto vincolanti in ambito commerciale e amministrativo, come indicato nel D.P.R. n°802 del 1982.

Esistono poi delle norme tecniche a cui si è invitati a uniformarsi. Il VIM costituisce una di queste norme, tradotte in italiano dall'UNI, col documento UNI CEI 70099. Questo è un ente privato italiano ed è il riferimento italiano fondamentale per le norme in campo industriale e tecnico. Una delle esigenze che portano a scrivere queste norme è avere un riferimento quanto più chiaro e non ambiguo. Anche il mondo della scienza fa riferimento a queste norme.

Tra le norme tecniche sono presenti anche le indicazioni di cosa siano le caratteristiche delle strumenti di misura indicati qui sopra. Queste norme sono estremamente precise e del tutto non ambigue, ma allo stesso tempo lunghe, elaborate e sofisticate. Nell'ambito scolastico non risultano di facile comprensione. Per questo motivo alcune di quelle qui riportate sono diverse, ma sempre avendo quelle come riferimento.

# 4 Relazione tra grandezze

## 4.1 Grandezze direttamente proporzionali

Due grandezze $X$ e $Y$ si dicono direttamente proporzionali se il loro rapporto è costante:

$$\frac{Y}{X} = k \tag{4.1}$$

Il grafico associato a queste due grandezze è una retta che passa per l'origine degli assi cartesiani. Il coefficiente angolare della retta (se gli assi hanno la stessa scala) è la costante di proporzionalità.

**Esempio**

La legge di Hooke mette in relazione la forza $F$ di richiamo di una molla con il suo allungamento $\Delta x$ per mezzo di una costante $k$ detta "costante elastica" della molla:

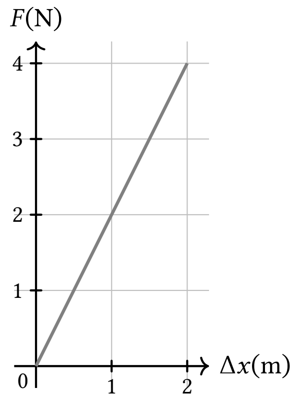
$$F = k\Delta x \tag{4.2}$$

In questa relazione il rapporto tra forza e allungamento, per una data molla, è costante:

$$\frac{F}{\Delta x} = k \tag{4.3}$$

La forza e l'allungamento sono due grandezze direttamente proporzionali.

In particolare, se $k = 2\,\mathrm{N/m}$, il grafico è:




## 4.2 Grandezze linearmente dipendenti

Due grandezze $X$ e $Y$ si dicono linearmente dipendenti se la loro relazione è descritta dall'equazione di una retta nel piano cartesiano:

$$Y = k \cdot X + q \tag{4.4}$$

Il grafico associato a queste due grandezze è appunto una retta che (in generale) non passa per l'origine degli assi cartesiani. Il coefficiente angolare della retta (se gli assi hanno la stessa scala) è la costante di proporzionalità. Questa relazione, se $q = 0$, si riduce alla proporzionalità diretta, che è un sottocaso della dipendenza lineare.

**Esempio**

La legge del moto di un corpo che si muove di moto rettilineo uniforme è:

$$x(t) = x_0 + vt \tag{4.5}$$

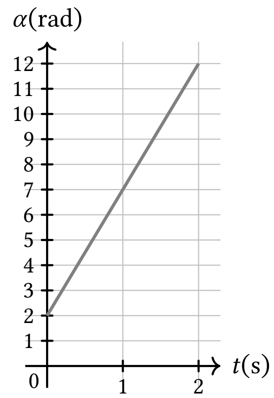
dove $x(t)$ è la posizione del corpo all'istante $t$, $x_0$ è la posizione del corpo all'istante $t = 0$ s, v la velocità (costante) del corpo. Questa relazione è proprio quella di una retta in cui la velocità è il coefficiente angolare. Osserviamo che il fatto che la legge sia lineare non vuol dire automaticamente che il moto avvenga su una retta.

Anche la legge che ci dà l'angolo $\alpha(t)$ sotteso ad un istante $t$ da un punto che si muove di moto circolare uniforme è una relazione lineare:

$$\alpha(t) = \omega t + \alpha_0 \tag{4.6}$$

dove $\omega$ è la velocità angolare e $\alpha_0$ l'angolo sotteso all'istante $t = 0$ s.

Se $\omega = 5$ rad/s e $\alpha_0 = 2$ rad il grafico associato è:




## 4.3 Grandezze inversamente proporzionali

Due grandezze $X$ e $Y$ si dicono inversamente proporzionali se il loro prodotto è costante:

$$Y \cdot X = k \tag{4.7}$$

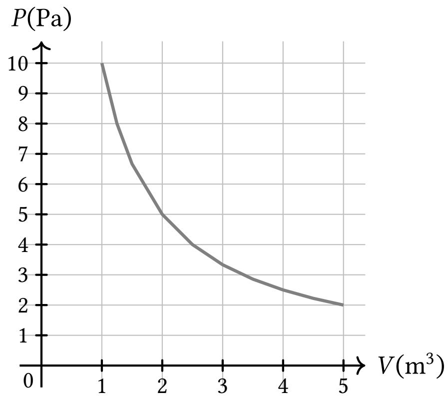
Il grafico associato a queste due grandezze è una ramo di iperbole equilatera.

**Esempio**

La legge di Boyle esprime una relazione tra pressione $P$ e volume $V$ di un gas quando la temperatura del gas è mantenuta costante.

$$PV = k \tag{4.8}$$

Se per esempio la costante (che è legata alla temperatura) vale 10 Nm il grafico è:




## 4.4 Proporzionalità quadratica

Due grandezze $X$ e $Y$ sono legate da una relazione di tipo quadratico quando una è direttamente proporzionale al quadrato dell'altra e quindi quando il rapporto tra una e il quadrato dell'altra è costante. Se:

$$y = a \cdot X^2 \tag{4.9}$$

Allora:

$$\frac{Y}{X^2} = a \tag{4.10}$$

Il grafico di due grandezze in proporzione quadratica è una parabola centrata nell'origine degli assi. La concavità è verso l'alto se la costante di proporzionalità è positiva, verso il basso se la costante è negativa.

**Esempio**

L'energia cinetica $E_c$ di un corpo è quadraticamente proporzionale alla sua velocità $v$.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \tag{4.11}$$

La costante di proporzionalità è $\frac{1}{2}m$, cioè la metà della massa del corpo.

# 5 Errori

## 5.1 Introduzione

Abbiamo una grandezza $G$ e la vogliamo misurare. Chiamiamo "*valore vero*" $x_v$ della grandezza la sua misura più corretta. Questa misura non è conoscibile se non approssimativamente. La sua valutazione e la valutazione dell'errore che stiamo commettendo nella misurazione è l'oggetto di questo capitolo.

Chiamiamo *errore assoluto* di una misura la differenza in modulo tra il valore vero della grandezza $x_v$ e il valore $x$ che abbiamo ottenuto:

$$\epsilon_a = \Delta x = |x_v - x| \tag{5.1}$$

Siccome non conosciamo il valore vero allora anche l'errore assoluto non è propriamente conoscibile.

Chiamiamo *errore relativo* di una misura il rapporto tra l'errore assoluto $\Delta x$ e il valore $x$ della grandezza.

$$\epsilon_r = \frac{\Delta x}{x} \tag{5.2}$$

La ragione di un errore può essere legata ad un errore che si ripresenta continuamente e allo stesso modo ogni volta che ripetiamo la misura della grandezza: questo è un *errore sistematico*. Oppure può variare tra una misura e l'altra, senza un'apparente ragione: questo è un *errore casuale*.

## 5.2 valutazione della misura

A questo punto si presenta la necessità di dare una valutazione della misura della nostra grandezza che sia quanto più vicina al valore vero.

Riportiamo qui di seguito varie soluzioni via via potenzialmente più accurate.

1. Prendiamo come valore base quello fornitoci dallo strumento.
2. Se non possiamo (o vogliamo) migliorare la qualità degli apparecchi utilizzati per ottenere la misura procediamo così: ripetiamo $n$ volte la misurazione ottenendo le misure $x_1$, $x_2$, ... ,$x_n$. Come miglior stima per la misura possiamo prendere la media aritmetica tra il valore più grande delle misure ottenute e la più piccola:
$$x_{best} = \frac{x_{max} + x_{min}}{2} \tag{5.3}$$
3. Ripetiamo la misura più volte come al punto precedente, ma prendiamo, come miglior stima per la misura, la media aritmetica di tutti i valore ottenuti:
$$x_{best} = \frac{x_1 + x_2 + ...x_n}{n} \tag{5.4}$$

## 5.3 valutazione dell'errore

Chiamiamo *incertezza* la stima dell'errore associato ad una misura. Come nel paragrafo precedente possiamo stimare l'errore con livelli successivi di accuratezza. Possiamo quindi procedere nell'ordine secondo quanto segue:

1. Come stima più semplice possiamo usare la sensibilità della strumento.
2. Come stima più accurata possiamo consultare le indicazioni dello strumento di misura. Qualsiasi apparecchio minimamente decente riporta l'errore massimo che si commette a fondo scala per una data portata.
3. Se abbiamo ripetuto la misura $n$ volte possiamo scegliere come incertezza quello che viene detto semiscarto:
$$\Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{2} \tag{5.5}$$
4. Se abbiamo ripetuto la misura $n$ volte possiamo utilizzare come stima dell'errore quella che è detta deviazione standard:
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \tag{5.6}$$
dove $\bar{x}$ è il valor medio delle misure cioè la media aritmetica delle $n$ misure:
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots x_n}{n} \tag{5.7}$$

## 5.4 Propagazione degli errori

Data due grandezze $A$ e $B$, con errore assoluto associato $\Delta A$ e $\Delta B$ allora la grandezza $C$, quando legata alle grandezze $A$ e $B$ secondo le seguenti relazioni, ha un errore associato:

| | |
|---|---|
| $C = A + B$ | $\Delta C = \Delta A + \Delta B$ |
| $C = A - B$ | $\Delta C = \Delta A + \Delta B$ |
| $C = A \cdot B$ | $\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$ |
| $C = \frac{A}{B}$ | $\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$ |
| $C = k \cdot A \; (k = cost.)$ | $\Delta C = k \cdot \Delta A$ |
| $C = A^n \; (n \in \mathbb{N})$ | $\frac{\Delta C}{C} = n \cdot \frac{\Delta A}{A}$ |

# 6 Esempi ed esercizi

## 6.1 Valor medio ed errore assoluto

**Esercizio 1** *Viene compiuta la misurazione dell'altezza di una palazzina con un distanziometro con una accuratezza di* 2 mm. *Facendo la misurazione per cinque volte si ottengono i seguenti risultati:*
15,453 m*;* 15,456 m*;* 15,454 m*;* 15,455 m*;* 15,455 m.

1. *Trova il valor medio della misura.*
2. *Trova l'errore massimo assoluto e l'errore assoluto associato al valor medio.*

Il valor medio delle misure date è definito come:

$$< x >= \sum_{i=1}^{N} \frac{x_i}{n} \tag{6.1}$$

Quindi in questo caso

$$< x >= \frac{15{,}453\,\mathrm{m} + 15{,}456\,\mathrm{m} + 15{,}454\,\mathrm{m} + 15{,}455\,\mathrm{m} + 15{,}455\,\mathrm{m}}{5} = 15{,}455\,\mathrm{m} \tag{6.2}$$

L'errore massimo assoluto può essere definito come la metà della sensibilità dello strumento di misura. In questo caso viene indicata l'accuratezza. Possiamo identificare questa con l'errore massimo assoluto perché l'accuratezza ci dice di quanto la misura data può scostarsi dal "valore vero" della grandezza. Quindi:

$$\epsilon_{maxa} = 2\,\mathrm{mm}. \tag{6.3}$$

L'errore assoluto è invece definito come:

$$\epsilon_a = \frac{V_{max} - V_{min}}{2} \tag{6.4}$$

Prendiamo il valore più grande e più piccolo ottenuti nelle nostre misure dell'altezza e otteniamo:

$$\epsilon_a = \frac{V_{max} - V_{min}}{2} = \frac{15{,}456\,\mathrm{m} - 15{,}453\,\mathrm{m}}{2} = 0{,}0015\,\mathrm{m} \tag{6.5}$$

Abbiamo indicato questo errore con due cifre significative perché la prima era un uno.

L'indicazione finale della nostra misura è:

$$x = 15{,}455 \pm 0{,}015\,\mathrm{m} \tag{6.6}$$

## 6.2 Errore assoluto di grandezze derivate

**Esercizio 2** *Viene compiuta la misurazione delle dimensioni di un campo rettangolare con un telemetro laser per il quale è indicata una accuratezza di* 2 cm.

*Facendo la misurazione per cinque volte si ottengono i seguenti risultati:*
*altezza:* 60,86 m*;* 60,85 m*;* 60,87 m*;* 60,87 m*;* 60,86 m.
*base:* 289,67 m*;* 289,67 m*;* 289,67 m*;* 289,67 m*;* 289,67 m.

1. *Trova il valor medio dell'altezza e della base.*
2. *Trova l'errore assoluto associato alle due grandezze.*
3. *Trova l'area e l'errore assoluto ad essa associato.*

Il valor medio dell'altezza è

$$< h >= \frac{60{,}86\,\mathrm{m} + 60{,}85\,\mathrm{m} + 60{,}87\,\mathrm{m} + 60{,}87\,\mathrm{m} + 60{,}86\,\mathrm{m}}{5} = 60{,}86\,\mathrm{m} \tag{6.7}$$

Il valor medio della base è:

$$< b >= \frac{289{,}67\,\mathrm{m} + 289{,}67\,\mathrm{m} + 289{,}67\,\mathrm{m} + 289{,}66\,\mathrm{m} + 289{,}68\,\mathrm{m}}{5} = 289{,}67\,\mathrm{m} \tag{6.8}$$

L'errore assoluto associato all'altezza vale:

$$\epsilon_a(h) = \frac{V_{max} - V_{min}}{2} = \frac{60{,}87\,\mathrm{m} - 60{,}85\,\mathrm{m}}{2} = 0{,}01\,\mathrm{m} \tag{6.9}$$

Quello associato alla base vale:

$$\epsilon_a(b) = \frac{V_{max} - V_{min}}{2} = \frac{289{,}68\,\mathrm{m} - 289{,}66\,\mathrm{m}}{2} = 0{,}01\,\mathrm{m} \tag{6.10}$$

L'area è data da:

$$A = b \cdot h = 289{,}67\,\mathrm{m} \cdot 60{,}86\,\mathrm{m} = 17689{,}3162\,\mathrm{m}^2 \tag{6.11}$$

Abbiamo riportato la misura dell'area con tutte le cifre date dalla calcolatrice usata per fare questi calcoli. Si pone il problema di decidere quante di queste cifre abbiano un significato oppure no. Una risposta ci viene trovando l'errore assoluto associato all'area.

Poiché l'area è data dal prodotto di due grandezze, l'errore relativo ad essa associato è la somma degli errori relativi delle due grandezze da cui si ottiene.

$$\epsilon_r(A) = \epsilon_r(b) + \epsilon_r(h) = \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta h}{h} \tag{6.12}$$

Da cui possiamo ricavare $\Delta A$:

$$\epsilon_a(A) = \Delta A = \left(\frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta h}{h}\right) A = \left(\frac{0{,}01\,\mathrm{m}}{289{,}67\,\mathrm{m}} + \frac{0{,}01\,\mathrm{m}}{60{,}86\,\mathrm{m}}\right) \cdot 17689{,}3162\,\mathrm{m}^2 = 3{,}52\,\mathrm{m}^2 \simeq 4\,\mathrm{m}^2 \tag{6.13}$$

Poiché ora conosciamo l'incertezza sulla misura dell'area possiamo appropriatamente arrotondarne il valore.

$$A = 17689 \pm 4\,\mathrm{m}^2 \tag{6.14}$$

**Esercizio 3** *Il calore necessario per scaldare una certa quantità di sostanza è dato dalla legge fondamentale della calorimetria:* $Q = mc\Delta t$.

*Sappiamo che:* $m = 30{,}0 \pm 0{,}1\,\mathrm{kg}$; $c = 4186 \pm 2\,\mathrm{J/(mol\,K)}$; $ti = 23{,}0 \pm 0{,}5\,^{\circ}\mathrm{C}$; $tf = 63 \pm 1\,^{\circ}\mathrm{C}$.

*Trova la quantità di calore Q e l'errore assoluto ad esso associato.*

Troviamo immediatamente quanto vale $Q$:

$$Q = mc\Delta t = 30{,}0\,\mathrm{kg} \cdot 4186\,\mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}} \cdot (63\,^{\circ}\mathrm{C} - 23{,}0\,^{\circ}\mathrm{C}) = 5023200\,\mathrm{J} \tag{6.15}$$

La grandezza $Q$ è data dal prodotto di tre fattori. Quindi, sapendo che l'errore relativo ad essa associato è la somma degli errori relativi delle tre grandezze da cui si ottiene, possiamo scrivere:

$$\epsilon_r(Q) = \epsilon_r(m) + \epsilon_r(c) + \epsilon_r(\Delta t) = \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} \tag{6.16}$$

I dati che ci vengono forniti ci danno immediatamente gli errori assoluti associati a $Q$, $m$ e $c$. Dobbiamo invece ricavare l'errore assoluto associato a $\Delta t$.

Ricordando che $\Delta t = t_f - t_i$. possiamo scrivere che:

$$\epsilon_a(\Delta t) = \Delta(\Delta t) = \Delta(t_f) + \Delta(t_i) = 1\,^{\circ}\mathrm{C} + 0{,}5\,^{\circ}\mathrm{C} = 1{,}5\,^{\circ}\mathrm{C} \tag{6.17}$$

ovvero che l'errore assoluto associato a $\Delta t$ è la somma degli errori assoluti associati a $T_f$ e $T_i$.

Infine possiamo scrivere:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t}\right) \tag{6.18}$$

$$\Delta Q = Q \cdot \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t}\right) = \tag{6.19}$$

$$5023200\,\mathrm{J} \cdot \left(\frac{0{,}1\,\mathrm{kg}}{30{,}0\,\mathrm{kg}} + \frac{2\,\mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}}{4186\,\mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}} + \frac{1{,}5\,^{\circ}\mathrm{C}}{40{,}0\,^{\circ}\mathrm{C}}\right) = 358210\,\mathrm{J} \simeq 4 \times 10^5\,\mathrm{J}$$

Per cui ora possiamo correttamente scrivere:

$$Q = 50 \pm 4 \times 10^5\,\mathrm{J} \tag{6.20}$$

# 7 Costruzione di un grafico

## 7.1 Realizzare i grafici a mano

Su un foglio a quadretti riporta il diagramma orario della seguente tabella.

| x(m) | t(s) |
|---|---|
| 21 | 7,5 |
| 63 | 9 |
| 97 | 13,5 |
| 123 | 18 |

Abbiamo una tabella con due variabili correlate: spazio e tempo. Tra queste il tempo è la variabile *indipendente* e lo spazio quella *dipendente* (dal tempo). In un grafico cartesiano solitamente l'asse delle ascisse è legato alla variabile indipendente e quello delle ordinate alla variabile dipendente.

Cominciamo col tracciare gli assi dando ad essi il nome della variabile che vogliamo rappresentare. Il nome dato all'asse, analogamente a quanto compare nella tabella, deve essere seguito dall'unità di misura usata scritta tra parentesi.

A questo punto vogliamo trovare l'opportuna scala di rappresentazione dei dati della tabella in modo da riempire completamente il grafico.

Partiamo dalle ascisse. Misuriamo la lunghezza in cm che va dall'origine degli assi a fondo scala. Se dividiamo questa misura per il valore più grande del tempo riportato in tabella troviamo a quanti cm deve corrispondere ogni secondo.

*Lunghezza dell'asse delle ascisse* = 15 cm. Valore più grande dei tempi = 18. Per cui:

$$\frac{15\,\mathrm{cm}}{18} = 0{,}8\,\mathrm{cm} \tag{7.1}$$

Allora possiamo scrivere che $0{,}8\,\mathrm{cm} \equiv 1\,\mathrm{s}$.

Non esiste una regola universale per stabilire quante tacche inserire su un asse del grafico: ci sono solo ragioni di opportunità estetica e funzionale. In questo caso potremo segnare 18 tacche scrivendo un numero per ogni tacca, ma verrebbe una grafica troppo pesante. Oppure possiamo segnare 18 tacche, ma riportare il numero solo una volta ogni cinque tacche. Nel grafico che segue segniamo una tacca e un numero ogni due unità.

Facciamo la stessa cosa per l'asse delle ordinate.

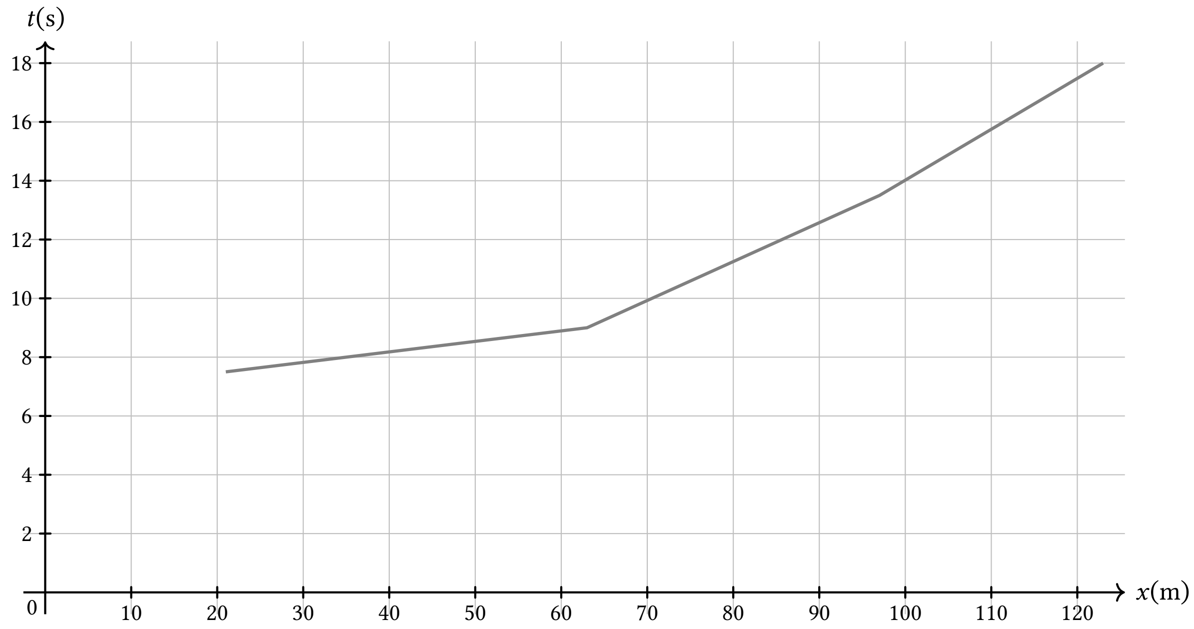
*Lunghezza dell'asse delle ordinate* = 7 cm. Valore più grande dello spazio = 123. Per cui:

$$\frac{7\,\mathrm{cm}}{123} = 0{,}08\,\mathrm{cm} \tag{7.2}$$

Allora possiamo scrivere che $0{,}08\,\mathrm{cm} \equiv 1\,\mathrm{m}$.

In questo caso risulta impossibile segnare 123 tacche, ma possiamo agevolmente segnare una tacca ogni 10 unità.

Infine congiungiamo ogni punto del grafico con il punto successivo attraverso un segmento.




## 7.2 Realizzare i grafici con Libreoffice

Per poter realizzare un grafico possiamo utilizzare il foglio elettronico del programma Libreoffice. Prendiamo quindi la tabella posta all'inizio di questo capitolo.

| x(m) | t(s) |
|---|---|
| 21 | 7,5 |
| 63 | 9 |
| 97 | 13,5 |
| 123 | 18 |

Inseriamo questi dati un una pagina di Libreoffice Calc, come qui di seguito mostrato:

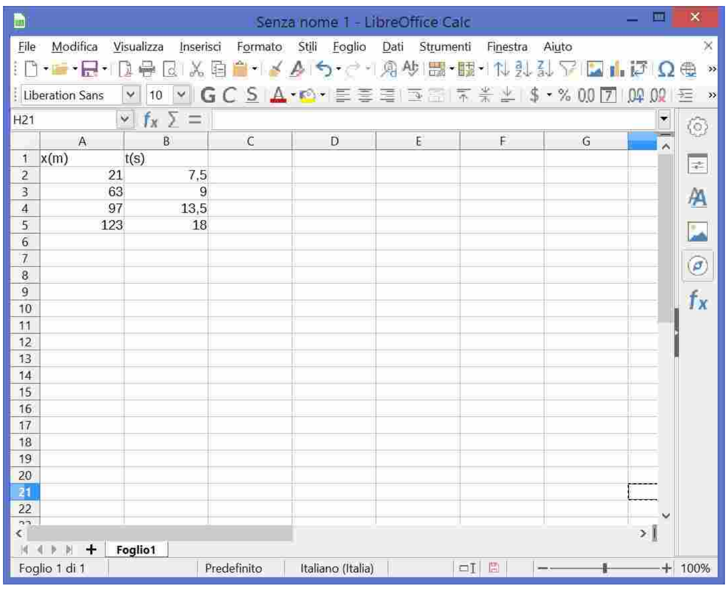



Figura 7.1: Libreoffice Calc

Selezioniamo le dieci celle inserite con il pulsante sinistro del mouse. Dal menù selezioniamo ”inserisci” e poi ”grafico”: compare il riquadro seguente:

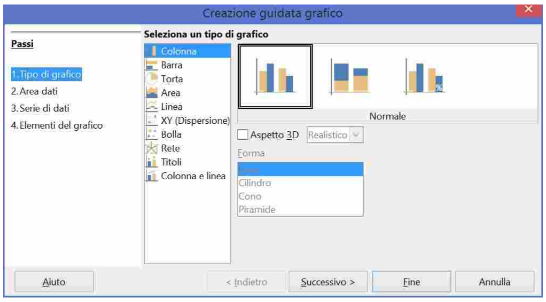
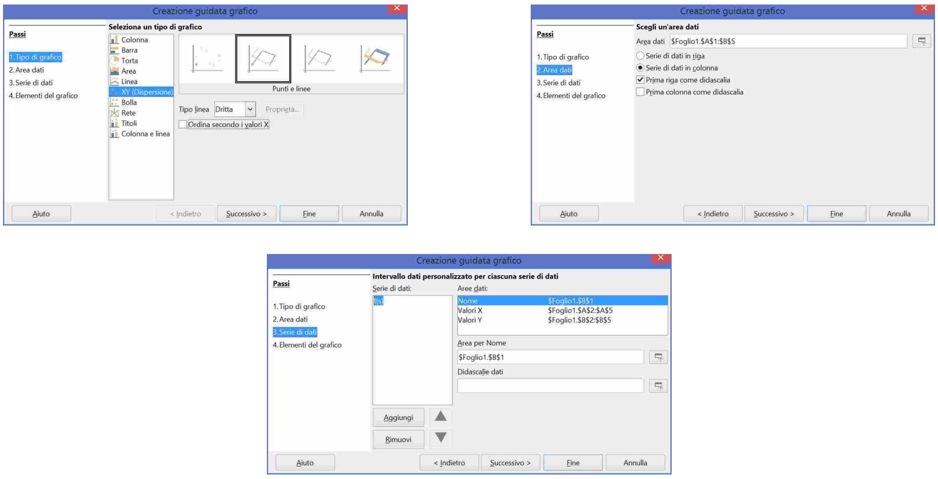



Figura 7.2: Inserisci grafico

Selezioniamo il grafico del tipo ”XY”, tipo di linea diritta e punti e linee; poi passiamo al terzo riquadro successivo:



L’ultimo riquadro è questo:

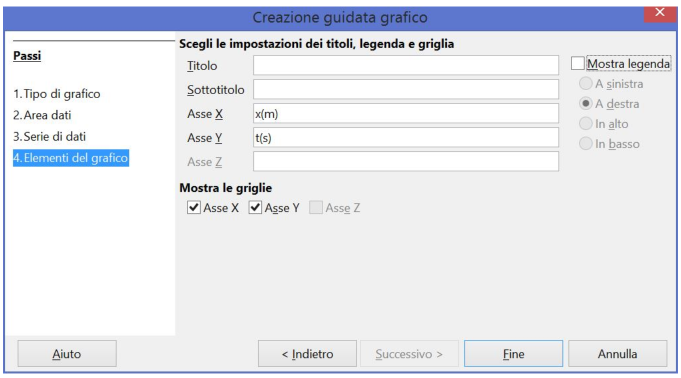
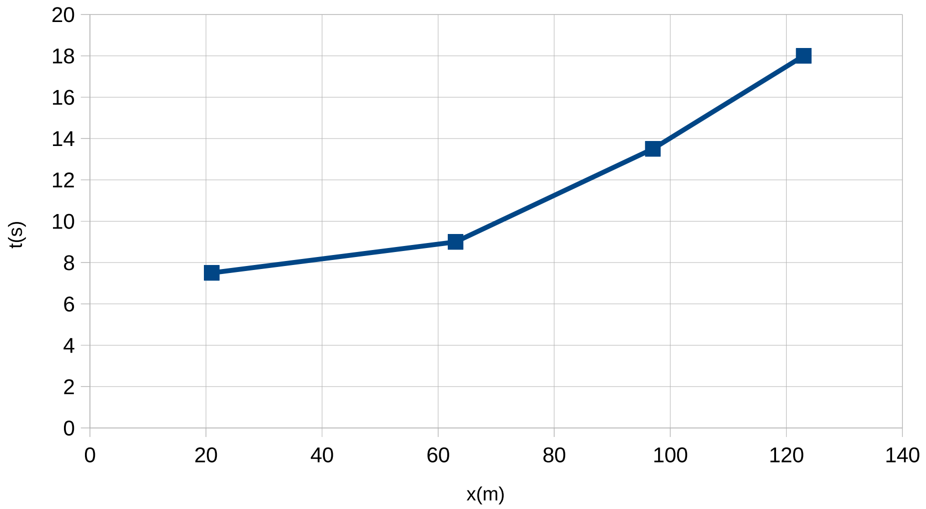



Figura 7.3: Inserisci grafico: riquadro finale

Selezioniamo le ”mostra le griglie” sull’asse x e y; scriviamo il nome da far comparire sull’asse delle x e delle y; non facciamo comparire la leggenda.

Infine otteniamo il grafico.




Per poterlo utilizzare lo possiamo esportare cliccando sul bordo con il tasto desto e selezionando salva col nome; oppure selezionando copia e incollandolo nel programma di videoscrittura.

# 8 Inoltre

## 8.1 Le regole di scrittura di Umberto Eco

- Evita le allitterazioni, anche se allettano gli allocchi.
- Non è che il congiuntivo va evitato, anzi, che lo si usa quando necessario.
- Evita le frasi fatte: è minestra riscaldata.
- Esprimiti siccome ti nutri.
- Non usare sigle commerciali & abbreviazioni etc.
- Ricorda (sempre) che la parentesi (anche quando pare indispensabile) interrompe il filo del discorso.
- Stai attento a non fare … indigestione di puntini di sospensione.
- Usa meno virgolette possibili: non è ”fine”.
- Non generalizzare mai.
- Le parole straniere non fanno affatto bon ton.
- Sii avaro di citazioni. Diceva giustamente Emerson: ”Odio le citazioni. Dimmi solo quello che sai tu.”
- I paragoni sono come le frasi fatte.
- Non essere ridondante; non ripetere due volte la stessa cosa; ripetere è superfluo (per ridondanza s’intende la spiegazione inutile di qualcosa che il lettore ha già capito).
- Solo gli stronzi usano parole volgari.
- Sii sempre più o meno specifico.
- L’iperbole è la più straordinaria delle tecniche espressive.
- Non fare frasi di una sola parola. Eliminale.
- Guardati dalle metafore troppo ardite: sono piume sulle scaglie di un serpente.
- Metti, le virgole, al posto giusto.
- Distingui tra la funzione del punto e virgola e quella dei due punti: anche se non è facile.
- Se non trovi l’espressione italiana adatta non ricorrere mai all’espressione dialettale: peso el tacòn del buso.
- Non usare metafore incongruenti anche se ti paiono ”cantare”: sono come un cigno che deraglia.
- C’è davvero bisogno di domande retoriche?

- Sii conciso, cerca di condensare i tuoi pensieri nel minor numero di parole possibile, evitando frasi lunghe — o spezzate da incisi che inevitabilmente confondono il lettore poco attento — affinché il tuo discorso non contribuisca a quell'inquinamento dell'informazione che è certamente (specie quando inutilmente farcito di precisazioni inutili, o almeno non indispensabili) una delle tragedie di questo nostro tempo dominato dal potere dei media.
- Gli accenti non debbono essere nè scorretti nè inutili, perchè chi lo fà sbaglia.
- Non si apostrofa un'articolo indeterminativo prima del sostantivo maschile.
- Non essere enfatico! Sii parco con gli esclamativi!
- Neppure i peggiori fans dei barbarismi pluralizzano i termini stranieri.
- Scrivi in modo esatto i nomi stranieri, come Beaudelaire, Roosewelt, Niezsche, e simili.
- Nomina direttamente autori e personaggi di cui parli, senza perifrasi. Così faceva il maggior scrittore lombardo del XIX secolo, l'autore del 5 maggio.
- All'inizio del discorso usa la captatio benevolentiae, per ingraziarti il lettore (ma forse siete così stupidi da non capire neppure quello che vi sto dicendo).
- Cura puntiliosamente l'ortograffia.
- Inutile dirti quanto sono stucchevoli le preterizioni.
- Non andare troppo sovente a capo.

  Almeno, non quando non serve.
- Non usare mai il plurale majestatis. Siamo convinti che faccia una pessima impressione.
- Non confondere la causa con l'effetto: saresti in errore e dunque avresti sbagliato.
- Non costruire frasi in cui la conclusione non segua logicamente dalle premesse: se tutti facessero così, allora le premesse conseguirebbero dalle conclusioni.
- Non indulgere ad arcaismi, hapax legomena o altri lessemi inusitati, nonché deep structures rizomatiche che, per quanto ti appaiano come altrettante epifanie della differenza grammatologica e inviti alla deriva decostruttiva – ma peggio ancora sarebbe se risultassero eccepibili allo scrutinio di chi legga con acribia ecdotica – eccedano comunque le competenze cognitive del destinatario.
- Non devi essere prolisso, ma neppure devi dire meno di quello che.
- Una frase compiuta deve avere.

  (da "La bustina di Minerva", Bompiani)

# A Come scrivere equazioni in Libreoffice

Quando si scrive una relazione con un word processor, con Libreoffice così come con Office, uno degli aspetti più problematici è la scrittura delle equazioni. In Libreoffice esiste un editor di equazioni che è adatto ad un uso solo occasionale: la qualità della stampa è solo sufficiente e non esiste una gestione unificata di tutte le equazioni che compaiono in un documento.

Lo strumento per eccellenza per scrivere delle equazioni o più in generale per la scrittura di espressioni matematiche è il linguaggio per la produzione di testi detto LaTeX. Esiste un modo abbastanza semplice per scrivere formule in un documento Libreoffice usando codice Latex.

## A.1 Preparazione del software necessario

Strumenti necessari:

1. Distribuzione base di LaTeX: miktex
2. Libreoffice
3. estensione per Libreoffice: TexMaths

Per usare LaTeX ci vuole un pacchetto che comprenda tutta una serie di programmi. Non è necessario conoscere i particolari di questi pacchetti. Basti sapere che uno dei più diffusi per ambiente Windows è Miktex. Lo si può scaricare in versione base dal sito https://miktex.org/ cercando dell'area download. Questo pacchetto va installato prima dell'estensione per Libreoffice. Per l'installazione basta eseguire l'eseguibile scaricato con le impostazioni di default.

L'estensione per Libreoffice si può scaricare dal sito http://roland65.free.fr/texmaths/. Una volta scaricato dall'area download va aperto con Libreoffice. Libreoffice chiederà se vogliamo installarlo: accettiamo e ci dirà di riavviare il programma. Una volta riavviato Libreoffice ci verrà chiesto nuovamente di installare l'estensione: diciamo di no.

## A.2 Usare TexMaths

L'installazione di TexMaths fa comparire in Libreoffice, in alto a destra, queste nuove icone:

Le quattro icone, da sinistra verso destra, hanno questa funzione:

1. La prima serve per inserire una formula non numerata, cioè senza che compaia di fianco ad essa un numero d'ordine relativo al documento in cui è inserita.
2. La seconda serve per inserire una formula numerata.
3. La terza serve per configurare TexMaths. In particolare il path in essa indicato dovrebbe essere automaticamente adattato al pacchetto Miktek. precedentemente installato.

4. L'ultima icona ricompila tutte le formule inserite.

# Bibliografia


[1] Özge Aksın et al. «Effect of immobilization on catalytic characteristics of saturated Pd-N-heterocyclic carbenes in Mizoroki-Heck reactions». In: 691.13 (2006), pp. 3027–3036.

[2] BIPM et al. *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)*. 3rd. 2012.

# Indice analitico