Fisica, Elementi di Informatica e Laboratorio

a.a. 2009/2010 gr. 5

Introduzione al Laboratorio

Misure in Fisica

Misura = insieme di procedimenti e convenzioni che associano con una grandezza fisica un valore numerico e un'unità di misura

Definizione Operativa di una grandezza fisica:
la grandezza fisica viene definita mediante la descrizione delle operazioni da compiere per misurare la grandezza in questione.

Esempi: tempo – misura con l'orologio
spazio – misura di distanze col metro

Errori di Misura e Sensibilità

Il risultato di una misura non coincide mai col valore perfetto della grandezza fisicha, ma è formato dalla stima migliore del valore perfetto mediante un numero rationale e una stima dell'incertezza.

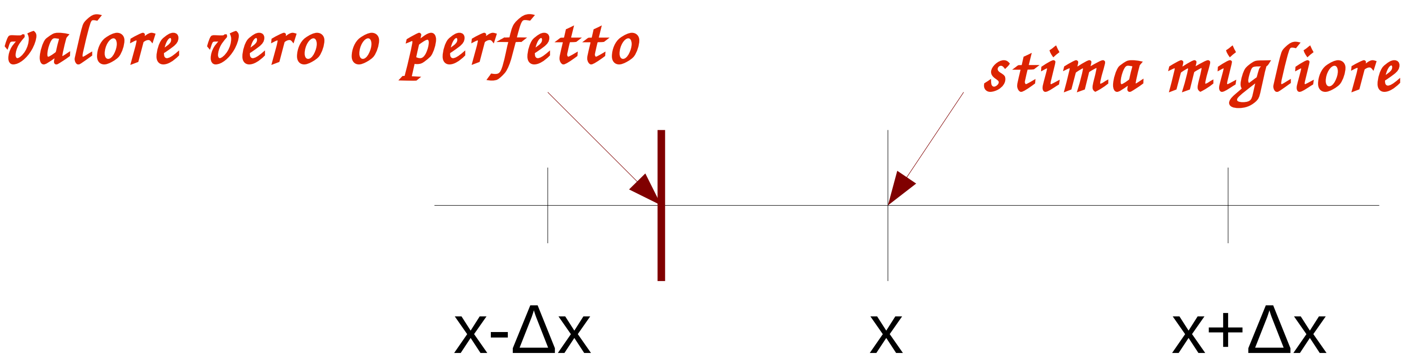
$$x \pm \Delta x$$

Δx : “errore assoluto”

$\frac{\Delta x}{x}$: “errore relativo”

Il valore vero della grandezza è ragionevolmente compreso nell'intervallo

$$[x - \Delta x \; , \; x + \Delta x]$$



Errori di Misura e Sensibilità

Per una singola misura

x = valore misurato

Δx = sensibilità dello strumento = unità di misura più piccola possibile ➡ Errore massimo

Esempio: misura delle lunghezze dei lati di una pagina A4

1) Strumento: nastro con divisione a 1cm
   Risultato: a = (30±1)cm, b= (22±1)cm

2) Strumento: metro con divisione a 1 mm
   Risultato: a = (29,7±0,1)cm, b= (21,5±0,1)cm

L'uso delle Cifre Significative

Il valore numerico di una grandezze misurata si esprime usando solo le cifre significative

= cifre note con certezza + 1 cifra incerta (affetto da errore)

Nella notazione semplice, le cifre significative sono tutte le cifre esclusi gli zeri iniziali:

1,70 m: 3 cifre

2,1 m: 2 cifre

0,003 s: 1 cifra

500 g: che facciamo se solo 1 o 2 cifre sono significative?

Nella notazione scientifica, tutte le cifre sono significative:

$3 \cdot 10^{-3}$ s: 1 cifra

$5{,}0 \cdot 10^{2}$ g: 2 cifre

L'uso delle Cifre Significative

Per la singola misura, l'incertezza (sensibilità) ha solo 1 cifra, che corrisponde all'ultima cifra significativa della stima migliore:

giusto	*sbagliato*
(2,50 ± 0,02) m	(2,5 ± 0,02) m
(37,0 ± 0,5) °C	(37,00 ± 0,5) °C
$(3{,}2 \pm 0{,}3)\cdot 10^2$ s	(316 ± 27) s

Sarebbe ammesso per errori statistici (da misure multiple)

Il Calcolo con Cifre Significative

Regola principale: il numero di cifre significative del risultato deve corrispondere a quello dei dati

Esempio: Calcolare l'area di un quadrato con lati di 2,5 cm.

$$A = a^2 = (2,5\ cm)^2 = 6,25\ cm^2 \approx \underline{6,2\ cm}^2$$

Per addizione e sottrazione: esprimere il risultato come se il risultato fosse ottenuto solo dalle cifre significative dei dati

$$\begin{array}{r} 24,5 \\ +\ 3,67 \\ \hline =\ 28,17 \\ \approx \underline{28,2} \end{array} \qquad \begin{array}{r} 21 \\ +\ 0,3 \\ \hline =\ 21,3 \\ \approx \underline{21} \end{array}$$

Cifra non significativa (arrotondare)

Il Calcolo con Cifre Significative

Per moltiplicazione e divisione: Il numero delle cifre significative è uguale al minor numero di cifre significative dei dati

5,39 x 4,7 = 25,333 ≈ 25

Esercizi:

1) Calcolare l'area e il perimetro di una stanza rettangolare lunga 4,63 m e larga 2,4 m.

2) Calcolare la velocità media di un ciclista che percorre 112 km in 2 h 47 min e 20 s.

La Propagazione degli Errori

Quando le grandezze fisiche vengono calcolate a partire da altre grandezze misurate, l'incertezza sulle grandezze misurate determina quelle sulle grandezze calcolate, secondo delle regole ben precise

Addizione e Sottrazione: si sommano gli errori assoluti

$$\boxed{\begin{array}{c} (a \pm \Delta a) + (b \pm \Delta b) = (a + b) \pm (\Delta a + \Delta b) \\ \\ (a \pm \Delta a) - (b \pm \Delta b) = (a - b) \pm (\Delta a + \Delta b) \end{array}}$$

$$\begin{array}{r} 2{,}3 \pm 0{,}2 \\ + \; 4{,}5 \pm 0{,}1 \\ \hline = 6{,}8 \pm 0{,}3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 35{,}6 \;\; \pm 0{,}3 \\ - \; 2{,}34 \pm 0{,}05 \\ \hline = 33{,}26 \pm 0{,}35 \\ \approx \underline{33{,}3 \;\; \pm 0{,}4} \end{array}$$

La Propagazione degli Errori

Moltiplicazione e Divisione: Si sommano gli errori relativi

$$(a \pm \Delta a)\,(b \pm \Delta b) = a\,(1 \pm \Delta a/a)\; b\,(1 \pm \Delta b/b) = (ab)\,[1 \pm (\Delta a/a + \Delta b/b)]$$

Se $c = ab$ o $c = a/b$: $\Delta c/c = \Delta a/a + \Delta b/b$

Esercizi:

1) Si calcola l'area di un disco di diametro $(2{,}4 \pm 0{,}2)$ m.

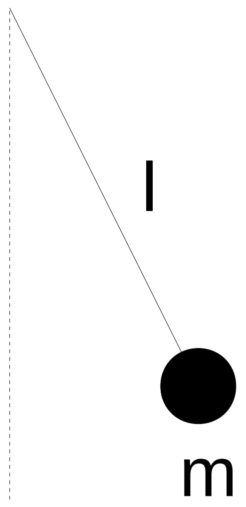
2) Si calcola la larghezza di un rettangolo lungo $(2{,}10 \pm 0{,}05)$ m con un'area di $(3{,}6 \pm 0{,}1)$ m^2.

Facciamo un'esperimento

Periodo di oscillazione del pendolo semplice

Oggetto: Verifica della relazione **$T^2 \sim l$** *tra il periodo di oscillazione* **T** *e la lunghezza* **l** *del pendolo e determinazione della accelerazione gravitazionale,* **g**.

Cenni teorici: Un pendolo semplice, in forma idealizzata, è formato da un punto di massa **m** *appesa con un filo senza massa, di lunghezza* **l***, da un punto di spospensione. La massa può oscillare intorno alla linea verticale sotto il punto di sospensione. Per piccoli angoli, tale oscillazioni sono armoniche, cioé*



$$\phi(t)=\phi_0\cos(\omega t)$$

dove φ_0 è l'ampiezza dell'oscillazione, e ω la frequenza circolare.
Se g è l'accelerazione gravitazionale, ω è data dalla relazione

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Questo implica che il periodo dell'oscillazione T è

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

Perciò, T^2 risulta proporzionale a l, e dal coefficiente di proporzionalità si può dedurre g.
Si nota che questa formula è valida, se le oscillazioni sono armoniche, cioé solo per piccoli angoli d'oscillazione.

Strumenti: - filo leggero e oggetto metallico per realizzare il pendolo
- un metro
- un'orologio a polso

Metodi: Bisogna misurare i tempi di oscillazione per varie lunghezze del pendolo. Appendiamo l'oggetto metallico con il filo e misuriamo la distanza tra il punto di sospensione ed il centro di massa dell'oggetto. Per evitare errori di misura troppo grandi, misuriamo il tempo necessario per compiere N = 100 (o 50) oscillazioni (di piccola ampiezza). Il tutto viene ripetuto per almeno 3 lunghezze diverse.

Per la verifica della legge **$T^2 \sim l$** controlliamo, se i punti in un grafico **$T^2 - l$** corrispondenti alle varie misure formano una retta. Se si, si usa la **regressione lineare** per determinare la pendenza, dalla quale segue l'accelerazione gravitazionale.

Dati:

l /cm	N	T_N /s

Δl =

ΔT_N =

Note:

Fin qui, la relazione fa parte della preparazione al laboratorio, cioé si prepara prima di esegure l'esperimento.

Facendo l'esperimento, si inseriscono i dati e si segnano tutti i dettagli che potrebbero essere d'interesse per la discussione (errori, anomalie, parametri).

Dopo l'esecuzione dell'esperimento si prosegue con:

Calcoli: ... (worksheet Excel) ...

Risultati e Discussione: ...