

ESERCIZI

DOMANDE SUI CONCETTI

1 Un orologio atomico compie un errore di un secondo ogni milione di anni.

► Calcola l'anticipo, o il ritardo, di un simile orologio che avesse cominciato a funzionare quando ha avuto origine il Sistema Solare.

2 Completa la tabella con tre strumenti di uso quotidiano.

Nome strumento	A = Analogico	D = Digitale	Portata	Sensibilità

3 Completa la tabella.

Strumento	A = Analogico D = Digitale	Portata	Sensibilità
Bilancia pesapersone	A, D		
Orologio del telefono	D		
Righello	A		
Contatore del gas	D		
Metro da sarta			
Cronometro			
Tachimetro del motorino			
Termometro a mercurio			
Bicchieri graduato da cucina			

4 Chiedi a cinque persone di misurare la lunghezza di un tavolo con un righello.

► Riporta le misure nella tabella.

Nome	Valore (m)

► Quali errori sono stati commessi?

► Che cosa si potrebbe fare per ridurre gli errori?

5 Se l'intera storia dell'Universo dal *Big Bang* a oggi venisse compressa in 24 ore (a partire dalla mezzanotte), a che ora si formerebbe la Terra?

(Suggerimento: assumi come valore più probabile per l'istante di tempo in cui si è verificato il Big Bang il valore 10^{10} anni fa)



- 6** Cosa potrebbe succedere se per misurare i tempi di una gara olimpionica dei 100 m utilizzassimo un cronometro con una sensibilità di 1 s?
- 7** Qual è l'unità di misura dell'errore relativo su una rilevazione di un intervallo di tempo? E di una lunghezza?
- 8** Perché la precisione con cui conosciamo una grandezza ottenuta come prodotto, o quoziente, è sempre minore di quella con cui conosciamo i valori misurati direttamente?
- 9** Le lunghezze dei due lati di una fotografia sono $a = (32,9 \pm 0,1)$ cm e $b = (25,8 \pm 0,1)$ cm.
- ▶ Calcola il valore più plausibile dell'area e la corrispondente incertezza.
- 10** Esegui le seguenti operazioni, facendo in modo che le cifre significative del risultato siano corrette:
- ▶ $2 \times (6,4 \text{ s})$.
 - ▶ $(15,8 \text{ m}^2) : (4,756 \text{ m})$.
 - ▶ $12,2 \text{ kg} + 3,37 \text{ kg}$.
- 11** Quando si effettua la somma tra due grandezze con due cifre significative, il risultato ha sempre due cifre significative?
- 12** Fai una stima dell'ordine di grandezza della lunghezza in metri di ciascuno dei seguenti oggetti:
- ▶ la tua borsa di scuola;
 - ▶ il tuo braccio;
 - ▶ la torre Eiffel.
- 13** Calcola l'ordine di grandezza del numero dei respiri da quando sei nato.
- (Suggerimento: quanti respiri fai al minuto?)
- 14** Calcola l'errore ΔT^2 per ognuno dei valori della lunghezza del pendolo a partire dai valori di T della tabella a pagina 49.
- ▶ Verifica che i valori trovati corrispondano a quelli indicati nella terza colonna della tabella a pagina 50.

- 15** Una carta fisica e una carta politica sono due modelli che descrivono caratteristiche diverse di un dato territorio.



- ▶ Quali caratteristiche descrive ciascuna carta e quali altre trascura?
 - ▶ Avrebbe senso inventare una carta geografica che non trascuri alcun aspetto della realtà? Perché?
- 16** Che relazione esiste tra una teoria e un modello?
- 17** Perché si può mandare in orbita un satellite artificiale senza conoscere la teoria della relatività di Albert Einstein?

PROBLEMI

2 L'INCERTEZZA DELLE MISURE

- 1** ★★★ Per controllare il funzionamento di una bilancia misuri più volte una massa il cui valore ti è già noto ed è di 50,00 g. I risultati delle misure sono: 51,02 g; 51,00 g; 50,98 g.
- ▶ Da quali errori sono affette le misure?
- 2** ★★★ La massa delle confezioni ortofrutticole dal «peso meccanicamente predeterminato» è garantita all'origine dal produttore. Esamina un sacco di arance che ha una massa dichiarata di 2 kg. Con la bilancia del supermercato, di sensibilità 1 g, verifici la massa di diverse confezioni di quelle arance e ottieni i seguenti risultati: 2,050 kg, 2,005 kg, 1,980 kg, 1,970 kg.
- ▶ Sulla base dei dati raccolti ritieni che la bilancia del produttore sia tarata male? Motiva la risposta.

3 IL VALORE MEDIO E L'INCERTEZZA

3 ★★★ Una pallina di gomma viene lasciata cadere da un'altezza di 2 m. Un gruppo di studenti misura con un cronometro l'intervallo di tempo che la pallina impiega ad arrivare a terra. Ecco i valori trovati:

Misura	Valore (s)
1	0,75
2	0,57
3	0,69
4	0,48
5	0,82
6	0,55
7	0,65
8	0,62
9	0,59
10	0,42

► Calcola il valore medio e l'errore massimo delle misure.

► La sensibilità del cronometro è 0,01 s. Come esprimi in modo corretto il risultato della misura?

[0,61 s; 0,20 s; $(0,6 \pm 0,2)$ s]

4  ★★★ Consider the values of the measurements obtained in the exercise number 3.

► Find the relative and the percent error.

[0,33; 33%]

5 ★★★ Con il righello si misura ripetutamente la lunghezza di una corda, ottenendo i seguenti risultati: 3,84 m; 3,79 m; 3,85 m; 3,76 m; 3,80 m; 3,86 m; 3,80 m; 3,78 m.

► Qual è il valore medio di queste misure?

► Calcola l'errore massimo.

► Quanto valgono l'errore relativo e l'errore percentuale?

► Come deve essere scritto il risultato della misura?

[3,81 m; 0,05 m; 0,01; 1%; $(3,81 \pm 0,05)$ m]

6 ★★★ Una tua amica misura la lunghezza dell'aula e comunica il risultato dicendo: «la lunghezza dell'aula è compresa fra 890 e 900 cm.»

► Qual è l'errore associato alla misura?

► Quanto vale l'errore percentuale della misura?

[5 cm; 0,6 %]

7 ★★★ Una bilancia analogica misura la massa con un errore percentuale del 15%. La massa complessiva di una cassetta colma di frutta misurata con questa bilancia è di 5,0 kg, mentre la tara è di 0,7 kg.

► Come si esprimono queste misure in modo corretto con il rispettivo errore?

► La bilancia viene letta da un altro osservatore che non si posiziona esattamente di fronte alla scala graduata. Il valore misurato per la massa della cassetta è diverso dal precedente, per difetto o per eccesso a seconda della sua posizione. Perché?

[(5,0 \pm 0,8) kg; (0,7 \pm 0,1) kg]

4 L'INCERTEZZA NELLE MISURE INDIRETTE

8 ★★★ Le lunghezze dei lati di un tavolo sono $(15,4 \pm 0,1)$ cm e $(10,7 \pm 0,1)$ cm.

► Calcola il valore più plausibile del semiperimetro e la corrispondente incertezza.

[(26,1 \pm 0,2) $\times 10^{-2}$ m]

9 ★★★ La lunghezza del lato di un blocco quadrato di alluminio è $(12,1 \pm 0,1)$ cm.

► Calcola il valore più plausibile dell'area e la corrispondente incertezza.

[(146 \pm 2) $\times 10^{-4}$ m²]

10 ★★★ Le misure sperimentali dei lati di un parallelepipedo sono $a = (5,4 \pm 0,1)$ cm, $b = (7,9 \pm 0,1)$ cm e $c = (11,7 \pm 0,1)$ cm.

► Qual è il valore più plausibile del volume del parallelepipedo?

► Calcola la corrispondente incertezza.

[(5,0 \pm 0,2) $\times 10^{-4}$ m³]

11 ★★★ La lunghezza del diametro di un CD vale $(12,0 \pm 0,1)$ cm.

► Calcola la lunghezza della circonferenza del CD e la corrispondente incertezza.

- Calcola l'area del cerchio con la relativa incertezza.
- Esprimi in maniera corretta i risultati ottenuti.

- Calcola l'incertezza relativa su ogni misura.

[37,7 cm; 0,3 cm; 113 cm²; 2 cm²; (37,7 ± 0,3) cm;
(113 ± 2) cm²; 0,008; 0,02]

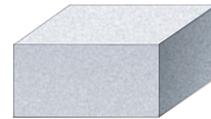
12

PROBLEMA SVOLTO

★★★

Per calcolare la densità di un blocchetto di granito misuriamo la sua massa, che risulta $m = (2,35 \pm 0,03)$ kg, e il suo volume, che risulta $V = (8,62 \pm 0,07) \times 10^{-4}$ m³.

- Calcola il valore sperimentale \bar{d} della densità così ottenuto.
- Calcola l'incertezza Δd su tale valore.
- Esprimi il risultato della misura in maniera corretta.



$m = (2,35 \pm 0,03)$ kg
 $V = (8,62 \pm 0,07) \times 10^{-4}$ m³

$\bar{d} = ?$
 $\Delta d = ?$

	Grandezze	Simboli	Valori	Commenti
Dati	Massa	m	2,35 kg	
	Errore sulla massa	Δm	0,03 kg	
	Volume	V	$8,62 \times 10^{-4}$ m ³	
	Errore sul volume	ΔV	$0,07 \times 10^{-4}$ m ³	
Incognite	Densità	\bar{d}	?	Valore sperimentale
	Incertezza sulla densità	Δd	?	

Strategia e soluzione

- Il valore sperimentale della densità è

$$\bar{d} = \frac{\bar{m}}{\bar{V}} = \frac{2,35 \text{ kg}}{8,62 \times 10^{-4} \text{ m}^3} = 2,726 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

- L'errore relativo per la densità si calcola con la formula (6):

$$\frac{\Delta d}{\bar{d}} = \frac{\Delta m}{\bar{m}} + \frac{\Delta V}{\bar{V}} = \frac{0,03 \text{ kg}}{2,35 \text{ kg}} + \frac{0,07 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{8,62 \times 10^{-4} \text{ m}^3} = 0,013 + 0,008 = 0,021.$$

- Abbiamo così trovato che $\Delta d/\bar{d} = 0,021$. Moltiplicando i due membri di questa equazione per \bar{d} isoliamo Δd :

$$\Delta d = 0,021 \times \bar{d} = 0,021 \times \left(2,726 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 0,057 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Discussione

Visto che l'errore cade già sulla seconda cifra dopo la virgola, non ha senso scrivere il risultato dell'esperimento con tre decimali. La maniera corretta per esprimere il risultato ottenuto è:

$$d = (2,73 \pm 0,06) \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

13

★★★

Un cubetto di alluminio viene utilizzato per costruire un dado da incastro. La lunghezza del lato del dado è $(3,05 \pm 0,05)$ cm. La densità dell'alluminio vale (2960 ± 60) kg/m³.

- Calcola il valore della massa del dado.

- Calcola la sua incertezza.

- Esprimi correttamente il risultato ottenuto.

[84×10^{-3} kg; 6×10^{-3} kg; $(84 \pm 6) \times 10^{-3}$ kg]

ESERCIZI

14 ★★★ Durante un rilievo topografico, la misura del lato maggiore di un appezzamento di terra rettangolare ha fornito il valore $(90,8 \pm 0,3)$ m. Il fossato che corre lungo due lati consecutivi del lotto di terreno è lungo $(150,2 \pm 0,5)$ m.

- ▶ Calcola il valore più plausibile per la lunghezza del lato minore e l'incertezza corrispondente.
- ▶ Calcola l'area dell'appezzamento.
- ▶ Calcola l'errore percentuale associato all'area.

[$(59,4 \pm 0,8)$ m; $5,39 \times 10^3$ m²; 1,6%]

5 LE CIFRE SIGNIFICATIVE

15 ★★★ Scrivi i numeri in forma decimale arrotondando al numero di cifre significative indicato.

Numero	Cifre significative	Numero decimale
π	4	3,142
$1/3$	3	
$7/3$	3	
$7/6$	4	
$1/153$	2	

16 ★★★ Esegui le operazioni scrivendo il risultato con il numero di cifre significative corretto.

- ▶ $2 \times \pi \times 5,0$ cm
- ▶ $65,3$ cm $-$ $5,3$ cm
- ▶ $39,0 : (5 \text{ cm}^3/\text{g})$
- ▶ $32,32$ m $+$ 8 cm

[31 cm; 60,0 cm; 8 g/cm³; 32,40 m]

17  The side of a square measures 0.135 m.

- ★★★
- ▶ Find the length of its diagonal with the correct number of significant digits.

[0.191 m]

18 ★★★ Il raggio della Terra, con due cifre significative, è $R = 6,4 \times 10^6$ m. Un aereo è in volo a un'altezza di 6000 m sul livello del mare. Un satellite è in orbita a 10^2 km sul livello del suolo.

- ▶ Qual è la distanza dell'aereo dal centro della Terra con il corretto numero di cifre significative?
- ▶ Qual è la distanza del satellite dal centro della Terra con il corretto numero di cifre significative?

[$6,5 \times 10^6$ m]

6 LA NOTAZIONE SCIENTIFICA

19 ★★★ Scrivi in notazione scientifica i numeri nella tabella e indicane l'ordine di grandezza.

Grandezza	Valore	Notazione scientifica	Ordine di grandezza
Raggio equatoriale della Terra	6370 km	$6,37 \times 10^3$ km	10^4 km
Altezza del monte Everest	8848 m		
Velocità di una tartaruga	0,076 m/s		
Massa di una balena	178000 kg		
Diametro della molecola di DNA	0,000000002 m		
Numero di secondi in un anno (365 giorni)	31 536 000 s		

20 ★★★ In astronomia, le distanze si esprimono spesso in *parsec* ($1 \text{ pc} = 3,0857 \times 10^{16}$ m). La stella Sirio si trova a una distanza di 2,690 pc dal Sistema Solare.

- ▶ Qual è il valore in metri di questa lunghezza?

[$8,301 \times 10^{16}$ m]

- Calcola l'ordine di grandezza del numero di battiti cardiaci da quando sei nato.
(Suggerimento: quanti battiti fa il tuo cuore al minuto?)

	Grandezze	Simboli	Valori	Commenti
Dati	Età		17-18 anni	
	Battiti cardiaci al minuto		da 60 a 140	
Incognite	Battiti cardiaci al minuto		?	

■ Strategia e soluzione

- Persone diverse (e in età diverse) possono avere 60 battiti cardiaci al minuto, oppure 70 o anche 80. In tutti i casi, l'ordine di grandezza di tutti questi numeri è 100, cioè 10^2 .
- Una persona da 16 a 18 anni ha un'età il cui ordine di grandezza è 10 ($= 10^1$) anni. Visto che un'ora è composta da 60 minuti, il giorno è formato da 24 ore e un anno contiene 365 giorni, il numero di minuti in 10 anni è

$$10 \times 365 \times 24 \times 60 = 5\,256\,000.$$

Questo numero è meglio approssimato da 10 000 000 che da 1 000 000, per cui il suo ordine di grandezza è 10^7 .

- L'ordine di grandezza del numero di battiti cardiaci di una persona di 16-18 anni è, quindi,

$$10^2 \times 10^7 = 10^9.$$

In definitiva, il cuore di una ragazza o un ragazzo di 16-17 anni ha compiuto, dalla nascita, un numero di battiti che si aggira attorno al miliardo.

■ Discussione

Un lattante può avere fino a 140 battiti al minuto, un bambino ne può avere 100-120, un adulto 60-70. Se assumiamo una media di 100 battiti cardiaci al minuto, per una persona di 17 anni possiamo calcolare un numero di battiti pari a

$$\underbrace{17 \times 365 \times 24 \times 60 \times 100}_{\text{numero di minuti}} = 8\,935\,200\,000.$$

L'ordine di grandezza di questo numero è in accordo con il risultato precedente.

- 22  Scientists think that the Universe began to exist approximately 10^{10} years ago.

- Express the numerical value of this time in seconds.

$$[3 \times 10^{17} \text{ s}]$$

- 23 La massa del Sole è $M = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$ e la massa di un protone è $m = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

- Qual è l'ordine di grandezza del rapporto M/m ? [10^{57}]

ESERCIZI

- 24** Una molla sospesa a un estremo si allunga quando all'altro estremo vengono applicati dei pesi. Facciamo un esperimento: all'estremo libero della molla applichiamo in successione pesetti di 20 g, 40 g, 60 g, 80 g. Nella tabella seguente sono riportati i valori dei pesi attaccati e i corrispondenti allungamenti della molla.

Peso applicato (g)	Allineamento della molla (cm)
0	0
20	2
40	4
60	6
80	8

- ▶ Riporta in un grafico l'allungamento della molla in funzione del peso applicato.
- ▶ Scrivi la relazione matematica tra le due grandezze.
- ▶ Definisci il tipo di proporzionalità che le lega.

$$[\Delta l = p/10]$$

PROBLEMI GENERALI

- 1** Un gruppo di studenti misura otto volte l'intervallo di tempo impiegato da un pendolo per compiere un'oscillazione completa. Il cronometro utilizzato ha una sensibilità di 0,1 s. Le misure ottenute sono:

Misura	Valore (s)
1	25,8
2	24,0
3	21,0
4	23,2
5	23,8
6	23,0
7	20,2
8	20,8

- ▶ Calcola il valore medio e l'errore massimo delle misure.
- ▶ Esprimi il risultato della misura con il corretto

numero di cifre significative.

- ▶ Calcola l'errore percentuale.

$$[22,7 \text{ s}; 2,8 \text{ s}; 23 \pm 3 \text{ s}; 12\%]$$

- 2** Il raggio del pianeta Giove è $7,14 \times 10^7$ m, e la sua massa vale $1,900 \times 10^{27}$ kg.

- ▶ Calcola l'area della superficie di Giove, considerandolo di forma sferica.
- ▶ Calcola la densità di Giove, considerandolo di forma sferica.

Esprimi i risultati con il corretto numero di cifre significative.

$$[6,40 \times 10^{16} \text{ m}^2; 1,25 \times 10^3 \text{ kg/m}^3]$$

- 3** Una cellula dell'epidermide ha un diametro medio di 0,000025 m. Una porzione di tessuto cutaneo ha un'area di 1,00 cm² ed è spessa 0,10 mm.

- ▶ Esprimi il volume di una cellula utilizzando la notazione scientifica.
- ▶ Calcola l'ordine di grandezza del numero di cellule che occupano la porzione di tessuto.

$$[8,2 \times 10^{-15} \text{ m}^3; 1,0 \times 10^6]$$

- 4** Durante una lezione di laboratorio un gruppo di studenti prende le misure del tempo che un carrellino impiega a percorrere un tratto di lunghezza fissata della rotaia a cuscinio d'aria. Le misure del gruppo (gruppo A) sono:

Misura	Valore (s)
1	1,98
2	1,64
3	2,24
4	1,94
5	1,84
6	1,88
7	2,03
8	1,72
9	2,08
10	1,94

Trova:

- ▶ la sensibilità dello strumento utilizzato;

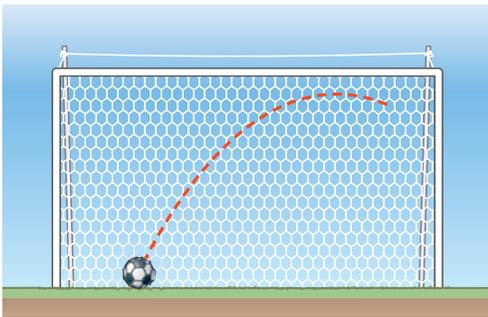
- ▶ il valore medio e l'errore massimo;
- ▶ il risultato della misura;
- ▶ l'errore percentuale.

[0,01 s; 1,9 s; 0,3 s; (1,9 ± 0,3) s; 16%]

- 5** Osserva e confronta la fotografia di un calciatore che ha appena colpito la palla e lo schema del moto della palla.



Gabriel Bojys



- ▶ Completa la tabella elencando il maggior numero di dettagli rilevanti per lo studio del moto della palla lanciata.
- ▶ Quali di questi dettagli sono ignorati nello schema del moto della palla disegnato? Perché?

Dettagli del moto della palla

Direzione da cui è stata lanciata la palla

QUESITI PER L'ESAME DI STATO

Rispondi ai quesiti in un massimo di 10 righe.

- 1 Tra gli errori sperimentali, quali si dicono casuali e quali sistematici?
- 2 Come è definito il valore medio di una serie di misure? Qual è il suo significato?
- 3 Come si determinano le cifre significative con cui è scritto il risultato di una misura o di un calcolo?

STUDY ABROAD

- 1 A teacher measures and records her own mass to an accuracy of better than $\frac{1}{2}$ percent. Which of the following is most likely the mass that she recorded?
 - A 6,43 kg
 - B 60 kg
 - C 64,3 kg
 - D 600 kg
 - E 643 kg

(Scholastic Aptitude Test (SAT), USA)