

Esercizi di FISICA per la classe 1°DT

A.S. 2017-2018 – Prof. Alberto Pasini

Si consiglia di riguardare tutti gli esercizi svolti in classe e assegnati come compito a casa durante l'anno scolastico, in particolare si consiglia di svolgere con attenzione i seguenti esercizi sul libro di testo (*Fisica.verde* di Ugo Amaldi edito da Zanichelli):

Capitolo 0: esercizi 3, 4, 5, 14 (pagina 3)

Capitolo 1: esercizi 23, 24, 45, 48, 83, 87, 88, 89, 98, 99, 100, 101, 102, 103 (pagina 44 e seguenti)

Capitolo 2: esercizi 9, 19, 21, 32, 33, 36, 47, 48, 49, 50, 56, 58, 62, 64, 75, 76 (pagina 73 e seguenti)

Capitolo 3: esercizi 11, 12, 14, 16, 29, 31, 38, 40, 44, 45, 46, 56, 58, 65, 67, 70, 82, 83, 84, 89, 90 (pagina 107 e seguenti)

Capitolo 4: esercizi 15, 16, 17, 21, 24, 25, 26, 48, 50, 51, 52, 55, 58, 60, 70, 74, 75, 76, 77, 78 (pagina 142 e seguenti)

Capitolo 5: esercizi 9, 10, 17, 21, 25, 29, 31, 32, 35, 48, 49, 54, 55 (pagina 174 e seguenti)

Capitolo 6: esercizi 14, 16, 20, 21, 26, 27, 28, 34, 37, 43, 45, 50, 53 (pagina 206 e seguenti)

Capitolo 7: esercizi 9, 17, 19, 22, 27, 31, 39, 43, 49, 50, 52, 53, 57, 58, 61, 69, 70, 74, 75, 76, 80, 81 (pagina 242 e seguenti)

Capitolo 8: esercizi 30, 38, 39, 43, 47, 54, 59 (pagina 279 e seguenti)

Capitolo 9: esercizi 27, 28, 30, 31, 32, 33, 37, 55, 59, 61 (pagina 304 e seguenti), problemi generali 6, 8, 9 (pagina 312-313)

Capitolo 10: esercizi 6, 8 (pagina 332 e seguenti)

Inoltre si consiglia di svolgere i seguenti esercizi:

Esercizio 1

Esegui le seguenti equivalenze ed esprimi i risultati in notazione scientifica

- a) 218 m = km
- b) 1534 mm = μm
- c) 1783 kg = hg
- d) 32845000 mg = kg
- e) $35 \text{ cm}^2 = \dots \text{ m}^2$
- f) $0,00000153 \text{ m}^2 = \dots \text{ mm}^2$
- g) 366 L = cm^3
- h) 754 mL = cm^3

Esercizio 2

Esegui le seguenti equivalenze:

- a) 35,27 d = d + h + min + s
- b) 19 h 55 min = s

Esercizio 3

Scrivi in notazione scientifica le seguenti grandezze e indicane l'ordine di grandezza:

- a) $L_1 = 7753 \text{ km}$
- b) $L_2 = 9510000 \text{ m}$
- c) $L_3 = 0,000173 \text{ mm}$
- d) $L_4 = 0,000000000233 \text{ }\mu\text{m}$

Esercizio 4

Un corpo di massa 515,31 g è immerso in un cilindro con sezione trasversale di area 30 cm^2 contenente acqua. Dopo l'immersione il livello dell'acqua si è innalzato di 0,89 cm. Calcola il volume del corpo (in cm^3) e la densità (in g/cm^3 e in kg/m^3).

Esercizio 5

Si riportano di seguito i risultati della misura ripetuta di una lunghezza:

5,94 m; 5,89 m; 5,95 m; 5,86 m
5,90 m, 5,97 m; 5,91 m; 5,88 m.

Calcolare il valore medio delle misure e la semidispersione massima.
Scrivere in maniera appropriata il risultato della misura.

Esercizio 6

Data la seguente misura:

$$m_1 = (53,5 \pm 0,2) \text{ kg}$$

indicare il valore dell'incertezza assoluta, relativa e percentuale.

Esercizio 7

Determinare l'escursione termica giornaliera, date le seguenti temperature rilevate:

$$T_I = (18,5 \pm 0,2) \text{ K}$$

$$T_F = (26,3 \pm 0,2) \text{ K}$$

Scrivere in maniera appropriata il risultato.

Esercizio 8

Determinare la superficie S di una lamina rettangolare avendo rilevato le seguenti misure dei lati:

$$a = (11,5 \pm 0,1) \text{ cm}$$

$$b = (18,3 \pm 0,1) \text{ cm}$$

Scrivere il risultato in maniera appropriata esprimendo la misura in cm^2 .

Scrivere il risultato in maniera appropriata esprimendo la misura in m^2 .

Esercizio 9

Un corpo di massa 9485,00 g ha un volume pari a $700,0 \text{ cm}^3$.

Calcola la densità del corpo ed esprimi il risultato in g/cm^3 e in kg/m^3 .

Esercizio 10

Esegui le seguenti equivalenze, esprimi i risultati in notazione scientifica e indica l'ordine di grandezza

a) $319000 \text{ kg} = \dots \text{ g}$

b) $78 \text{ cm}^2 = \dots \text{ m}^2$

c) $857 \text{ mL} = \dots \text{ cm}^3$

Esercizio 11

Un corpo di massa $2160,0 \text{ g}$ ha un volume pari a $800,0 \text{ cm}^3$.

Calcola la densità del corpo ed esprimi il risultato in g/cm^3 e in kg/m^3 .

Esercizio 12

Determina l'escursione termica giornaliera, date le seguenti temperature rilevate:

$$T_i = (19,6 \pm 0,1) \text{ K}$$

$$T_f = (27,5 \pm 0,1) \text{ K}$$

Scrivi in maniera appropriata il risultato e indica il valore dell'incertezza assoluta, relativa e percentuale.

Esercizio 13

Una molla con costante elastica $k = 850 \text{ N/m}$, compressa, esercita una forza elastica $F = 55,3 \text{ N}$.

Calcola il valore della deformazione x a cui la molla è sottoposta.

Disegna schematicamente la molla, la deformazione e le forze agenti.

Esercizio 14

Un corpo ha massa $m = 85 \text{ kg}$ e il coefficiente di attrito radente statico tra il corpo e il pavimento è pari a $0,28$.

Calcola l'intensità della forza-peso che agisce sul corpo.

Calcola l'intensità della forza minima necessaria per mettere in moto il corpo.

Disegna schematicamente il corpo e le forze agenti.

Esercizio 15

In una leva di primo genere, i bracci della forza motrice e della forza resistente sono rispettivamente $4,1 \text{ m}$ e $1,8 \text{ m}$: se la forza motrice ha intensità di 220 N , calcola quale forza resistente è possibile equilibrare con questa leva.

Disegna schematicamente la leva e le forze in gioco.

Esercizio 16

In un torchio idraulico le superfici dei pistoni sono pari a $S_1 = 15 \text{ cm}^2$ e $S_2 = 85 \text{ cm}^2$: se spingiamo verso il basso la superficie più piccola con una forza di $F_1 = 145 \text{ N}$, calcola qual è l'intensità della forza verso l'alto (F_2) che si produce sulla superficie più grande.

Disegna schematicamente il sistema e le grandezze in gioco.

Esercizio 17

Calcola la pressione idrostatica ad una profondità $h = 25 \text{ m}$, considerando la densità dell'acqua pari a 1000 kg/m^3 .

Calcola la pressione nel liquido alla stessa profondità, considerando la pressione atmosferica pari a $1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$

Esercizio 18

Un corpo avente massa $m = 4750 \text{ kg}$ e volume $V = 5 \text{ m}^3$, è immerso in acqua salata: considerando la densità dell'acqua pari a 1030 kg/m^3 calcola la spinta di Archimede.

Calcola la forza-peso a cui è soggetto il corpo e verifica se il corpo affonda, rimane in equilibrio o sale a galla.

Disegna schematicamente il corpo e le forze in gioco.

Esercizio 19

Un corpo avente massa $m = 700 \text{ kg}$ è posto su un piano inclinato che forma un angolo di 30° gradi con il piano orizzontale.

Calcolare il modulo della forza-peso, della forza vincolare e della forza equilibrante.

Calcola il modulo della forza di attrito statico massima se il coefficiente di attrito statico tra il corpo e il piano è pari a $0,86$ e determina se il corpo è in equilibrio per effetto dell'attrito.

Disegna schematicamente il corpo nel piano inclinato e le forze in gioco.

Esercizio 20

Un'automobile viaggia alla velocità di 75 km/h , quando accelera con accelerazione costante pari a $0,55 \text{ m/s}^2$ per $7,0$ secondi. Scrivi la legge generale della posizione e calcola la distanza percorsa durante il tempo dell'accelerazione.

Esercizio 21

Un'automobile viaggia alla velocità di 100 km/h , quando rallenta uniformemente portandosi alla velocità 25 km/h in 30 s . Scrivi la legge generale della velocità istantanea, calcola il modulo della decelerazione e la distanza percorsa durante il tempo della frenata.

Esercizio 22

Un razzo viene lanciato in verticale e percorre i primi $3,5 \text{ km}$ lungo una traiettoria rettilinea con un'accelerazione costante pari a $5 g$: calcola il tempo impiegato a percorrere il tratto.

Esercizio 23

Una leva di primo genere è caratterizzata dai bracci $b_1=5,5 \text{ m}$ e $b_2=3,0 \text{ m}$: se la forza F_2 è pari alla forza-peso esercitata da una massa di 150 kg , calcola il modulo della forza F_1 necessario per equilibrare il sistema.

Disegna schematicamente la leva, le forze ed i momenti delle forze in gioco.

Esercizio 24

Un corpo avente massa $m = 2850 \text{ kg}$ e volume $V = 3 \text{ m}^3$, è immerso in acqua: considerando la densità dell'acqua pari a 1000 kg/m^3 calcola la densità del corpo, la spinta di Archimede e la forza-peso, poi verifica se il corpo affonda, rimane in equilibrio o sale a galla.

Disegna schematicamente il corpo e le forze in gioco.

Esercizio 25

Un corpo percorre una traiettoria circolare con modulo costante della velocità, pari a 65 km/h , e con un'accelerazione centripeta di modulo pari a $2,7 \text{ m/s}^2$. Disegna schematicamente il corpo e le grandezze fisiche in gioco, poi calcola il raggio della traiettoria circolare, il periodo, la frequenza e la velocità angolare.

Esercizio 26

Un corpo viene lanciato verticalmente verso l'alto con una velocità iniziale pari a $8,0 \text{ m/s}$: disegna schematicamente il corpo e le grandezze fisiche in gioco, poi calcola la velocità raggiunta dopo $0,4 \text{ s}$ dal lancio, l'altezza massima raggiunta e il tempo impiegato per raggiungere tale altezza.

Esercizio 27

Un'automobile di massa 2300 kg che viaggia alla velocità iniziale di 40 km/h accelera per 7,0 s raggiungendo la velocità di 130 km/h; procede a velocità costante per 15 s, poi rallenta fino a fermarsi in un tempo di 7,0 s.

Determina il valore delle accelerazioni in ciascuno dei tratti indicati.

Determina l'intensità, la direzione ed il verso della forza totale che agisce in ciascuno dei tratti indicati.

Esercizio 28

Un corpo avente massa $m = 450$ kg è posto su un piano inclinato che forma un angolo di 30° con il piano orizzontale.

Disegna schematicamente il corpo nel piano inclinato e le forze in gioco.

Calcola il modulo della forza-peso e della forza vincolare.

Calcola il modulo dell'accelerazione a cui è soggetto il corpo e lo spazio percorso in un intervallo di tempo pari a 3,0 s, considerando il corpo inizialmente fermo.

Le GRANDEZZE FISICHE – Capitolo 1

SIMULAZIONE

Nome e Cognome: _____

Data: _____

NOTA: svolgi ogni problema in una singola facciata del foglio protocollo [2 punti per ogni problema]

- 1) Completa le seguenti equivalenze scrivendo il risultato in NOTAZIONE SCIENTIFICA:
 - A) scrivi in metri la distanza media Terra Sole: 150 milioni di km
 - B) scrivi in kg la massa della Terra: 5970 miliardi di miliardi di tonnellate
 - C) scrivi in secondi il tempo impiegato dalla luce per raggiungere la stella più vicina 4,2 anni

- 2) Esegui le seguenti operazioni poi, scrivi il risultato ottenuto in NOTAZIONE SCIENTIFICA ed infine indica l'ORDINE di GRANDEZZA
 - A) $(5,6 \cdot 10^5) \cdot (2,4 \cdot 10^{-2}) : (1,8 \cdot 10^4)$
 - B) $(4,8 \cdot 10^6) + (2,6 \cdot 10^5) - (1,5 \cdot 10^4)$
 - C) $\frac{9,2 \cdot 10^{-6}}{1,5 \cdot 10^{-2}}$

- 3) Con un distanziometro laser vengono misurate le dimensioni di un'aula supposta a forma di parallelepipedo: larghezza=6,375m; lunghezza=5,435m e altezza=3,525m
 - A) calcola la superficie del pavimento dell'aula in m^2
 - B) calcola la superficie del pavimento dell'aula in cm^2
 - C) calcola il volume dell'aula in m^3
 - D) calcola il volume dell'aula in cm^3
 - E) calcola il volume dell'aula in Litri

- 4) Eratostene misurò la circonferenza della Terra in circa 250000 stadi.
 - A) esprimi la circonferenza della Terra in km sapendo che uno stadio è pari a 157,5m
 - B) calcola il raggio della Terra in km
 - C) calcola la superficie della Terra in km^2
 - D) calcola il volume della Terra in km^3
 - E) converti il volume della Terra appena calcolato in m^3
 - F) calcola la densità della Terra in kg/m^3 , sapendo che la massa della Terra è $m_{Terra} = 5,97 \cdot 10^{24} kg$
 - G) converti la densità della Terra in g/cm^3

Verifica su Errori di Misura (Fisica) - A.S. 2014-2015

ALUNNO: _____ CLASSE: 1E DATA: 25/11/14

Durata della prova: **55 minuti**. Livello della sufficienza: **60 punti**. Punteggio totale: **100 punti**.

NOTA BENE:

❶ Nel calcolo delle misure indirette (o degli errori) ricordati di riportare la corretta sequenza:

$$\text{grandezza} = \text{formula} = \text{espressione numerica} = \text{risultato} \approx \text{approssimazione} + \text{unità}$$

❷ I risultati finali, comprensivi di incertezza, devono tutti essere espressi nella forma:

$$(\text{valore attendibile} \pm \text{incertezza}) \text{ unità}$$

❸ Gli errori assoluti devono essere espressi con **una sola cifra significativa** e il valore attendibile arrotondato in accordo.

Es. 1 Con un cronometro si è misurato per 10 volte il tempo T impiegato da un pendolo per compiere una oscillazione. I valori ottenuti sono riassunti nella tabella:

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T [s]	5.0	5.1	5.4	4.9	5.2	5.2	5.4	5.0	4.8	5.0

① Calcola valore attendibile della misura del periodo e la relativa incertezza.

① Con un'altra procedura sperimentale si ottiene una seconda misura del periodo: $T = (5.2 \pm 0.1)$ s. Giustificando adeguatamente le risposte date, spiega se le due misure sono compatibili e qual è tra le due la più precisa.

[PUNTI 24]

Es. 2 Da un cubo di legno avente volume $V = (100 \pm 2)$ cm³ di legno viene estratta una porzione avente volume $V_E = (20 \pm 2)$ cm³.

① Calcola il volume V_R della parte rimanente con il relativo errore assoluto.

② Sapendo che la massa della parte rimanente è $m_R = (50.0 \pm 1.5)$ g, calcola la densità del legno con il relativo errore assoluto.

③ Esprimi la densità e il relativo errore in notazione scientifica nelle seguenti unità di misura: kg/m³ e kg/dm³.

[PUNTI 22]

Es. 3 Date le seguenti misure di lunghezza: $a = (50 \pm 1)$ mm e $b = (40 \pm 1)$ mm, calcola valore attendibile ed errore assoluto delle seguenti grandezze:

① $L = a + b$,

② $P = 4a - b$,

③ $A = 2ab$.

[PUNTI 24]

Es. 4 Considera un parallelepipedo a base quadrata di lato ℓ e altezza h .

① Scrivi in funzione del lato ℓ e del volume V la formula che restituisce l'altezza h del parallelepipedo.

② Supponendo di disporre delle misure $\ell = (20.0 \pm 0.5)$ mm e $V = (20 \pm 1)$ cm³, calcola l'altezza h con il relativo errore assoluto.

③ Supponendo che la densità del parallelepipedo sia $d = (800 \pm 10)$ kg/m³, quanto vale la sua massa m con il relativo errore assoluto?

[Punti 30]

ES1) ① $\bar{T} = \frac{T_1 + \dots + T_{10}}{10} = \frac{5,0 + 5,1 + \dots + 5,0}{10} = \frac{51}{10} = 5,1s$

$$E_a(T) = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} = \frac{5,4 - 4,8}{2} = 0,3s$$

$$T = (5,1 \pm 0,3)s$$

- ② L'intervallo di incertezza della misura minima è $[4,8; 5,4s]$ quello della massima è $[5,1s; 5,3s]$. Il primo intervallo contiene il secondo, quindi le misure sono compatibili.



La misura più precisa è la seconda poiché l'errore assoluto è minore: $0,1s < 0,3s$.

ES2) $V = (100 \pm 2) \text{ cm}^3$ $V_E = (20 \pm 2) \text{ cm}^3$

$$V_R = V - V_E = 100 - 20 = 80 \text{ cm}^3$$

$$E_a(V_R) = E_a(V) + E_a(V_E) = 2 + 2 = 4 \text{ cm}^3 \rightarrow V_R = (80 \pm 4) \text{ cm}^3$$

$$\bar{d} = \frac{\bar{m}}{V_R} = \frac{50,0 \text{ g}}{80 \text{ cm}^3} = 0,625 \text{ g/cm}^3$$

$$E_a(d) = \bar{d} \cdot E_r(d) = \bar{d} \left(\frac{E_a(V_R)}{V_R} + \frac{E_a(m)}{\bar{m}} \right) = 0,625 \left(\frac{4}{80} + \frac{1,5}{50} \right) = 0,625 \cdot 0,08 = 0,05 \text{ g/cm}^3$$

$$d = (0,63 \pm 0,05) \text{ g/cm}^3$$

① $d = (0,63 \pm 0,05) \frac{10^{-3} \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{10^3}{10^3} = (6,3 \pm 0,5) \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$

$$d = (0,63 \pm 0,05) \frac{10^{-3} \text{ kg}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{10^3}{10^3} = (6,3 \pm 0,5) \cdot 10^{-1} \text{ kg/dm}^3$$

ES3)

① $\bar{L} = \bar{a} + \bar{b} = 50 + 40 = 90 \text{ mm}$ $E_a(L) = E_a(a) + E_a(b) = 2 \text{ mm}$

$$L = (90 \pm 2) \text{ mm}$$

② $\bar{p} = 4\bar{a} - \bar{b} = 4 \cdot 50 - 40 = 200 - 40 = 160 \text{ mm}$

$$E_a(p) = E_a(4a) + E_a(b) = 4E_a(a) + E_a(b) = 4 \cdot 1 + 1 = 5 \text{ mm}$$

$$p = (160 \pm 5) \text{ mm}$$

③ $\bar{A} = 2ab = 2 \cdot 50 \cdot 40 = 4000 \text{ mm}^2 = 40 \text{ cm}^2$

$$E_a(A) = \bar{A} \cdot E_r(A) = \bar{A} \cdot (E_r(a) + E_r(b)) = \bar{A} \left(\frac{E_a(a)}{\bar{a}} + \frac{E_a(b)}{\bar{b}} \right) = 4000 \left(\frac{1}{50} + \frac{1}{40} \right) = 4000 \cdot 0,045 = 180 \text{ mm}^2 \approx 200 \text{ mm}^2 = 2 \text{ cm}^2$$

$$A = (40 \pm 2) \text{ cm}^2$$

ES4/ ①



$$V = h \cdot e^2 \rightarrow h = \frac{V}{e^2}$$

$$\bar{h} = \frac{\bar{V}}{\bar{e}^2} = \frac{20 \text{ cm}^3}{2^2 \text{ cm}^2} = 5 \text{ cm}$$

$$E_a(h) = \bar{h} \cdot E_r(h) = \bar{h} \left(\frac{E_a(V)}{\bar{V}} + 2 \frac{E_a(e)}{\bar{e}} \right)$$

$$= 5 \left(\frac{1}{20} + 2 \cdot \frac{0,5}{20} \right) = 5 \cdot \frac{1}{10} = 0,5 \text{ cm}$$

$$h = (5,0 \pm 0,5) \text{ cm}$$

②

$$m = d \cdot V \quad \text{dunque} \quad \bar{m} = \bar{d} \cdot \bar{V} = \frac{800 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot 20 \text{ cm}^3$$

$$= \frac{800 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{20 \text{ m}^3}{10^6} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$= 16 \text{ g}$$

$$E_a(m) = \bar{m} \cdot E_r(m) = \bar{m} \left(\frac{E_a(d)}{\bar{d}} + \frac{E_a(V)}{\bar{V}} \right)$$

$$= 16 \text{ g} \left(\frac{10}{800} + \frac{1}{20} \right) = 16 \text{ g} \cdot 0,0625$$

$$= 1 \text{ g}$$

quindi $m = (16 \pm 1) \text{ g}$

Foglio di esercizi

Errori di misura: stima e propagazione

Alessio Del Vigna

25 giugno 2022

1 Stima dell'errore assoluto

Esercizio 1. Una persona esegue tre misure di lunghezza ottenendo i valori 45.6 cm, 45.3 cm e 45.6 cm.

- (a) Qual è la sensibilità dello strumento di misura utilizzato?
- (b) Determinare una singola misura come risultato delle tre, usando il metodo più appropriato e spiegando il procedimento seguito.
- (c) Calcolare l'errore relativo percentuale della misura ottenuta al punto precedente.

[(a) 0.1 cm, (b) $l = (45.5 \pm 0.2)$ cm, (c) $\varepsilon_r = 0.44\%$]

Esercizio 2. Due gruppi di studenti misurano in modo diverso il volume di un parallelepipedo. Le misure ottenute dai due gruppi sono queste:

$$V_1 = (19.2 \pm 0.4) \text{ cm}^3 \quad \text{e} \quad V_2 = (18.9 \pm 0.2) \text{ cm}^3.$$

Raffigurare gli intervalli di errore delle due misure. Le due misure sono fra loro compatibili? Giustificare opportunamente la risposta.

[Le due misure sono compatibili]

Esercizio 3. Dieci persone munite di cronometro misurano il tempo di caduta di un oggetto. I valori determinati sono i seguenti:

1.21 s, 1.23 s, 1.30 s, 1.22 s, 1.23 s, 1.26 s, 1.27 s, 1.21 s, 1.22 s, 1.21 s.

Determinare una singola misura come risultato delle dieci, usando il metodo più appropriato e spiegando il procedimento seguito.

[$t = (1.24 \pm 0.01)$ s, con l'errore statistico]

2 Propagazione degli errori di misura

Esercizio 4. Si consideri un cerchio di raggio $r = (4.78 \pm 0.01)$ m. Calcolare l'area del cerchio.

$$[A = (71.8 \pm 0.3)\text{m}^2]$$

Esercizio 5. Si prende un cilindro graduato di portata 100 mL e sensibilità 1 mL. La massa del cilindro vuoto misurata con una bilancia è $m_1 = (103.2 \pm 0.1)$ g. Si prende un liquido incognito e si riempie il cilindro fino al massimo possibile. La massa del cilindro pieno è $m_2 = (194.2 \pm 0.1)$ g.

- (a) Determinare la massa di liquido usata per riempire il cilindro.
- (b) Calcolare la densità del liquido incognito.
- (c) Si ha a disposizione una tabella che riporta la densità di alcuni liquidi. In particolare si hanno la densità dell'acqua, $d_{acqua} = 1$ g/cm³, quella dell'alcool etilico, $d_{alcool} = 0.806$ g/cm³, e quella dell'olio d'oliva, $d_{olio} = 0.92$ g/cm³. La densità calcolata al punto precedente è compatibile con qualcuno di questi valori? Si può ipotizzare quale sia il liquido incognito utilizzato?

$$[(a) m = (91.0 \pm 0.2) \text{ g}, (b) d = (0.91 \pm 0.01) \text{ g/cm}^3, (c) \text{ Compatibile con olio d'oliva}]$$

Esercizio 6. Si consideri un cilindro di diametro di base $d = (8.6 \pm 0.1)$ cm e di altezza $h = (15.2 \pm 0.1)$ cm. Calcolare il volume del cilindro.

$$[V = (883 \pm 26) \text{ cm}^3]$$

Esercizio 7. Un pendolo ha un periodo di oscillazione T (tempo per compiere un'oscillazione completa) dato dalla relazione

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}},$$

dove ℓ è la lunghezza del filo del pendolo e $g = 9.81$ m/s² è l'accelerazione di gravità. Se un pendolo ha una lunghezza $\ell = (12.3 \pm 0.1)$ cm si calcoli il suo periodo.

$$[T = (0.704 \pm 0.003) \text{ s}]$$

ESERCIZI SU MISURE DIRETTE E INDIRETTE DI GRANDEZZE FISICHE e SERIE di MISURE

Esercizio 1: Nove misure diverse della larghezza della cattedra forniscono la seguente serie di risultati: 1.21 m, 1.23 m, 1.20 m, 1.20 m, 1.19 m, 1.24 m, 1.22 m, 1.21 m, 1.21 m. Si determinino la migliore stima per l'esito della misura, l'errore assoluto, l'errore relativo.

Esercizio 2 : Supponiamo di aver effettuato le misure di due lunghezze e di aver ottenuto come risultato $a = (21.3 \pm 0.4)$ m e $b = (19.61 \pm 0.06)$ m. Usando le regole di propagazione degli errori si calcolino $a + b$, $a - b$, $a \cdot b$, $a : b$.

Esercizio 3 : Sei fisici dotati di un cronometro misurano il tempo di caduta di un oggetto da una certa altezza e trovano i seguenti risultati: 3.04 s, 2.95 s, 3.01 s, 3.02 s, 2.97 s, 3.04 s. Stabilisci la miglior stima nella misura del tempo di caduta, l'errore assoluto e relativo commesso.

Esercizio 4 : Scrivere in forma corretta i risultati seguenti:

- a. (87.34067 ± 0.0932) m²
- b. (32.123 ± 1.2) m/s
- c. $(0.00003540 \pm 0.00000275)$ s
- d. $(7.34 \cdot 10^{22} \pm 6.56 \cdot 10^{21})$ kg

Esercizio 5 : Siano date le seguenti misure in metri di una lunghezza L, eseguite ripetutamente nelle stesse condizioni con uno strumento di grande accuratezza:

17.03	15.92	18.16	19.29	15.86
17.65	17.56	18.41	13.55	16.81

- a) Quali sono il valor medio e la deviazione standard della misura di L ?
- b) Qual è l'errore relativo della misura di L ?
- c) Scrivi la misura di L con l'incertezza in modo corretto.

Esercizio 6 : Siano date le seguenti misure in secondi del tempo di caduta t di un oggetto da una certa altezza. Le misure sono eseguite ripetutamente nelle stesse condizioni con uno strumento di al decimo di secondo :

6.0	6.0	5.9	6.0	6.2	6.9	6.6	6.0	5.5	5.7
6.0	6.4	6.8	5.7	5.7	6.3	6.0	6.7	6.5	5.8
5.6	6.8	6.9	5.6	6.9	5.5	6.5	6.4	6.2	5.5

Calcolare l'incertezza della misura di t.
Calcolare l'errore relativo della misura di t .
Scrivi la misura di t con l'incertezza in modo corretto.

Esercizio 8 : La misura della lunghezza dei tre lati di un triangolo fornisce il risultato: $a = (17.3 \pm 0.2)$ cm, $b = (11.25 \pm 0.08)$ cm, $c = (14.48 \pm 0.06)$ cm. Si determini la lunghezza del perimetro e l'errore nella misura del perimetro

Esercizio 9 : Misurare l'area e il perimetro di un triangolo partendo dalle misure dirette della base $b = (2.5 \pm 0.1)$ m e dell'altezza $h = (4.0 \pm 0.1)$ m.

Esercizio 10 : Misurare l'area e il 2p di un cerchio conoscendo il suo raggio $r = (6.7 \pm 0.1)$ cm

Esercizio 11 : Calcola volume e superficie totale dei seguenti solidi ponendo $a = (23 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm})$, $b = (55 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm})$, $c = (8 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm})$, $r = (12 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm})$, $d = (14 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm})$.

Cubo di lato b
Parallelepipedo di lati a, b, c
Cilindro di raggio r e altezza d
Sfera di raggio r
Cubo di lato b
Cono di raggio r e altezza d

ESERCIZI SULLA PROPAGAZIONE DEGLI ERRORI

(In ognuno degli esercizi è sottinteso che si debbano sempre calcolare errore assoluto, relativo e percentuale)

- 1) Misurando le dimensioni di una stanza si trovano i seguenti valori: altezza 3 m ($E_{\%} = 2\%$), larghezza 4 m ($E_R = 0,01$), lunghezza $(5,0 \pm 0,1)$ m. Determinare la superficie della stanza e il suo volume.
 $[S = (20,0 \pm 0,6) \text{ m}^2; V = (60 \pm 3) \text{ m}^3]$
- 2) I numeri 41,341 e 12,029 rappresentano due grandezze fisiche. L'errore sul primo valore è del 9%, quello sul secondo del 7%. Approssimare i numeri in modo corretto, determinandone poi somma, differenza, prodotto e quoziente.
- 3) La distanza Tolentino-Macerata è 19 km, misurata con un errore di 10 m. Un'auto percorre tale distanza in 15 minuti, misurati con errore relativo 0,02. Supponendo che l'auto viaggi a velocità costante, trovarne il valore.
 $[76 \text{ km/h}; E_{\%} = 2,05\%]$
- 4) Il prezzo di un terreno è 50000 € all'ettaro. Il terreno in questione è un rettangolo di 120 m per 180 m, misurati con un metro a nastro da 10 m e sensibilità 2 cm. A quanto si vende il terreno?
 $[(108000 \pm 220) \text{ €}; E_R = 0,002]$
- 5) Viene acquistata una piccola botte di *Chuachag Laghach*, whisky molto pregiato. La botte è di forma cilindrica, con diametro di base (60 ± 1) cm e altezza 80 cm ($E_R = 0,02$). Trascurando lo spessore della botte, quante bottiglie da un litro sono necessarie per travasare tutto il whisky?
 $[227 \pm 12]$
- 6) Con riferimento all'esercizio precedente, se il costo del *Chuachag Laghach* è 40 Euro al litro, quanto è costata la botte?
 $[(9050 \pm 480) \text{ €}]$
- 7) Sempre con riferimento all'esercizio 5, se la massa totale della botte piena è $m = (190 \pm 10)$ kg, l'involucro è costituito di alluminio, di densità $\delta = (2700 \pm 54) \text{ kg/m}^3$, e se il whisky ha densità $0,8 \text{ g/cm}^3$ ($E_R = 0,08$), determinare il volume dell'alluminio.
- 8) Un Cd-Rom è in grado di immagazzinare una quantità di dati pari a (700 ± 10) Mb. Con il vostro computer il tempo di duplicazione del disco è 3 minuti e 52 s, misurati con un orologio di sensibilità 1 s. Qual è la velocità di trasferimento dati del computer usato?
 $[(3,017 \pm 0,050) \text{ Mb/s}]$
- 9) La stella Alfa Centauri si trova a $4,07 \cdot 10^{13}$ km dalla Terra ($E_R = 0,05$). Sapendo che la velocità della luce è 300000 km/s, con un errore dell'1%, determinare quanto tempo impiega la luce in anni per giungere fino a noi (si usi l'approssimazione 1 anno = 31556000 secondi) $[(4,30 \pm 0,26) \text{ anni}]$
- 10) Col valore della velocità della luce dell'esercizio precedente si calcoli la distanza del Sole, sapendo che la luce impiega 8 m e 18 s ($E_R = 0,01$) per raggiungere la Terra. $[(149,4 \pm 3,0) \cdot 10^6 \text{ km}]$
- 11) Il prezzo della benzina è 1,64 Euro e nel vostro portafoglio avete 65 Euro. Il serbatoio della vostra auto è un parallelepipedo di dimensioni 26x70x21 cm (l'errore è 1 cm su ciascun lato). Esiste la possibilità di riempire il serbatoio con i soldi che avete? Esiste la certezza di riempirlo? Spiegate la situazione. $[Si; \text{no; volume del serbatoio} = (38,220 \pm 3,836) \text{ l; spesa} = (62,7 \pm 6,3) \text{ €}]$
- 12) Per determinare la lunghezza di una piscina si utilizzano due metodi: a) si misura direttamente la grandezza con una riga da 0,6 m di sensibilità 10 cm, ottenendo il valore $L = 30,7$ m b) un carrello percorre con velocità costante $v = 8 \cdot 10^2 \text{ cm/s}$ ($E_{\%} = 11\%$) la lunghezza della piscina, impiegando un tempo di 4,6 s (misurato con un cronometro di sensibilità 0,2 s).

Le misure sono compatibili? Qual è la più precisa? Che valore dareste alla lunghezza della piscina?
 $[(30,7 \pm 2,6) \text{ m}; (36,8 \pm 4,8) \text{ m}; \text{sono compatibili, la prima è più precisa}; L = (32,7 \pm 0,7) \text{ m}]$

13) Un recipiente di forma cubica ha lato $(0,24 \pm 0,01) \text{ m}$. Ci si mette dentro un certo numero di pallini di piombo, ciascuno dei quali ha raggio $(20 \pm 1) \text{ mm}$. Dopo questa operazione si calcoli il volume dell'aria rimasta nel recipiente (i pallini si considerano perfettamente sferici).

14) Dato un quadrato circoscritto a un cerchio, la superficie del secondo è $S = (318 \pm 32) \text{ m}^2$. Si calcoli la superficie S' del quadrato.
 $[S' = (405 \pm 28) \text{ m}^2]$

15) Dato il numero $\pi = 3,1415926535897826433832384632795\dots$, dire a quante cifre decimali deve essere arrotondato perché a) sia corretto all'1% b) π^2 sia corretto all'1%.

16) Date le grandezze fisiche $a = (12,4 \pm 0,4)$, $b = (35,5 \pm 0,71)$, $c = 18$ ($E_R = 0,04$) determinare le seguenti grandezze: $a + b - 2c$; $(a \cdot c):b$; $a \cdot (2c + 3b)$; $a \cdot b \cdot c$; $1/a + 1/b$.

17) Una scacchiera è composta di 64 quadrati di lato $l = 4 \text{ cm}$, misurati con un righello di sensibilità 2 mm . Trovare l'area della scacchiera, con l'errore assoluto. $[(1024 \pm 51) \text{ cm}^2]$

18) La durata t di un certo fenomeno fisico, misurata con un orologio di sensibilità 1 s , risulta di 8 s . Determinare l'errore su t , t^2 , t^3 , $1/t$, $1/t^2$.
 $[6,25\%; 12,5\%; 6,25\%; 18,75\%]$

19) Un pentolino ha capacità $V = (0,60 \pm 0,10) \text{ dm}^3$ e vi si vuol versare il tè contenuto in un thermos di forma cilindrica, pieno fino all'orlo. Se l'altezza del thermos è $(30 \pm 1) \text{ cm}$ e il diametro di base $(6,0 \pm 0,2) \text{ cm}$, è possibile vuotare il thermos nel pentolino senza che il tè trabocchi? Trascurare lo spessore delle pareti del thermos. $[\text{Volume thermos} = (848 \pm 35) \text{ cm}^3. \text{ Il tè trabocca}]$

20) Un segmento ha lunghezza $l = (37,00 \pm 0,74) \text{ cm}$. Si calcolino a) l'area del quadrato di lato l b) l'area del cerchio di raggio l c) il volume del cubo di spigolo l . Quale delle tre grandezze è più precisa e quale meno?

21) Un'auto viaggia alla velocità di 72 km/h (la sensibilità del tachimetro è 6 km/h) e passa davanti alla palizzata di un giardino. Il tempo impiegato a percorrerla in tutta la sua lunghezza è $2,40 \text{ s}$, misurato con un cronometro di sensibilità $0,1 \text{ s}$. Determinare la lunghezza della palizzata.

22) Il lato di un cubo è dato, in metri, dalla seguente espressione:

$$\frac{(3,14 \cdot 10^{-17} - 3136 \cdot 10^{-20}) \cdot (83245 \cdot 10^{-11} - 8,324 \cdot 10^{-7})}{\frac{3 \cdot 10^{-14}}{5 \cdot 10^{16}} + \frac{7 \cdot 10^{11}}{1,4 \cdot 10^{42}} + \frac{4,5 \cdot 10^{-57}}{50 \cdot 10^{-28}}}, \text{ con errore relativo } 0,03. \text{ Il cubo viene diviso}$$

in 10 cubi più piccoli, tutti uguali fra loro. Calcolare il volume di uno di essi.

23) Una stanza è un parallelepipedo di lunghezza 60 dm ($E_{\%} = 3\%$), larghezza 400 cm ($E_R = 0,02$) e altezza $(2,70 \pm 0,09) \text{ m}$. La stanza possiede tre finestre uguali, di dimensioni $120 \times 80 \text{ cm}$ (gli errori assoluti sono, rispettivamente, 3 cm e $1,6 \text{ cm}$). Si vuole tappezzare l'ambiente con una carta da parati. Quanti m^2 ne servono?

24) Un cerchio ha raggio $r = (50 \pm 4) \text{ cm}$. Determinarne il diametro, la circonferenza e l'area con errori assoluti, relativi e percentuali.
 $[(100 \pm 8) \text{ cm}; (310 \pm 30) \text{ cm}; (8000 \pm 1000) \text{ cm}^2]$

25) Una stanza rettangolare ha lunghezza 60 dm ($E_{\%} = 3\%$) e larghezza $(400 \pm 8) \text{ cm}$. La si vuol pavimentare con del parquet che costa 42 Euro al m^2 (questo dato è senza errore). Determinare il costo totale della pavimentazione, con errore assoluto, relativo e percentuale.
 $[(43200 \pm 2100) \text{ €}]$

ESERCIZI SUL CALCOLO DEGLI ERRORI NELLE MISURE INDIRETTE

- 1) Due segmenti misurati separatamente hanno lunghezza pari a $(5,2 \pm 0,1)$ cm e $(9,3 \pm 0,1)$ cm. Determina la loro lunghezza complessiva quando vengono posti uno accanto all'altro.
 $[(14,5 \pm 0,2) \text{ cm}]$
- 2) Si vuole determinare l'area di una sottile lamina metallica di cui si sono misurate la lunghezza e la larghezza con un micrometro, ottenendo, come valori, rispettivamente:
 $(2,15 \pm 0,01)$ cm e $(9,51 \pm 0,03)$ cm.
 Esprimi la misura dell'area A corredata dall'incertezza assoluta con il metodo della propagazione dell'incertezza.
 $[A = (20,4 \pm 0,2) \text{ cm}^2]$
- 3) In una misura di velocità di deflusso di acqua da un foro si sono rilevate le seguenti coppie di valori:
 acqua defluita = $(10,2 \pm 0,1) \text{ cm}^3$;
 tempo di deflusso = $(5,84 \pm 0,01) \text{ s}$.
 Esprimi il valore della velocità di deflusso v calcolando l'incertezza con il metodo della propagazione delle incertezze.
 $[v = (1,75 \pm 0,02) \text{ cm}^3/\text{s}]$
- 4) La misura del tempo di caduta di una sferetta di vetro in un liquido viscoso su un tratto di $(15,0 \pm 0,1)$ cm ha fornito i seguenti valori (rilevati con un cronometro al centesimo di secondo):
 $7,25 \text{ s}$; $7,32 \text{ s}$; $7,20 \text{ s}$; $7,23 \text{ s}$.
 Determina la velocità di caduta v della sferetta esprimendo la sua incertezza con il metodo della propagazione delle incertezze.
 $[v = (2,07 \pm 0,03) \text{ cm/s}]$
- 5) Una sfera ha un raggio la cui misura risulta uguale a $(12,0 \pm 0,1)$ cm. Valuta il volume V della sfera esprimendo la sua incertezza con il metodo della propagazione delle incertezze.
 $[V = (7200 \pm 200) \text{ cm}^3]$
- 6) Si sa che due misure hanno lo stesso errore relativo. La prima ha come risultato $(258,2 \pm 0,5) \text{ m}$, la seconda ha come valore medio 2580 m . Quanto vale l'errore assoluto sulla seconda misura?
 $[5 \text{ m}]$
- 7) Un cilindro metallico avente diametro di base pari a $(0,995 \pm 0,005) \text{ cm}$ e altezza $(5,015 \pm 0,005) \text{ cm}$ ha massa $(32,7 \pm 0,5) \text{ g}$. Determinare la densità del solido, l'errore assoluto e scrivere correttamente il risultato.
 $[(8,4 \pm 0,2) \text{ g/cm}^3]$
- 8) Determinare la densità di un cubo avente spigolo $(1,225 \pm 0,005) \text{ cm}$ e massa $(8,83 \pm 0,01) \text{ g}$. l'errore assoluto e scrivere correttamente il risultato.
 $[(4,80 \pm 0,06) \text{ g/cm}^3]$
- 9) Un oggetto di ferro, la cui densità è $(7860 \pm 30) \text{ kg/m}^3$, ha di massa $(234 \pm 4) \text{ g}$. Determinare il volume dell'oggetto, l'errore assoluto e scrivere correttamente il risultato.
 $[(2,98 \pm 0,06) \cdot 10^{-5} \text{ kg}]$
- 10) Nel libretto di istruzioni di un autovelox si afferma che le misure possono essere affette da un errore massimo percentuale pari a 2,5%. Se con tale strumento si è misurato una velocità $v = 118 \text{ km/h}$, quanto vale l'errore assoluto su tale misura? Scrivere il risultato correttamente.
 $[(118 \pm 3) \text{ km/h}]$

Le grandezze fisiche e gli errori - Eserciziario

Chiara Spagnoli

Notazione: Data una misura x , indicheremo con \bar{x} il valore più attendibile, con $\Delta(x)$ l'errore assoluto della misurazione, con ε_x l'errore relativo e con E_x l'errore percentuale.

1 Notazione scientifica e ordine di grandezza

Esercizio 1.1 Arrotonda i seguenti numeri alla seconda cifra decimale (senza scrivere il risultato in notazione scientifica):

$$\frac{2}{3}; \quad \sqrt{2}; \quad \frac{1}{5}; \quad \sqrt{3}; \quad \frac{6}{13}; \quad \frac{\sqrt{5}}{2}; \quad \frac{\pi}{2}; \quad 0, \overline{37}; \quad \frac{1}{2}; \quad \pi; \quad 0, \overline{3}; \quad \frac{\pi}{\sqrt{3}}.$$

Esercizio 1.2 Scrivi i seguenti numeri in notazione scientifica e valuta per ogni numero l'ordine di grandezza:

$$\frac{7}{3}; \quad 10\sqrt{2}; \quad \frac{111}{5}; \quad \sqrt{3340}; \quad \frac{6}{13}\sqrt{47}; \quad \frac{\sqrt{555}}{2}; \quad \frac{33\pi}{2}; \quad 0, \overline{37}; \quad \frac{1}{200}; \quad \pi; \quad 10, \overline{3}; \quad \frac{30\pi}{\sqrt{3}}.$$

Esercizio 1.3 Dati i seguenti valori,

$$a = 5,0 \cdot 10^{-3}, \quad b = 2,2 \cdot 10^{-1}, \quad c = -9,5 \cdot 10^5$$

esegui le operazioni richieste esprimendo il risultato in notazione scientifica arrotondando alla seconda cifra decimale. Per ogni risultato valuta l'ordine di grandezza:

$$\begin{array}{llll} 3a; & -5c; & a+b; & a \cdot b; \\ c \cdot (a+b); & \frac{a}{c}; & \frac{a}{b} \cdot c; & a^{-1}; \\ 10 \cdot a - 10^{-2} \cdot b; & c \cdot b - a^{-1}; & 2 \cdot 10^{-1} \cdot b; & (a \cdot 10^2 + b) \cdot 10^{-2}; \\ \frac{c}{b+10a}; & \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{b} \cdot \frac{1}{c}; & \frac{1}{a} + \frac{100}{b}; & a^{-10}; \end{array}$$

2 Unità di misura e conversioni

Esercizio 2.1 Converti le seguenti misure nell'unità di misura indicata a fianco. Esprimi ogni risultato in notazione scientifica, approssimando se necessario alla seconda cifra decimale.

$$\begin{array}{lll} 10 \text{ cm} = \text{ } m; & 5,3 \cdot 10^4 \text{ mg} = \text{ } kg; & 8,53 \cdot 10^{-3} \mu l = \text{ } l; \\ \frac{1}{3} \text{ Mm} = \text{ } cm; & \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ kg} = \text{ } mg; & 3,04 \cdot 10^5 \text{ ml} = \text{ } kl; \\ 2000 \text{ m} = \text{ } nm; & 0,5 \cdot 10^{10} \text{ mg} = \text{ } hg; & \frac{1}{5} \cdot 10^{-5} \text{ dal} = \text{ } dl; \end{array}$$

Esercizio 2.2 Converti le seguenti misure nell'unità di misura indicata a fianco. Esprimi ogni risultato in notazione scientifica, approssimando se necessario alla seconda cifra decimale.

$$\begin{array}{lll} 0,1 \text{ cm}^2 = \text{ } m^2; & 5,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 = \text{ } km^3; & 8,53 \cdot 10^{-3} \mu km^3 = \text{ } pm^3; \\ \frac{1}{3} \text{ Mm}^2 = \text{ } cm^2; & \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 = \text{ } mm^2; & 3,04 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 = \text{ } dm^3; \\ 2000 \text{ m}^2 = \text{ } nm^2; & 0,5 \cdot 10^{10} \text{ mm}^2 = \text{ } hm^2; & \frac{1}{5} \cdot 10^{-5} \text{ dam}^3 = \text{ } dm^3; \end{array}$$

Esercizio 2.3 Converti le seguenti misure nell'unità di misura indicata a fianco. Esprimi ogni risultato in notazione scientifica, approssimando se necessario alla seconda cifra decimale.

$$\begin{array}{lll} 30 \text{ cm}^3 = \text{ } l; & 5,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 = \text{ } dl; & 8,53 \cdot 10^{-3} \mu l = \text{ } m^3; \\ \frac{1}{3} \text{ Mm}^3 = \text{ } Ml; & \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ km}^3 = \text{ } cl; & 3,04 \cdot 10^5 \text{ ml} = \text{ } dm^3; \end{array}$$

3 Errore assoluto, relativo e percentuale

Esercizio 3.1 Date le seguenti misure, calcola errore relativo ed errore percentuale:

$$\begin{aligned}x_1 &= (5,2 \pm 0,3) \cdot 10^{-3} \text{ m}; & x_2 &= (0,02 \pm 0,01) \text{ cm}; & x_3 &= (10,3 \pm 0,2) \text{ dm}; \\x_4 &= (0,100 \pm 0,005) \cdot 10^{-3} \text{ g}; & x_5 &= (5,0 \pm 0,5) \text{ kg}; & x_6 &= (0,3 \pm 0,1) \cdot 10^6 \text{ hg}; \\x_7 &= (8,004 \pm 0,003) \text{ l}; & x_8 &= (10,02 \pm 0,02) \cdot 10^3 \text{ ml}; & x_9 &= (230 \pm 4) \cdot 10^4 \text{ kl};\end{aligned}$$

Esercizio 3.2 Dati i valori più attendibili e gli errori relativi ε_i o percentuali E_i , scrivi la misura nella forma $(\bar{x} \pm \Delta x)$ prestando attenzione alle approssimazioni:

$$\begin{aligned}\bar{x}_1 &= 5 \text{ cm}; \varepsilon_1 = 0,4; & \bar{x}_2 &= 10,4 \text{ m}; E_2 = 1\%; & \bar{x}_3 &= \frac{1}{3} \text{ dm}; \varepsilon_3 = 0,02; \\ \bar{x}_4 &= 11,4 \text{ dg}; \varepsilon_4 = 0,05; & \bar{x}_5 &= 0,004 \text{ Mm}; E_5 = 0,2\%; & \bar{x}_6 &= \frac{4}{7} \text{ l}; E_6 = 4\%; \\ \bar{x}_7 &= \sqrt{2} \text{ dam}^2; E_7 = 0,2\%; & \bar{x}_8 &= 4 \cdot 10^4 \text{ kg}; E_8 = 1,23\%; & \bar{x}_9 &= 4,4 \text{ }\mu\text{m}; \varepsilon_9 = 0,31;\end{aligned}$$

4 La propagazione dell'errore

Esercizio 4.1 Sulla base delle misure presenti nell'esercizio 3.1, esegui i seguenti calcoli esprimendo i risultati con la giusta approssimazione:

$$\begin{aligned}x_1 + x_2; & \quad 3 \cdot x_5; & 10x_9; & \quad x_1 - x_4; & 2x_6 - 5x_5; & \quad x_4 \cdot x_6; \\x_9 \cdot (x_8 - x_7); & \quad x_3 + 2 \cdot x_4; & x_6 : x_8; & \quad x_1 \cdot (0,2x_3 + x_1); & x_4 : x_2; & \quad x_9 + x_1.\end{aligned}$$

Esercizio 4.2 Sulla base delle misure presenti nell'esercizio 3.2, esegui i seguenti calcoli esprimendo i risultati con la giusta approssimazione:

$$\begin{aligned}x_1 + x_2; & \quad 3 \cdot x_5; & 10x_9; & \quad x_1 - x_4; & 2x_6 - 5x_5; & \quad x_4 \cdot x_6; \\x_9 \cdot (x_8 - x_7); & \quad x_3 + 2 \cdot x_4; & x_6 : x_8; & \quad x_1 \cdot (0,2x_3 + x_1); & x_4 : x_2; & \quad x_9 + x_1.\end{aligned}$$

5 Esercizi a crocette

Esercizio 5.1 Convertendo 114 cm in Mm si ottiene:

- [A] $1,14 \cdot 10^{-6}\text{ Mm}$;
- [B] $1,14 \cdot 10^{-10}\text{ Mm}$;
- [C] $1,14 \cdot 10^{-8}\text{ Mm}$;
- [D] $1,14 \cdot 10^{10}\text{ Mm}$.

Esercizio 5.2 Convertendo $0,4m^2$ in μm^2 si ottiene:

- [A] $4,0 \cdot 10^6\text{ }\mu m^2$;
- [B] $4,0 \cdot 10^5\text{ }\mu m^2$;
- [C] $4,0 \cdot 10^{11}\text{ }\mu m^2$;
- [D] $4,0 \cdot 10^{12}\text{ }\mu m^2$.

Esercizio 5.3 Quanti litri sono 23 cm^3 di acqua?

- [A] $2,3 \cdot 10^{-2}\text{ l}$;
- [B] $2,3 \cdot 10^3\text{ l}$;
- [C] $2,3 \cdot 10^{-3}\text{ l}$;
- [D] $2,3 \cdot 10^{-4}\text{ l}$.

Esercizio 5.4 Convertendo $0,02\text{ kg}$ in mg si ottiene:

- [A] $0,02\text{ mg}$;
- [B] $2 \cdot 10^{-8}\text{ mg}$;
- [C] $2,0 \cdot 10^{-6}\text{ mg}$;
- [D] $0,02 \cdot 10^6\text{ mg}$.

Esercizio 5.5 Convertendo $0,04dm^3$ in hm^3 si ottiene:

- [A] $4,0 \cdot 10^6\text{ hm}^3$;
- [B] $4,0 \cdot 10^7\text{ hm}^3$;
- [C] $4,0 \cdot 10^{-11}\text{ hm}^3$;
- [D] $4,0 \cdot 10^9\text{ hm}^3$.

Esercizio 5.6 Quanti dam^3 sono $2,3 \cdot 10^4$ litri di acqua?

- [A] $2,3 \cdot 10^{-2} \text{ dam}^3$;
- [B] $2,3 \cdot 10^{-6} \text{ dam}^3$;
- [C] $2,3 \cdot 10^2 \text{ dam}^3$;
- [D] $2,3 \cdot 10^{+4} \text{ dam}^3$.

Esercizio 5.7 Date le seguenti misurazioni, $x = (110 \pm 3) \text{ m}$, $y = (20 \pm 1) \text{ m}$ calcola l'errore relativo della somma $x + y$:

- [A] $\varepsilon_{x+y} = 4$;
- [B] $\varepsilon_{x+y} = 0,03$;
- [C] $\varepsilon_{x+y} = 3$;
- [D] $\varepsilon_{x+y} = 0,02$.

Esercizio 5.8 Date le seguenti misurazioni, $x = (110 \pm 3) \text{ m}$, $y = (20 \pm 1) \text{ m}$ calcola l'errore relativo della differenza $x - y$:

- [A] $\varepsilon_{x-y} = 0,04$;
- [B] $\varepsilon_{x-y} = 0,02$;
- [C] $\varepsilon_{x-y} = 4$;
- [D] $\varepsilon_{x-y} = 3$.

Esercizio 5.9 Date le seguenti misurazioni, $x = (110 \pm 3) \text{ m}$, $y = (20 \pm 1) \text{ m}$ calcola l'errore assoluto della differenza $x - y$:

- [A] $\Delta(x - y) = 0,04$;
- [B] $\Delta(x - y) = 0,02$;
- [C] $\Delta(x - y) = 4$;
- [D] $\Delta(x - y) = 3$.

Esercizio 5.10 Date le seguenti misurazioni, $x = (110 \pm 3) \text{ m}$, $y = (20 \pm 1) \text{ m}$ calcola l'errore assoluto del prodotto $x \cdot y$:

- [A] $\Delta(x \cdot y) = 170$;
- [B] $\Delta(x \cdot y) = 0,08$;
- [C] $\Delta(x \cdot y) = 8$;
- [D] $\Delta(x \cdot y) = 100$.

Esercizio 5.11 Data la seguente misurazione, $x = (110 \pm 3) \text{ m}$, calcola l'errore percentuale di $3x$:

- [A] $E_{3x} = 0,027\%$;
- [B] $E_{3x} = 2,7\%$;
- [C] $E_{3x} = 8,2\%$;
- [D] $E_{3x} = 0,08\%$.

Esercizio 5.12 Dati i seguenti valori $x = 10^4$, $y = 3,0 \cdot 10^{-5}$, $z = 0,2 \cdot 10^{-1}$ calcola il valore $\frac{x \cdot z}{y}$:

- [A] $6,0 \cdot 10^{+6}$;
- [B] $0,06 \cdot 10^{+6}$;
- [C] $6 \cdot 10^{-4}$;
- [D] $0,06 \cdot 10^{-3}$.

Esercizio 5.13 Dati i seguenti valori $x = 10^4$, $y = 3,0 \cdot 10^{-5}$, $z = 0,2 \cdot 10^{-1}$ calcola il valore $x \cdot y \cdot z$:

- [A] $6 \cdot 10^{-3}$;
- [B] $0,6 \cdot 10^{-3}$;
- [C] $6 \cdot 10^{-4}$;
- [D] $0,06 \cdot 10^{-4}$.

Esercizio 5.14 Quale delle seguenti affermazioni è sbagliata?

- [A] *L'errore assoluto della somma di due misurazioni è pari all'errore assoluto della loro differenza.*
- [B] *L'errore relativo della moltiplicazione di due misurazioni è pari all'errore relativo del loro quoziente.*
- [C] *L'errore relativo di una misurazione è sempre minore o uguale a 1.*
- [D] *L'errore assoluto di una misurazione è sempre maggiore dell'errore relativo della stessa.*

Esercizio 5.15 Quale delle seguenti affermazioni è corretta?

- [A] *L'errore relativo della somma di due misurazioni è pari all'errore assoluto della loro differenza.*
- [B] *L'errore percentuale della moltiplicazione di due misurazioni è pari all'errore percentuale del loro quoziente.*
- [C] *L'errore percentuale di una misurazione è sempre minore o uguale a 1.*
- [D] *L'errore assoluto di una misurazione è sempre minore dell'errore relativo della stessa.*

Le grandezze fisiche e gli errori - Soluzioni

Chiara Spagnoli

1 Notazione scientifica e ordine di grandezza

Esercizio 1.1

$$\frac{2}{3} = 0,67; \quad \sqrt{2} = 1,41; \quad \frac{1}{5} = 0,2; \quad \sqrt{3} = 1,73; \quad \frac{6}{13} = 0,46; \quad \frac{\sqrt{5}}{2} = 1,12;$$

$$\frac{\pi}{2} = 1,57; \quad 0,37 = 0,37; \quad \frac{1}{2} = 0,5; \quad \pi = 3,14; \quad 0,3 = 0,33; \quad \frac{\pi}{\sqrt{3}} = 1,81.$$

Esercizio 1.2

$$\frac{7}{3} = 2,33 \cdot 10^0. \text{ ordine di grandezza: } 10^0; \quad 10\sqrt{2} = 1,41 \cdot 10^1. \text{ ordine di grandezza: } 10^1;$$

$$\frac{111}{5} = 2,22 \cdot 10^1. \text{ ordine di grandezza: } 10^1; \quad \sqrt{3340} = 5,78 \cdot 10^1. \text{ ordine di grandezza: } 10^2;$$

$$\frac{6}{13}\sqrt{47} = 3,16 \cdot 10^0. \text{ ordine di grandezza: } 10^0; \quad \frac{\sqrt{555}}{2} = 1,78 \cdot 10^1. \text{ ordine di grandezza: } 10^1;$$

$$\frac{33\pi}{2} = 5,18 \cdot 10^1. \text{ ordine di grandezza: } 10^2; \quad 0,37 = 3,74 \cdot 10^{-1}. \text{ ordine di grandezza: } 10^{-1};$$

$$\frac{1}{200} = 5,00 \cdot 10^{-3}. \text{ ordine di grandezza: } 10^{-2}; \quad \pi = 3,14 \cdot 10^0. \text{ ordine di grandezza: } 10^0;$$

$$10,3 = 1,03 \cdot 10^1. \text{ ordine di grandezza: } 10^1; \quad \frac{30\pi}{\sqrt{3}} = 5,44 \cdot 10^1. \text{ ordine di grandezza: } 10^2;$$

Esercizio 1.3

- $3a = 1,5 \cdot 10^{-2}$. ordine di grandezza: 10^{-2} ;
- $-5c = 2,85 \cdot 10^6$. ordine di grandezza: 10^6 ;
- $a + b = 2,25 \cdot 10^{-1}$. ordine di grandezza: 10^{-1} ;
- $a \cdot b = 1,1 \cdot 10^{-3}$. ordine di grandezza: 10^{-3} ;
- $c \cdot (a + b) = -2,14 \cdot 10^5$. ordine di grandezza: 10^5 ;
- $\frac{a}{c} = -5,26 \cdot 10^{-9}$. ordine di grandezza: 10^{-8} ;
- $\frac{a}{b} \cdot c = -2,16 \cdot 10^4$. ordine di grandezza: 10^4 ;
- $a^{-1} = 2,0 \cdot 10^2$. ordine di grandezza: 10^2 ;
- $10 \cdot a - 10^{-2} \cdot b = 4,78 \cdot 10^{-2}$. ordine di grandezza: 10^{-2} ;
- $c \cdot b - a^{-1} = -2,09 \cdot 10^5$. ordine di grandezza: 10^5 ;
- $2 \cdot 10^{-1} \cdot b = 4,4 \cdot 10^{-2}$. ordine di grandezza: 10^{-2} ;
- $(a \cdot 10^2 + b) \cdot 10^{-2} = 7,2 \cdot 10^{-3}$. ordine di grandezza: 10^{-2} ;
- $\frac{c}{b + 10a} = -3,52 \cdot 10^6$. ordine di grandezza: 10^6 ;
- $\frac{1}{a} \cdot \frac{1}{b} \cdot \frac{1}{c} = -9,57 \cdot 10^{-4}$. ordine di grandezza: 10^{-3} ;
- $\frac{1}{a} + \frac{100}{b} = 6,54 \cdot 10^2$. ordine di grandezza: 10^3 ;
- $a^{-10} = 1,024 \cdot 10^{23}$. ordine di grandezza: 10^{23} ;

2 Unità di misura e conversioni

Esercizio 2.1

$$\begin{aligned}10 \text{ cm} &= 1 \cdot 10^{-1} \text{ m}; & 5,3 \cdot 10^4 \text{ mg} &= 5,3 \cdot 10^{-2} \text{ kg}; & 8,53 \cdot 10^{-3} \text{ }\mu\text{l} &= 8,53 \cdot 10^{-9} \text{ l}; \\ \frac{1}{3} \text{ Mm} &= 3,33 \cdot 10^7 \text{ cm}; & \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ kg} &= 1,41 \cdot 10^3 \text{ mg}; & 3,04 \cdot 10^5 \text{ ml} &= 3,04 \cdot 10^{-1} \text{ kl}; \\ 2000 \text{ m} &= 2 \cdot 10^{12} \text{ nm}; & 0,5 \cdot 10^{10} \text{ mg} &= 5,56 \cdot 10^4 \text{ hg}; & \frac{1}{5} \cdot 10^{-5} \text{ dal} &= 2 \cdot 10^{-4} \text{ dl};\end{aligned}$$

Esercizio 2.2

$$\begin{aligned}0,1 \text{ cm}^2 &= 1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2; & 5,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 &= 5,3 \cdot 10^{-14} \text{ km}^3; & 8,53 \cdot 10^{-3} \text{ }\mu\text{km}^3 &= 8,53 \cdot 10^{15} \text{ pm}^3; \\ \frac{1}{3} \text{ Mm}^2 &= 3,33 \cdot 10^{15} \text{ cm}^2; & \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 &= 1,41 \cdot 10^9 \text{ mm}^2; & 3,04 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 &= 3,04 \cdot 10^{-1} \text{ dm}^3; \\ 2000 \text{ m}^2 &= 2,0 \cdot 10^{21} \text{ nm}^2; & 0,5 \cdot 10^{10} \text{ mm}^2 &= 5,55 \cdot 10^{-1} \text{ hm}^2; & \frac{1}{5} \cdot 10^{-5} \text{ dam}^3 &= 2 \text{ dm}^3;\end{aligned}$$

Esercizio 2.3

$$\begin{aligned}30 \text{ cm}^3 &= 3 \cdot 10^{-2} \text{ l}; & 5,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 &= 5,3 \cdot 10^{-1} \text{ dl}; & 8,53 \cdot 10^{-3} \text{ }\mu\text{l} &= 8,53 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3; \\ \frac{1}{3} \text{ Mm}^3 &= 3,33 \cdot 10^{14} \text{ Ml}; & \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ km}^3 &= 1,41 \cdot 10^{11} \text{ cl}; & 3,04 \cdot 10^5 \text{ ml} &= 3,04 \cdot 10^2 \text{ dm}^3;\end{aligned}$$

3 Errore assoluto, relativo e percentuale

Esercizio 3.1 .

$$\varepsilon_{x_1} = 0,0577, E_{x_1} = 5,77\%, \quad \varepsilon_{x_2} = 0,5, E_{x_2} = 50\%;$$

$$\varepsilon_{x_3} = 0,0194, E_{x_3} = 1,94\%; \quad \varepsilon_{x_4} = 0,05, E_{x_4} = 5\%;$$

$$\varepsilon_{x_5} = 0,1, E_{x_5} = 10\%; \quad \varepsilon_{x_6} = 0,333, E_{x_6} = 33,3\%;$$

$$\varepsilon_{x_7} = 0,000375, E_{x_7} = 0,0375\%; \quad \varepsilon_{x_8} = 0,0020, E_{x_8} = 0,20\%;$$

$$\varepsilon_{x_9} = 0,0174, E_{x_9} = 1,74\%$$

Esercizio 3.2 .

$$x_1 = (5 \pm 2) \text{ cm}; \quad x_2 = (10,4 \pm 0,1) \text{ m}; \quad x_3 = (0,333 \pm 0,007) \text{ dm};$$

$$x_4 = (11,4 \pm 0,6) \text{ dg}; \quad x_5 = (0,004000 \pm 0,000008) \text{ Mm}; \quad x_6 = (0,571 \pm 0,023) \text{ l};$$

$$x_7 = (1,4121 \pm 0,0028) \text{ dam}^2; \quad x_8 = (4,000 \pm 0,049) \cdot 10^4 \text{ kg}; \quad x_9 = (4,4 \pm 1,4) \mu\text{m};$$

4 La propagazione dell'errore

Esercizio 4.1 .

- $x_1 + x_2 = (2,52 \pm 1,03) \cdot 10^{-2}$
- $3 \cdot x_5 = (15,0 \pm 1,5)$
- $10x_9 = (230 \pm 4) \cdot 10^5$
- $x_1 - x_4 = (5,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$
- $2x_6 - 5x_5 = (6 \pm 2) \cdot 10^5$
- $x_4 \cdot x_6 = (30 \pm 11)$
- $x_9 \cdot (x_8 - x_7) = (2,30 \pm 0,04) \cdot 10^{10}$
- $x_3 + 2 \cdot x_4 = (10,3 \pm 0,2)$
- $x_6 : x_8 = (29,9 \pm 10)$
- $x_1 \cdot (0,2x_3 + x_1) = (1,08 \pm 0,09) \cdot 10^{-2}$
- $x_4 : x_2 = (5 \pm 3) \cdot 10^{-3}$
- $x_9 + x_1 = (230 \pm 4) \cdot 10^4$

Esercizio 4.2 .

- $x_1 + x_2 = (15, 4 \pm 2, 1)$
- $3 \cdot x_5 = (0, 012000 \pm 0, 000024)$
- $10x_9 = (44 \pm 14)$
- $x_1 - x_4 = -(6, 4 \pm 2, 6)$
- $2x_6 - 5x_5 = (1, 122 \pm 0, 046)$
- $x_4 \cdot x_6 = (6, 5 \pm 0.6)$
- $x_9 \cdot (x_8 - x_7) = (11.4 \pm 3, 9)$
- $x_3 + 2 \cdot x_4 = (32, 1 \pm 1, 2)$
- $x_6 : x_8 = (0.143 \pm 0, 007) \cdot 10^{-4}$
- $x_1 \cdot (0, 2x_3 + x_1) = (25 \pm 10)$
- $x_4 : x_2 = (1, 10 \pm 0.07)$
- $x_9 + x_1 = (9, 4 \pm 3, 4)$

5 Esercizi a crocette

Esercizio 5.1 Convertendo 114 cm in Mm si ottiene:

[A] $1,14 \cdot 10^{-6} Mm$

Esercizio 5.2 Convertendo $0,4m^2$ in μm^2 si ottiene:

[C] $4,0 \cdot 10^{11} \mu m^2$

Esercizio 5.3 Quanti litri sono 23 cm^3 di acqua?

[A] $2,3 \cdot 10^{-2} l$

Esercizio 5.4 Convertendo $0,02 \text{ kg}$ in mg si ottiene:

[D] $0,02 \cdot 10^6 mg$

Esercizio 5.5 Convertendo $0,04dm^3$ in hm^3 si ottiene:

[C] $4,0 \cdot 10^{-11} hm^3$

Esercizio 5.6 Quanti dam^3 sono $2,3 \cdot 10^4$ litri di acqua?

[A] $2,3 \cdot 10^{-2} dam^3$

Esercizio 5.7 Date le seguenti misurazioni, $x = (110 \pm 3) m$, $y = (20 \pm 1) m$ calcola l'errore relativo della somma $x + y$:

[B] $\varepsilon_{x+y} = 0,03$

Esercizio 5.8 Date le seguenti misurazioni, $x = (110 \pm 3) m$, $y = (20 \pm 1) m$ calcola l'errore relativo della differenza $x - y$:

[A] $\varepsilon_{x-y} = 0,04$

Esercizio 5.9 Date le seguenti misurazioni, $x = (110 \pm 3) m$, $y = (20 \pm 1) m$ calcola l'errore assoluto della differenza $x - y$:

[C] $\Delta(x - y) = 4$

Esercizio 5.10 Date le seguenti misurazioni, $x = (110 \pm 3) m$, $y = (20 \pm 1) m$ calcola l'errore assoluto del prodotto $x \cdot y$:

[A] $\Delta(x \cdot y) = 170$

Esercizio 5.11 Data la seguente misurazione, $x = (110 \pm 3) m$, calcola l'errore percentuale di $3x$:

[B] $E_{3x} = 2,7\%$

Esercizio 5.12 Dati i seguenti valori $x = 10^4$, $y = 3,0 \cdot 10^{-5}$, $z = 0,2 \cdot 10^{-1}$ calcola il valore $\frac{x \cdot z}{y}$:

[A] $6,0 \cdot 10^{+6}$

Esercizio 5.13 Dati i seguenti valori $x = 10^4$, $y = 3,0 \cdot 10^{-5}$, $z = 0,2 \cdot 10^{-1}$ calcola il valore $x \cdot y \cdot z$:

[A] $6 \cdot 10^{-3}$

Esercizio 5.14 Quale delle seguenti affermazioni è sbagliata?

[D] *L'errore assoluto di una misurazione è sempre maggiore dell'errore relativo della stessa.*

Esercizio 5.15 Quale delle seguenti affermazioni è corretta?

[B] *L'errore percentuale della moltiplicazione di due misurazioni è pari all'errore percentuale del loro quoziente.*