

Esercizi risolti di fisica

Massimiliano Virdis

1

Introduzione

1.1 Premessa

Caro lettore,

questa raccolta di esercizi è stata scritta in primo luogo per i miei studenti. Il desiderio era quello di poter offrire una raccolta sistematica di esercizi semplici e di base. Il livello di questi esercizi va dalla prima superiore fino al primo anno di università. Ho cercato di proporre un esempio di tutte le tipologie di esercizi che normalmente propongo nelle mie lezioni a scuola. Altri sono stati proposti in corsi di fisica generale per ingegneri o medici al primo anno di università. L'esposizione è stata mantenuta volutamente prolissa sia nell'esposizione dei principi fisici sia nei passaggi matematici.

Il modo di esporre e scrivere gli esercizi che noi solitamente proponiamo a lezione può risultare impeccabile per i contenuti, ma ciononostante non adeguato per lo studente. Solitamente scriviamo alla lavagna solo i passaggi matematici e i disegni illustrativi, esponendo a voce le motivazioni fisiche e le semplificazioni matematiche più elementari. La conseguenza è che gli scritti degli studenti tendono a riportare solo quando visto alla lavagna e non tutti i passaggi logici e riferimenti fisici necessari. Inoltre c'è sempre qualche studente che incontra degli ostacoli proprio nei passaggi meno importanti e non trova un supporto sufficientemente esteso nei libri di testo. Infine la maggior parte dei libri di esercizi che ho visto o riportano innumerevoli esercizi, ma solo brevemente illustrati, o esercizi "notevoli", importanti anch'essi, ma non per chi sta cominciando lo studio.

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

email: prof.virdis@tiscali.it

1.2 Notazioni e precisione nei calcoli

In tutta quest'opera si è seguito il S.I., utilizzando per la sua stesura il package siunitx in Xetex.

Per quanto riguarda la precisione dei calcoli riportati si è scelto di indicare i passaggi intermedi con più precisione di quanto le usuali regole per la propagazione degli errori indicherebbero. I risultati finali sono invece riportati, preferibilmente in notazione scientifica, con un numero di cifre significative mai più basso della precisione dei dati di partenza.

Per le notazioni si è cercato di seguire le indicazioni ISO. In particolare il c della velocità della luce è scritto in diritto dal pacchetto Siunitx.

Graficamente ho cercato di distinguere:

esercizi indicati per il biennio

esercizi indicati per il triennio

1.3 Verso l'esame

Ho cominciato a scrivere qualche pagina di esercizi facendo il tutor di fisica all'università. Ho proseguito con esercizi molto elementari per gli istituti tecnici. Attualmente mi trovo ad insegnare in un liceo scientifico e soprattutto dal 2018, col nuovo esame di matematica e fisica, sia io che i miei colleghi cerchiamo sempre più di capire quale fisica possa essere utile per l'esame. Questa è l'esigenza fondamentale che oramai anima questi appunti.

1.4 Ringraziamenti

Si ringraziano coloro che hanno avuto la pazienza di leggere queste pagine e di segnalare errori di vario tipo. In particolare:

Alice Mameli, Isabella Penna, Pablo Navarro, Riccardo Cadeddu, Letizia Cardona, Bruno Nitsch, Benedetta Olla, Giorgia Deiana, Gioa Vaccargiu, Armando Galtarossa, Alessandro Cuboni, Alessandra Di Dino.

... così pochi trovano qualcosa da correggere?

1.5 Licenza e Copyright

**Questo file e documento viene concesso con licenza Creative Commons.
CC BY-NC-ND.**

- Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ti ha dato l'opera in licenza e in modo tale da non suggerire che essi avallino te o il modo in cui tu usi l'opera.
- Non puoi usare quest'opera per fini commerciali.
- Non puoi alterare o trasformare quest'opera, né usarla per crearne un'altra.



δωρεὰν ἐλάβετε, δωρεὰν δότε (Mt. 7.8)

2

Unità di misura e conversione tra grandezze

2.1 Indicazione per la risoluzione degli esercizi

Gli esercizi ed i problemi di fisica si possono risolvere in svariati modi sia per i principi e le leggi a cui si può fare riferimento sia per il modo in cui quei principi e quelle leggi vengono esposti. La fisica consente la massima libertà. Tuttavia, come anche al di là della scienza, *“tutto è lecito, ma non tutto conviene”* e ci sono dei modi di procedere migliori di altri.

Secondo la nostra esperienza ti conviene sempre affrontare questi passi:

1. **Stabilisci a quale domanda devi rispondere:**
prima di dare una risposta bisogna capire bene qual è la domanda.
2. **Elenca tutte le grandezze a tua disposizione:**
spesso non riusciamo a procedere correttamente perché non abbiamo sottocchio tutti i dati che ci vengono (o non ci vengono) forniti.
3. **Fai uno schema o disegno della situazione che ti viene presentata:**
questo non è essenziale per le domande più semplici, ma può darci la giusta visione fisica del sistema che abbiamo davanti se le situazioni sono più complesse.
4. **Stabilisci quali leggi e principi devono essere usati per trovare la risposta:**
a volte sappiamo rispondere a questa domanda prima ancora di aver visto il problema o esercizio solamente perché si trova in un certo paragrafo del nostro libro, ma non è certo il modo corretto di procedere.
5. **Trova tutti i passaggi che devi effettuare con le grandezze a tua disposizione, senza sostituire i valori numerici:**
sostituire da subito tutti i valori numerici può servire solo ad effettuare calcoli inutili prima di effettuare le semplificazioni o, peggio ancora, a perdere di vista la strada per trovare la risposta finale.
6. **Trasforma tutte le grandezze che effettivamente ti servono in unità di misura coerenti oppure nel S.I. :**
i principi a cui si fa riferimento in fisica sono espressi quasi sempre nel S.I.
In ogni caso tutte le grandezze devono essere coerenti. Ad esempio: dobbiamo avere tutte le lunghezze in centimetri e non qualcuna in centimetri ed qualcun'altra in millimetri.
7. **Sostituisci i valori numerici ed effettua i calcoli.**
8. **Fai attenzione alla consistenza dimensionale dei calcoli effettuati:**
in particolare non scrivere alla fine di una espressione una certa unità di misura solo perché ti aspetti di avere a che fare con una certa grandezza.

Regola d'oro per qualsiasi esercizio:

Ogni misura è formata da un numero e da un'unità di misura.

2.2 Trasformazione di unità di misura, eliminando multipli e sottomultipli

La regola proposta può apparire assolutamente banale, ma è estremamente frequente che non venga rispettata. La conseguenza è di arrivare al termine di un problema con grandezze non corrette e calcoli sbagliati, senza rendersene conto.

2.2 Trasformazione di unità di misura, eliminando multipli e sottomultipli

Esercizio 1 *Trasforma le misure seguenti in unità del S.I., eliminando i multipli e i sottomultipli.*

$$111 \text{ mm} \quad 0,34 \text{ Gm} \quad 65 \times 10^{-5} \text{ nm} \quad 22 \text{ cg}$$

Puoi trovare una tabella con il simbolo, nome e significato dei multipli e sottomultipli alla fine di questi appunti. Per poter trasformare una misura, eliminando multipli e sottomultipli, si può procedere trasformando da prima il multiplo o sottomultiplo e poi semplificando la potenza di dieci o il fattore così ottenuti per il valore numerico rimasto della misura data:

1. $111 \text{ mm} = 111 \times 10^{-3} \text{ m}$, oppure $= 111 \times 0,001 \text{ m} = 0,111 \text{ m}$
2. $0,34 \text{ Gm} = 0,34 \times 10^9 \text{ m}$
3. $65 \times 10^{-5} \text{ nm} = 65 \times 10^{-5} \times 10^{-9} \text{ m} = 65 \times 10^{-14} \text{ m}$
4. L'ultima misura è espressa in centigrammi ed è quindi una misura di massa: unicamente per la massa l'unità di misura, che è il chilogrammo, contiene sempre il multiplo chilo.
 $22 \text{ cg} = 22 \times 10^{-2} \text{ g} = 22 \times 10^{-2} \times 10^{-3} \text{ kg} = 22 \times 10^{-5} \text{ kg}$

2.3 Trasformazione di unità di misura, usando la notazione scientifica

Esercizio 2 *Trasforma le misure seguenti, usando la notazione scientifica.*

$$548 \times 10^{-3} \text{ ms} \quad 0,0725 \text{ ns} \quad 2678 \text{ } \mu\text{s}$$

Per poter trasformare una misura, usando la notazione scientifica, si può procedere:

1. scrivendo il valore numerico della misura come un numero compreso tra 1 e 9 moltiplicato per una opportuna potenza di dieci;
 2. trasformando il multiplo o sottomultiplo eventualmente presente;
 3. e infine semplificando la potenza di dieci così ottenuta per il valore numerico rimasto della misura data:
1. $548 \times 10^{-3} \text{ ms}$: il valore numero della misura è 548×10^{-3} .
Spostiamo la virgola dopo la prima cifra significativa, cioè il 5:
 $548 \times 10^{-3} = (5,48 \times 10^2) \times 10^{-3}$.
Ora trasformiamo il sottomultiplo.
 $548 \times 10^{-3} \text{ ms} = (5,48 \times 10^2) \times (10^{-3} \text{ ms}) = 5,48 \times 10^2 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \text{ s} = 5,48 \times 10^{-4} \text{ s}$
 2. $0,0725 \text{ ns} = 7,25 \times 10^{-2} \text{ ns} = 7,25 \times 10^{-2} \times 10^{-9} \text{ s} = 7,25 \times 10^{-11} \text{ s}$
 3. $2678 \text{ } \mu\text{s} = 2,678 \times 10^3 \text{ } \mu\text{s} = 2,678 \times 10^3 \times 10^{-6} \text{ s} = 2,678 \times 10^{-3} \text{ s}$

2.4 Ordinamento di misure

Esercizio 3 Riordina le seguenti misure di massa ponendole dalla più piccola alla più grande.

$$37,5 \times 10^8 \text{ Mg} \quad 55 \times 10^2 \text{ cg} \quad 0,00645 \times 10^3 \text{ kg} \quad 7654 \mu\text{g}$$

L'utilità della notazione scientifica è pienamente evidente quando si tratta di ordinare più misure di una stessa grandezza: basterà infatti ordinare le misure guardando alle potenze di dieci, ma solo dopo che le misure sono state espresse in notazione scientifica.

Esprimiamo le misure che abbiamo in notazione scientifica:

- $37,5 \times 10^8 \text{ Mg} = (3,75 \times 10^1 \times 10^8)(10^3 \text{ kg}) = 3,75 \times 10^9 \times 10^3 \text{ kg} = 3,75 \times 10^{12} \text{ kg}$.
- $55 \times 10^2 \text{ cg} = (5,5 \times 10^1 \times 10^2)(10^{-2} \text{ g}) = (5,5 \times 10^3)(10^{-2} \times 10^{-3} \text{ kg}) = 5,5 \times 10^3 \times 10^{-5} \text{ kg} = 5,5 \times 10^{-2} \text{ kg}$
- $0,00645 \times 10^3 \text{ kg} = 6,45 \times 10^{-3} \times 10^3 \text{ kg} = 6,45 \text{ kg}$
- $7654 \mu\text{g} = (7,654 \times 10^3)(10^{-6} \text{ g}) = (7,654 \times 10^3)(10^{-6} \times 10^{-3} \text{ kg}) = 7,654 \times 10^3 \times 10^{-9} \text{ kg} = 7,654 \times 10^{-6} \text{ kg}$

Quindi le misure, dalla più piccola alla più grande, sono:

$$7,654 \times 10^{-6} \text{ kg}; \quad 5,5 \times 10^{-2} \text{ kg}; \quad 6,45 \text{ kg}; \quad 3,75 \times 10^{12} \text{ kg}.$$

2.5 Equivalenze

Esercizio 4 Esegui le seguenti equivalenze

- 37,5 hm cm
- 13 Mg cg
- 45 mm² hm²

- Un modo possibile, non certo l'unico, per svolgere una equivalenza è esprimere innanzi tutto l'unità di misura senza multipli o sottomultipli, come potenza di dieci.

$$\text{hm} = 10^2 \text{ m} \quad \text{cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

In questo caso la potenza va da 2 a -2 quindi varia di 4 unità.

Allora di fronte alla nuova misura porremo una potenza di dieci con quel numero, preso con segno positivo perché stiamo passando da una unità più grande ad una più piccola.

$$37,5 \text{ hm} = 37,5 \times 10^4 \text{ cm}$$

- Esprimiamo le unità di misura senza multipli o sottomultipli:

$$\text{Mg} = 10^6 \text{ g} \quad \text{cg} = 10^{-2} \text{ g}$$

In questo caso la potenza va da 6 a -2 quindi varia di 8 unità e l'unità di arrivo è più piccola di quella di partenza.

$$13 \text{ Mg} = 13 \times 10^8 \text{ cg}$$

- Esprimiamo le unità di misura senza multipli o sottomultipli, ricordando che con le aree gli esponenti sono il doppio delle corrispondenti misure di lunghezza.

$$\text{mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2 \quad \text{hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$$

In questo caso la potenza va da -6 a 4 quindi varia di 10 unità e l'unità di arrivo è più grande di quella di partenza.

$$45 \text{ mm}^2 = 45 \times 10^{-10} \text{ hm}^2$$

2.6 Misura di superfici

Esercizio 5 Un triangolo ha le seguenti dimensioni: base = 10 mm, altezza = 15 cm.
Trova l'area del triangolo esprimendo il risultato nel S.I. .

L'interesse per un esercizio come questo non è certamente quello di trovare l'area di un triangolo. Si presume che tu abbia questa conoscenza fin dalle scuole medie. Tuttavia non è scontato che tu abbia anche la capacità di svolgere i calcoli correttamente, in particolare per quanto riguarda le unità di misura. Cerchiamo di fare riferimento agli otto punti indicati all'inizio di questo capitolo come utili per la risoluzione di un problema o esercizio.

1. Dobbiamo trovare l'area di un triangolo.
2. Abbiamo a disposizione due grandezze:
la base = 10 mm
l'altezza = 15 cm
3. Facciamo il disegno del nostro sistema, cioè del triangolo.
4. La legge da usare è quella che associa l'area del triangolo con le sue due misure lineari cioè:
Area del triangolo = $\frac{\text{base} \cdot \text{altezza}}{2}$.
5. In questo caso abbiamo direttamente la formula finale.
6. In generale per trovare l'area dobbiamo usare la stessa unità di misura sia per la base che per l'altezza.

In questo caso ci viene chiesto di trovare la risposta nel S.I., quindi trasformiamo subito le due grandezze nel S.I.

$$\text{Base} = 10 \text{ mm} = 10 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ m} ,$$

$$\text{Altezza} = 15 \text{ cm} = 15 \times 10^{-2} \text{ m} .$$

7. A questo punto sostituiamo le due misure nella formula data.

$$A = \frac{\text{base} \cdot \text{altezza}}{2} = \frac{1,0 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot 15 \times 10^{-2} \text{ m}}{2} = \tag{2.1}$$

$$\frac{15 \times 10^{-2} \cdot 10^{-2} \text{ m}^2}{2} = \left(\frac{15}{2}\right) \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 7,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \tag{2.2}$$

8. Abbiamo trovato che il risultato è espresso in metri quadri.
Questa è effettivamente l'unità di misura delle aree nel S.I. .

2.7 Densità

Esercizio 6 Trova la densità di un cubo la cui massa è 2 kg e il cui spigolo misura 58 mm.

La densità di un corpo è definita come il rapporto tra la sua massa e il suo volume. Nel S.I. la massa si esprime in kg e il volume in m^3 . Troviamo il volume del cubo esprimendo il risultato nel S.I. .

$$l = 58 \text{ mm} = 58 \times 10^{-3} \text{ m} \quad (2.3)$$

$$V = l^3 = (58 \times 10^{-3} \text{ m})^3 = 1,95 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \quad (2.4)$$

La densità è:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{2 \text{ kg}}{1,95 \times 10^{-4} \text{ m}^3} = 1,025 \times 10^4 \text{ kg/m}^3 \quad (2.5)$$

Esercizio 7 Un oggetto a forma di sfera, il cui raggio misura 23 cm, ha una densità $d = 1200 \text{ kg/m}^3$.

1. Qual è il volume dell'oggetto?
2. Qual è la sua massa?

1. Troviamo il volume della sfera esprimendo il risultato nel S.I. .

$$r = 23 \text{ cm} = 23 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,3 \times 10^{-1} \text{ m} \quad (2.6)$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (2,3 \times 10^{-1} \text{ m})^3 = 5,10 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \quad (2.7)$$

2. Usiamo la definizione di densità per ricavare la sua massa.

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d \cdot V \quad (2.8)$$

Infine la sua massa è:

$$m = d \cdot V = 1200 \text{ kg/m}^3 \cdot 5,10 \times 10^{-2} \text{ m}^3 = 61,2 \text{ kg} \quad (2.9)$$