



# FOCUS SULLA VISIONE D'INSIEME

*Partendo dall'osservazione del mondo reale, il libro offre gli strumenti per un apprendimento ottimale e aiuta gli studenti a mantenere il focus su una visione d'insieme.*

Basato su tecniche didattiche collaudate, *Fondamenti di fisica - Un approccio strategico* definisce un nuovo standard per lo studio della fisica fondamentale, ottenendo un ampio riconoscimento da parte di studenti e docenti.

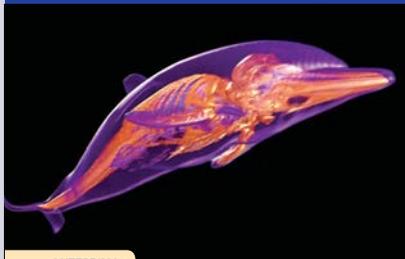


Gli studenti apprendono un vero e proprio metodo di osservazione del mondo reale e di focalizzazione su una visione d'insieme, sviluppando competenze cruciali di problem solving e acquisendo una maggiore consapevolezza nel percorso della conoscenza.



# FOCUS DELLO STUDENTE ...

## 24 Campi magnetici e forze magnetiche



Questa immagine dettagliata del sistema scheletrico di un delfino non è stata fatta con i raggi X, ma con il magnetismo. In che modo?

### ANTEPRIMA ▶

Obiettivo: studiare i campi magnetici e apprendere come questi esercitano delle forze sulle correnti e sulle cariche in movimento.

#### Campi magnetici

Una bussola è un dipolo magnetico. Essa ruoterà per allinearsi con un campo magnetico.



Impareremo come usare le bussole e altri strumenti per mappare i campi magnetici.

#### Sorgenti del campo

I magneti producono un campo magnetico, così come i fili percorsi da corrente, i circuiti e le bobine.



Impareremo a descrivere i campi magnetici generati dalle correnti. Questa limatura di ferro mostra la forma del campo magnetico di questo filo percorso da corrente.

#### Effetti del campo

I campi magnetici esercitano delle forze sulle particelle cariche in movimento e sulle correnti elettriche.



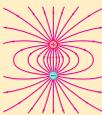
Vedremo come il moto di particelle cariche nel campo magnetico terrestre produce le aurore boreali.

### FLASHBACK ◀

#### I campi elettrici

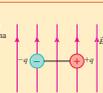
Nel Capitolo 20, abbiamo descritto le interazioni elettriche tra corpi carichi in termini del modello di campo.

Abbiamo appreso come disegnare e interpretare il campo elettrico di un dipolo. In questo capitolo, vedremo come un dipolo magnetico produce un campo magnetico con una struttura simile.



#### PAUSA DI RIFLESSIONE

Un dipolo elettrico in un campo elettrico uniforme sperimenta una forza risultante nulla, ma un momento torcente non nullo. La relazione di questo dipolo sarà A. In senso orario. B. In senso antiorario.



## new UN'ANTEPRIMA PER OGNI CAPITOLO

Semplificate e focalizzate sui tre concetti più importanti di ciascun capitolo, le anteprime sono legate a specifici obiettivi di apprendimento. Contengono inoltre un riferimento esplicito a uno o due concetti importanti dei capitoli precedenti e terminano con una nuova Pausa di riflessione che consente agli studenti di utilizzare la conoscenza acquisita in precedenza e di integrarla con i nuovi contenuti che stanno per scoprire.

## UN RIEPILOGO PER OGNI CAPITOLO

Alle anteprime dei capitoli corrispondono dei riepiloghi contenenti descrizioni che aiutano gli studenti a ripassare e a organizzare quanto hanno appreso prima di affrontare il capitolo successivo.

I riepiloghi mirano a consolidare la comprensione esprimendo i concetti con le parole, con la matematica e con le figure, organizzando il tutto in una gerarchia coerente, dai Principi generali alle Applicazioni.

### RIEPILOGO

Obiettivo: studiare i campi magnetici e apprendere come questi esercitano delle forze sulle correnti e sulle cariche in movimento.

#### PRINCIPI GENERALI

##### Sorgenti del magnetismo

Campi magnetici possono essere generati da:

- Correnti elettriche
- Magnetismo permanenti



L'unità fondamentale del magnetismo è il dipolo magnetico, formato da un polo nord e un polo sud.

Tre tipi fondamentali di dipolo sono:

##### Conseguenze del magnetismo

I campi magnetici esercitano forze a lunga distanza sui materiali magnetici, sulle cariche in movimento o sulle correnti.

• I poli di tipo opposto si attraggono mentre quelli di tipo uguale si respingono.

• Un campo magnetico esercita una forza sulle particelle cariche in movimento.

• I fili paralleli percorsi da correnti nella stessa direzione si attraggono tra loro, mentre quelli percorsi da correnti in direzioni opposte, si respingono l'un l'altro.

I campi magnetici esercitano momenti sui dipoli magnetici, allineando i loro assi al campo.

#### CONCETTI IMPORTANTI

##### Il campo magnetico

La direzione e il verso del campo magnetico

- sono la direzione e il verso in cui punta il polo nord dell'ago di una bussola.
- nel caso in cui sia prodotto da una corrente possono essere trovati utilizzando la regola della mano destra per i campi.

L'intensità di un campo magnetico è

- proporzionale al momento sull'ago della bussola quando essa viene leggermente ruotata rispetto alla direzione del campo.
- misurata in tesla (T).

##### Forze magnetiche e momenti

Il modulo della forza magnetica su una carica in movimento dipende dalla sua carica  $q$ , dalla sua velocità  $v$  e dall'angolo  $\alpha$  tra la velocità e il campo:

$$F = |q|vB \sin \alpha$$

La direzione e il verso di questa forza su una carica positiva sono dati dalla regola della mano destra per le forze.

Il modulo della forza su un filo percorso da corrente perpendicolare al campo magnetico dipende dalla corrente e dalla lunghezza del filo:  $F = ILB$ .

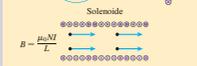
Il momento su una spira percorsa da corrente in un campo magnetico dipende dalla corrente, dall'area della spira, e da come la spira è orientata rispetto al campo:

$$\tau = (IA)B \sin \theta$$

#### APPLICAZIONI

##### Campi dovuti a correnti comuni

Filo lungo e rettilineo



##### Moto di particelle cariche

Non ci sono forze se  $\vec{v}$  è parallela a  $\vec{B}$ .



Se  $\vec{v}$  è perpendicolare a  $\vec{B}$ , la particella è soggetta a un moto circolare uniforme con un raggio  $r = mv \perp / qB$ .

##### Stabilità dei dipoli magnetici

Un dipolo magnetico è stabile (in uno stato energetico più basso) quando esso è allineato in direzione parallela al campo magnetico esterno. Esso è instabile (in uno stato energetico più alto) quando è allineato in direzione antiparallela al campo.

Il campo di prova di uno scanner MRI misura il capovolgimento dei dipoli magnetici tra queste due orientazioni.

# SULLA VISIONE D'INSIEME

## SINTESI 3.1 Moto del proiettile

Le componenti orizzontale e verticale del moto del proiettile sono indipendenti, ma devono essere analizzate insieme.

Un corpo viene lanciato in aria con un angolo  $\theta$  rispetto all'orizzontale.

Dopo il lancio, il moto verticale è di caduta libera.

La componente verticale della velocità iniziale è la velocità iniziale per il moto verticale.

Nel moto verso l'alto o verso il basso l'accelerazione è la stessa,  $a_y = -g$ .

Dopo il lancio, il moto orizzontale è un moto uniforme.

La componente orizzontale della velocità iniziale è la velocità iniziale per il moto orizzontale.

L'accelerazione è nulla.

Le equazioni cinematiche per il moto del proiettile sono quelle di un moto ad accelerazione costante per la componente verticale e di un moto a velocità costante per la componente orizzontale:

Il moto verticale è di caduta libera.

L'accelerazione di caduta libera, è  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .

Il moto orizzontale è un moto uniforme.

Le due equazioni sono collegate dall'intervallo di tempo  $\Delta t$ , che è lo stesso per i moti verticale e orizzontale.

$$(v_y)_t = (v_y)_i - g \Delta t$$

$$y_t = y_i + (v_y)_i \Delta t - \frac{1}{2} g (\Delta t)^2$$

$$(v_x)_t = (v_x)_i = \text{costante}$$

$$x_t = x_i + (v_x)_i \Delta t$$

## new I RIQUADRI DI SINTESI

Mettendo insieme concetti chiave, principi ed equazioni, questo strumento concettuale è stato ideato per evidenziare i collegamenti e le differenze. Più che di un riepilogo si tratta di sottolineare le relazioni più profonde e di mostrare punti in comune o in contrasto.

## new FIGURE DI CONTROLLO

Per incoraggiare gli studenti a comprendere attivamente figure chiave o complesse, si richiede loro di rispondere alla domanda della Pausa di riflessione associata.

## new STRATEGIE DI RISOLUZIONE DEI PROBLEMI

Le Strategie di risoluzione dei problemi specifiche per ogni tema forniscono agli studenti un quadro e una guida per ampie classi di problemi. Gli enunciati generali forniscono la "visione d'insieme", spiegando chiaramente per quali tipi di problemi serve una determinata strategia e/o come utilizzare tale strategia.

FIGURA 7.21 Segni e valori del momento di una forza.

Massimo momento positivo per una forza perpendicolare alla linea radiale.

Una forza che spinge nella direzione del fulcro esercita un momento nullo.

Linea radiale

Punto di applicazione della forza

Punto di rotazione

Un momento positivo porta il corpo a ruotare in senso antiorario rispetto al fulcro.

Una forza che tira in direzione opposta rispetto al fulcro esercita un momento nullo.

Un momento negativo porta il corpo a ruotare in senso orario rispetto al fulcro.

Massimo momento negativo per una forza perpendicolare alla linea radiale.

**PAUSA DI RIFLESSIONE 7.3** Una ruota gira liberamente attorno ad un asse centrale. Utilizzando le informazioni della Figura 7.21, quale delle forze mostrate nella figura eserciterà il maggiore momento positivo sulla ruota?

## STRATEGIA DI RISOLUZIONE DEI PROBLEMI 8.1 Problemi di equilibrio statico

Se un corpo è in equilibrio statico, possiamo usare la condizione che la forza totale e il momento totale devono essere entrambi nulli come una base di partenza per risolvere i problemi.

**IMPOSTAZIONE** Rappresentiamo il corpo con una forma semplice. Disegniamo una descrizione visiva che riporta tutte le forze e le distanze. Facciamo una lista delle informazioni note.

- Scegliamo un asse o un fulcro (punto di rotazione) rispetto al quale i momenti saranno calcolati.
- Determiniamo il momento rispetto a questo punto di rotazione associato a ciascuna forza che agisce sul corpo. I momenti dovuti alle forze che agiscono in direzione del fulcro sono nulli.
- Determiniamo il segno di ogni momento rispetto al fulcro.

**SOLUZIONE** I passaggi matematici sono basati sulle condizioni:

$$\vec{F}_{\text{tot}} = \vec{0} \quad \text{e} \quad \tau_{\text{tot}} = 0$$

- Scriviamo le equazioni per  $\sum F_x = 0$ ,  $\sum F_y = 0$  e  $\sum \tau = 0$ .
- Risolviamo le equazioni risultanti.

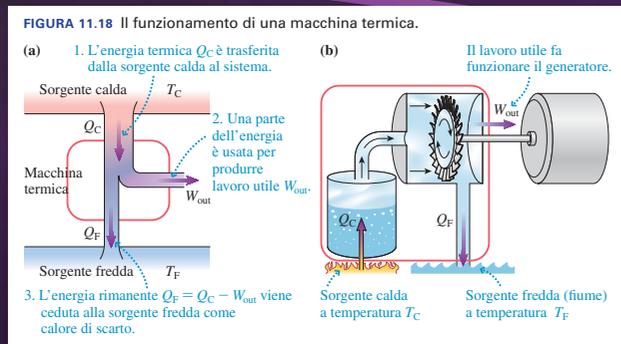
**VERIFICA** Controlliamo che i nostri risultati siano ragionevoli e rispondano alle domande del problema.



# FOCUS SUGLI STUDENTI...

*Bilanciamento tra approccio qualitativo e approccio quantitativo...*

*Figure che insegnano...*



*Rappresentazioni multiple...*



*Correggere i falsi convincimenti...*

*Un approccio induttivo...*

**STRATEGIA E TATTICA 7.1** **Trovare il centro di gravità**

- 1 Scegliamo un'origine per il nostro sistema di coordinate. Possiamo scegliere qualsiasi punto conveniente come origine.
- 2 Determiniamo le coordinate  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ , ... per tutte le particelle di massa rispettivamente  $m_1, m_2, m_3, \dots$
- 3 La coordinata  $x$  del centro di gravità è

$$x_{cg} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + x_3 m_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots} \quad (7.15)$$

- 4 In modo analogo, la coordinata  $y$  del centro di gravità è

$$y_{cg} = \frac{y_1 m_1 + y_2 m_2 + y_3 m_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots} \quad (7.16)$$

*Enfasi su competenze pratiche...*

# PEDAGOGIA BASATA

Knight, Jones e Field hanno progettato questo libro pensando costantemente agli studenti e basandosi sui risultati delle ultime ricerche in didattica della fisica...

# E SULLE MODALITÀ DI APPRENDIMENTO

Esercitazioni guidate...

Equazioni commentate...

312 CAPITOLO 10 Energia e lavoro

### 10.6 Applicazione della legge di conservazione dell'energia

L'equazione lavoro-energia stabilisce che la variazione dell'energia totale di un sistema equivale all'energia trasferita da o a un sistema sotto forma di lavoro. Se si considerano solo quelle forme di energia che sono tipicamente trasformate durante il movimento di corpi ordinari – l'energia cinetica  $K$ , le energie potenziali gravitazionale ed elastica  $U_g$  e  $U_e$  e l'energia termica  $E_{th}$  – allora l'equazione lavoro-energia può essere scritta nel modo seguente:

$$\Delta K + \Delta U_g + \Delta U_e + \Delta E_{th} = W \quad (10.17)$$

Esattamente come per la conservazione della quantità di moto, vogliamo sviluppare una prospettiva del prima-e-dopo per la conservazione dell'energia. Possiamo far ciò notando che  $\Delta K = K_f - K_i$ ,  $\Delta U_g = (U_g)_f - (U_g)_i$  e così via. Quindi l'equazione 10.17 può essere scritta come

$$K_f + (U_g)_f + (U_e)_f + E_{th,f} = K_i + (U_g)_i + (U_e)_i + E_{th,i} + W \quad (10.18)$$

L'Equazione 10.18 è la versione del "prima-e-dopo" dell'equazione lavoro-energia. Stabilisce che l'energia finale di un sistema, compresa qualsiasi variazione di energia termica nello stesso, è pari alla sua energia iniziale più qualsiasi altra energia aggiunta al sistema sotto forma di lavoro. Questa equazione sarà la base per una potente strategia di soluzione dei problemi, presentata nel riquadro Strategia di risoluzione dei problemi 10.1.

**CAVITÀ** Non scriviamo  $\Delta E_{th}$  come  $(E_{th})_f - (E_{th})_i$  nell'Equazione 10.18 perché i valori iniziali e finali dell'energia termica sono tipicamente sconosciuti; solo la loro differenza  $\Delta E_{th}$  può essere misurata.

#### Conservazione dell'energia

Nella Sezione 10.1, abbiamo introdotto l'idea di un sistema isolato – un sistema in cui nessun lavoro viene svolto sul sistema o dal sistema e quindi non avviene trasferimento di energia verso il sistema o a partire dal sistema. In questo caso,  $W = 0$  nell'Equazione 10.18, in modo che

$$K_f + (U_g)_f + (U_e)_f + E_{th,f} = K_i + (U_g)_i + (U_e)_i + E_{th,i} \quad (10.18a)$$

L'Equazione 10.18a stabilisce che per un sistema isolato l'energia si conserva, cioè l'energia finale, includendo ogni variazione di energia termica, rimane uguale all'energia iniziale. Questa è la legge di conservazione dell'energia, Equazione 10.4, ma limitata a quelle forme di energia tipiche del movimento meccanico. La Tabella 10.2 mostra come scegliere un sistema isolato per quattro situazioni comuni.

TABELLA 10.2	Scelta di un sistema isolato			
Un corpo in caduta libera	Un corpo che scivola su un piano inclinato senza attrito	Un corpo che comprime una molla	Un corpo che scivola su una superficie con attrito	
Scegliamo la palla e la Terra come sistema. Affinché le forze d'interazione siano forze interne, non ci sono forze esterne a compiere lavoro, per questo il sistema è isolato.	La forza esterna che il piano inclinato esercita sul corpo è perpendicolare al moto, e quindi non compie lavoro. Il corpo e la Terra insieme formano un sistema isolato.	Scegliamo il corpo e la molla come sistema. Le forze tra loro sono forze interne, quindi nessun lavoro è fatto sul sistema.	Il blocco e la superficie interagiscono tramite forze d'attrito dissipative, ma sono forze interne al sistema. Non ci sono forze esterne che compiono lavoro, quindi il sistema è isolato.	

Corrente nel filo (A) → Campo magnetico (T)

$$F_{\text{filo}} = ILB \sin \alpha \quad (24.9)$$

Lunghezza del filo nel campo magnetico → Angolo tra il filo e il campo magnetico

Analogie visive...

FIGURA 22.7 L'acqua in un condotto fa ruotare una turbina.

La quantità d'acqua che lascia la turbina è uguale alla quantità d'acqua che entra; il numero di elettroni che lasciano la lampadina è uguale al numero di elettroni che entrano.

Flusso di elettroni

Uso ottimale del colore...

Apprendimento attivo...

**PAUSA DI RIFLESSIONE 10.4** Ordina, dalla più grande alla più piccola, le energie potenziali gravitazionali delle 4 palle di uguale massa.

Risoluzione dei problemi strutturata...

# SULLA RICERCA

gli autori hanno voluto fornire agli studenti un libro di testo accattivante, meno enciclopedico e ottimizzato per l'apprendimento con l'ausilio di numerosi disegni e immagini e di esempi concreti tratti dal mondo reale.



# FOCUS DEGLI STUDENTI... SUI PROPRI OBIETTIVI

**new** UNA MAGGIORE ENFASI SUL RAGIONAMENTO  
E SUL PENSIERO CRITICO

## Esercitazioni per test di tipo MCAT

### Proprietà termiche degli oceani

Le variazioni stagionali delle temperature degli oceani riguardano solo gli strati più alti dell'acqua, fino a una profondità di circa 500 m. Questo strato "misto" è termicamente isolato dalle fredde acque profonde sottostanti. La temperatura media di questo strato superficiale degli oceani, che ha un'estensione di  $3.6 \cdot 10^8 \text{ km}^2$ , è approssimativamente di  $17^\circ\text{C}$ .

In aggiunta alle variazioni stagionali della temperatura, gli oceani hanno subito un trend di riscaldamento termico nel corso dell'ultimo secolo che dovrebbe continuare col variare del clima della Terra. Un oceano più caldo significa maggiori volumi d'acqua; quindi gli oceani si alzeranno. Supponiamo che lo strato più superficiale degli oceani mondiali aumenti la sua temperatura da  $T_i$  a  $T_f$ . L'area degli oceani non cambierà, poiché questa è fissata dalle dimensioni dei bacini oceanici; quindi qualsiasi espansione termica dell'acqua provocherà un innalzamento delle acque, come mostrato nella Figura P12.109. Il volume originale è il prodotto della profondità originale e dell'area superficiale,  $V_i = Ad_i$ . La variazione nel volume è data da  $\Delta V = A \Delta d$ .

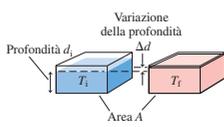


FIGURA P12.109

109. I Se lo strato superficiale dell'acqua di spessore pari a 500 m aumentasse la temperatura da  $17^\circ\text{C}$  a  $18^\circ\text{C}$ , quale sarebbe il risultante innalzamento delle acque nell'oceano?

- A. 0.11 m      B. 0.22 m  
C. 0.44 m      D. 0.88 m

Il Medical College Admission Test (MCAT) è un esame di ammissione alle Medical Schools statunitensi e canadesi. A prescindere dal tipo di percorso specifico per l'America del Nord, l'approccio degli esercizi finalizzati all'esame MCAT, conservati nella presente edizione italiana, consente di valutare la comprensione dei concetti del corso testando la capacità dello studente di applicare questi concetti ai sistemi viventi. Gli esercizi sono interessanti in quanto richiedono allo studente di utilizzare ciò che ha appreso per analizzare situazioni mai incontrate prima, creando modelli semplificati ma realistici della realtà. Le capacità di ragionamento dello studente sono importanti quanto le capacità di comprendere le leggi universali della fisica.

## UN MAGGIOR NUMERO DI APPLICAZIONI NEL CAMPO BIOMEDICO E NELLE SCIENZE DELLA VITA

Utilizzando costantemente l'osservazione del mondo reale, il testo contiene numerosi riferimenti agli esseri viventi, dagli esempi citati alle esercitazioni di fine capitolo, fornendo agli studenti la pratica essenziale nell'applicazione dei principi fisici fondamentali a situazioni reali.

### ESEMPIO CONCETTUALE 13.13 Pressione sanguigna e malattie cardiovascolari **BO**

Le malattie cardiovascolari sono dovute a un restringimento delle arterie causato dall'accumulo di placca ossia di depositi sulle pareti interne. Le immagini in risonanza magnetica, come vedremo nel Capitolo 24, sono in grado di fornire immagini tridimensionali delle strutture all'interno del corpo con dovizia di dettagli. Nella figura viene mostrata l'arteria carotide che porta il sangue alla testa, con un pericoloso restringimento, una *stenosi*, indicata dalla freccia.



Se la sezione di un'arteria ha un restringimento dell'8%, non così grande come la stenosi mostrata, di quale percentuale deve aumentare la differenza di pressione all'estremità della sezione ristretta per mantenere invariata la portata del sangue?

**SPIEGAZIONE** Secondo l'equazione di Poiseuille, la differenza di pressione  $\Delta p$  deve aumentare per compensare la diminuzione del raggio  $R$  dell'arteria se la portata  $Q$  del sangue deve restare invariata. Se scriviamo l'equazione di Poiseuille come

$$R^4 \Delta p = \frac{8\eta L Q}{\pi}$$

vediamo che il prodotto  $R^4 \Delta p$  deve restare invariato se l'arteria deve mantenere la stessa portata. Indichiamo il raggio iniziale e la differenza di pressione dell'arteria rispettivamente con  $R_i$  e  $\Delta p_i$ . La malattia riduce il raggio dell'8%; questo significa che  $R_f = 0.92R_i$ . La condizione

$$R_i^4 \Delta p_i = R_f^4 \Delta p_f$$

può essere risolta in modo da determinare la nuova differenza di pressione:

$$\Delta p_f = \frac{R_i^4}{R_f^4} \Delta p_i = \frac{R_i^4}{(0.92R_i)^4} \Delta p_i = 1.4 \Delta p_i$$

Per mantenere il flusso invariato la differenza di pressione deve aumentare del 40%.

**VERIFICA** Poiché la velocità del flusso dipende da  $R^4$ , anche piccole variazioni del raggio richiedono una grande variazione di  $\Delta p$  per compensare. O la pressione sanguigna della persona aumenta, il che è pericoloso, oppure lui o lei soffrirà una significativa riduzione del flusso sanguigno. Per la stenosi mostrata nell'immagine, la riduzione del raggio è molto maggiore dell'8%, quindi la differenza di pressione sarà maggiore e molto più pericolosa per il paziente.



Ad ogni passo, il tendine si allunga, immagazzinando un'energia pari a circa 35 J.

**La molla nei tuoi passi **BO**** Quando corriamo, perdiamo una parte della nostra energia meccanica ogni volta che il piede tocca il terreno; questa energia è trasformata in energia termica che è irrecuperabile. Per fortuna, circa il 35% del decremento della nostra energia meccanica, quando il piede tocca il terreno, rimane immagazzinata nel tendine di Achille, un tendine allungabile della parte inferiore della gamba. Ad ogni passo del piede, il tendine viene allungato, immagazzinando dell'energia. Il tendine poi ritorna alla sua posizione di riposo restituendo la spinta elastica quando il piede si stacca nuovamente dal terreno, aiutando così il nostro movimento in avanti. Questa energia recuperata riduce la quantità di energia chimica interna usata, incrementando la nostra efficienza.

# Fondamenti di fisica

Un approccio strategico

RANDALL D. KNIGHT

*California Polytechnic State University, San Luis Obispo*

BRIAN JONES

*Colorado State University*

STUART FIELD

*Colorado State University*

*Edizione italiana sulla terza in lingua inglese  
a cura di*

ROBERTO MAOLI

*Dipartimento di Fisica  
Università di Roma "La Sapienza"*

**PICCIN**

Authorized translation from the English language edition, entitled  
COLLEGE PHYSICS: A STRATEGIC APPROACH, 3rd Edition  
by RANDALL KNIGHT; BRIAN JONES; STUART FIELD  
published by Pearson Education, Inc, publishing as Addison-Wesley, Copyright © 2015

All rights reserved

No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical,  
including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson  
Education, Inc.

Traduzione dell'Edizione in lingua inglese, intitolata  
COLLEGE PHYSICS: A STRATEGIC APPROACH, 3rd Edition  
by RANDALL KNIGHT; BRIAN JONES; STUART FIELD  
published by Pearson Education, Inc, publishing as Addison-Wesley, Copyright © 2015

*Immagine di copertina:* Borut Trdina/Getty Images

Traduzione di Anna Teresa Bini

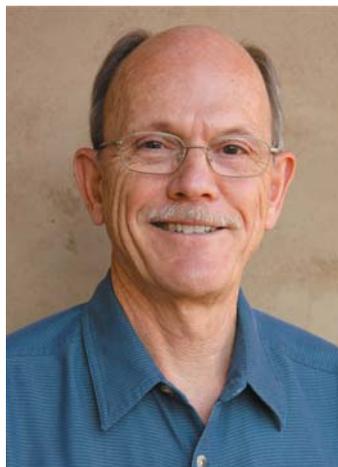
Opera coperta dal diritto d'autore – tutti i diritti sono riservati.

Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto,  
distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte,  
o utilizzato in alcun altro modo o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'editore. Qualsiasi  
distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche,  
costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo  
quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

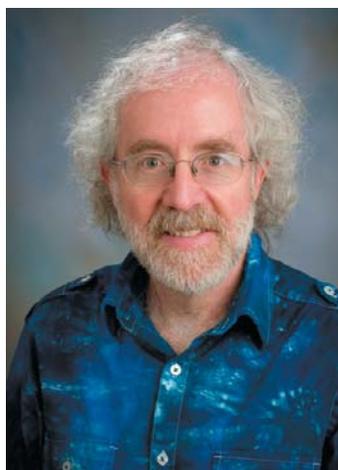
ISBN 978-88-299-2790-6

Stampato in Italia

# Gli Autori



**Randy Knight** ha insegnato fondamenti di fisica per 32 anni all'Ohio State University e alla California Polytechnic University, dove è Professore Emerito di Fisica. Ha conseguito il dottorato in fisica a Berkeley, presso la University of California, e ha svolto attività di post doc presso l'Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics prima di entrare a far parte dell'Ohio State University. In Ohio ha iniziato a dedicarsi alla ricerca sulla didattica della fisica che lo ha portato, diversi anni dopo, a pubblicare il testo *Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching*, *Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach*, e recentemente il presente libro. Gli ambiti di ricerca di Randy Knight sono la spettroscopia laser e la scienza ambientale. Durante il tempo libero Randy Knight coltiva numerosi interessi tra cui il trekking, la canoa marina e il pianoforte. È sposato con Sally e ha sei gatti.



**Brian Jones** ha conseguito diversi premi per la didattica presso la Colorado State University nel corso dei suoi 25 anni d'insegnamento presso il Dipartimento di Fisica. In questi ultimi anni si è dedicato in particolare all'insegnamento della fisica fondamentale (College Physics), elaborando i problemi per i test d'ingresso alla facoltà di medicina americana e aiutando gli studenti a ottenere la preparazione necessaria per questo tipo di prova. Nel 2011, Brian Jones è stato insignito della medaglia Robert A. Millikan dell'American Association of Physics Teacher per il suo lavoro di direttore del Little Shop of Physics, un programma di divulgazione scientifica attraverso un approccio pratico. Brian Jones è attivamente impegnato nella ricerca di metodi per una didattica scientifica informale e nella loro applicazione anche nell'ambito dell'insegnamento universitario. È stato invitato nell'ambito di diversi workshop sulle tecniche dell'istruzione scientifica negli Stati Uniti, nel Belize, in Cile, in Etiopia, in Azerbaijan, in Messico e in Slovenia. Una curiosità: Brian Jones e sua moglie Carol possiedono un grande frutteto, nel quale è presente un melo che deriva da un albero che era presente nel giardino di Isaac Newton.



**Stuart Field** ha da sempre una grande passione per la scienza e per la tecnologia. Quando era ancora uno studente costruiva telescopi, circuiti elettronici e computer. Dopo avere frequentato la Stanford University, ha conseguito un dottorato alla University of Chicago, dove ha studiato le proprietà dei materiali a bassissime temperature. Dopo un'esperienza come post doc presso il Massachusetts Institute of Technology, ha avuto un incarico presso la University of Michigan. Attualmente alla Colorado State University, Stuart Field è titolare di una varietà di corsi di fisica ed è stato uno dei primi professori ad adottare con entusiasmo il testo *Physics for Scientists and Engineers* di Randy Knight. L'autore mantiene un programma di ricerca attivo nel campo della superconduttività. Ama i grandi spazi aperti del Colorado ed è un appassionato di mountain bike; gioca inoltre nel campionato locale di hockey su ghiaccio.

# Prefazione per il Docente

La versione originale del presente testo è stata pubblicata per la prima volta negli Stati Uniti nel 2006, con il titolo *College Physics: A Strategic Approach*. Gli Autori intendevano proporre un nuovo approccio nello studio della fisica per gli studenti di scienze biologiche, architettura, scienze naturali e altre discipline. Essendo il primo libro basato su una ricerca pratica di come gli studenti possano apprendere la fisica in modo più efficace, ha riscosso rapidamente un grande apprezzamento sia da parte dei docenti sia da parte degli studenti americani. Per la seconda edizione e per l'attuale terza edizione, ora tradotta in Italia con il titolo *Fondamenti di fisica: un approccio strategico*, gli autori hanno continuato a basarsi sulle tecniche derivanti dalla ricerca in ambito didattico utilizzate nella prima edizione e sul feedback di migliaia di utenti al fine di favorire ulteriormente l'apprendimento della fisica da parte degli studenti.

## Obiettivi

Gli obiettivi che hanno ispirato gli Autori di *Fondamenti di fisica: un approccio strategico* sono stati:

- Fornire agli studenti un libro di testo che fosse maneggevole per dimensioni, meno enciclopedico nello stile e appositamente studiato per favorire l'apprendimento.
- Integrare nel corso tecniche avvalorate dalla ricerca nella didattica della fisica in un modo che potesse adattarsi a diversi stili di insegnamento e di apprendimento.
- Aiutare gli studenti a sviluppare sia abilità di ragionamento quantitativo, sia una solida comprensione dei concetti, con una particolare attenzione ai concetti ritenuti più ostici da un punto di vista dell'apprendimento.
- Aiutare gli studenti a sviluppare abilità di problem-solving e ad acquisire progressivamente sicurezza utilizzando strategie e tattiche esplicite e coerenti.
- Motivare gli studenti a integrare esempi concreti, pertinenti per le loro discipline, in particolare dalla biologia, dallo sport, dalla medicina, dal mondo animale e dall'esperienza quotidiana.
- Utilizzare tecniche di istruzione visiva e disegno di comprovata efficacia da un punto di vista della ricerca didattica e della psicologia cognitiva al fine di migliorare l'apprendimento dello studente e la capacità di ricordare i concetti in armonia con diversi stili di approccio allo studio.

## Le novità della presente edizione

Nella revisione del testo per questa terza edizione, gli Autori hanno riconfermato il loro approccio incentrato sugli studenti e sulle loro modalità di apprendimento, utilizzando il feedback di un ampio numero di docenti e studenti, compreso il panel consultivo di studenti, al fine di migliorare il testo, i diagrammi e i problemi alla fine dei capitoli. I cambiamenti apportati sono i seguenti:

- **Anteprime capitoli** più mirate, il cui scopo è quello di fornire una breve anteprima visiva e non tecnica, che aiuta gli studenti a organizzare il proprio pensiero e a migliorare la loro comprensione dei contenuti del capitolo.
- Nuovi **riquadri di Sintesi** che riassumono concetti, principi ed equazioni chiave al fine di evidenziare collegamenti e differenze.
- Nuove **figure esplicative** incoraggiano gli studenti a cimentarsi attivamente con figure chiave o complesse e a ragionare tramite le Pause di riflessione e le relative domande.

- Un maggior numero di **Pause di riflessione con relative domande** permette agli studenti di affrontare gli argomenti fondamentali in modo pratico nel corso dei capitoli.
- Nuovi **Flashback** per incoraggiare gli studenti a ripassare argomenti importanti dei capitoli precedenti.
- Nuovi riquadri relativi alle **Strategie di risoluzione dei problemi** forniscono agli studenti la “visione d’insieme” della strategia prima di affrontare i dettagli, così come le anteprime dei capitoli forniscono la “visione d’insieme” del capitolo.
- **Un testo snello, corredato da figure più chiare**, consente una migliore focalizzazione dell’argomento e corrisponde maggiormente alle esigenze degli studenti. Gli Autori hanno selezionato accuratamente ogni diagramma, didascalia, spiegazione e fotografia per migliorarne la chiarezza e focalizzarne il ruolo.
- Un maggiore utilizzo di **equazioni commentate** che aiutano gli studenti a decifrare il loro significato e quali siano le variabili e le unità.
- Una maggiore enfasi su **pensiero critico e ragionamento**. Gli esempi accuratamente selezionati e i problemi posti alla fine dei capitoli promuovono queste abilità.
- Un maggiore utilizzo di **dati reali** permette agli studenti di attribuire un significato alle risposte che sono ancorate al mondo reale. Gli esempi e i problemi proposti utilizzano cifre e dati reali e sollecitano diversi tipi di ragionamento attraverso equazioni, proporzioni e grafici.
- **Problemi di fine capitolo migliorati**, grazie, in particolare, agli input del panel consultivo, a un rigoroso processo di blind solving e ad accurati controlli, nonché a una maggiore chiarezza, utilità e varietà. Sono stati aggiunti problemi basati sul mondo reale e situazioni di carattere biomedico e problemi che ampliano la gamma delle capacità di ragionamento di cui gli studenti hanno bisogno per ricercare le soluzioni.

Gli Autori hanno inoltre apportato diverse piccole migliorie al testo, fornendo maggiori spiegazioni per i concetti più complessi e riordinando e riorganizzando il materiale in modo che ogni sezione e ogni capitolo risultassero più chiari negli intenti.

Le variazioni più significative sono le seguenti:

- La trattazione del moto circolare nei Capitoli 3, 6 e 7 è stata riorganizzata per una più naturale progressione degli argomenti. L’accelerazione nel moto circolare è ora introdotta nel Capitolo 3, la frequenza e il periodo sono trattati nel Capitolo 6, mentre la posizione angolare e la velocità angolare sono ora affrontate nel Capitolo 7. Il moto circolare descritto nel Capitolo 3 evidenzia l’uso di vettori per comprendere la natura dell’accelerazione centripeta. Nel Capitolo 6, il focus è sulla dinamica, mentre nel Capitolo 7, estendiamo queste idee al moto rotazionale.
- La trattazione della legge della conservazione dell’energia nella Sezione 10.6 è stata aggiornata per fornire un flusso più logico e coerente dalla forma più generale della legge verso versioni più specifiche per sistemi isolati e quindi per sistemi dotati di sola energia meccanica.
- Il materiale nel Capitolo 11 che espone la connessione da un punto di vista microscopico tra l’energia termica e la temperatura di un gas ideale è stato spostato al Capitolo 12, dove è maggiormente pertinente con il modello di un gas ideale presentato in questo capitolo.
- Gli argomenti minori che sono stati rimossi a beneficio di una linea espositiva più lineare comprendono le linee antinodali per le onde sonore nel Capitolo 16, la massima intensità delle frange brillanti di un reticolo di diffrazione nel Capitolo 17, l’esposizione nel Capitolo 19 e i grafici di elevazione nel Capitolo 21.
- L’inizio del Capitolo 21 è stato rivisto per chiarire l’origine dell’energia potenziale elettrica effettuando un collegamento più concreto tra energia potenziale elettrica ed energie potenziali più familiari, come l’energia potenziale elastica e gravitazionale.

- La trattazione delle onde elettromagnetiche nel Capitolo 25 è stata semplificata per un maggiore focus sulla natura delle onde, sul significato di polarizzazione e sull'applicazione di queste idee a situazioni del mondo reale.

## Organizzazione del libro

*Fondamenti di fisica: un approccio strategico*, edizione italiana della terza edizione di *College Physics: A Strategic Approach*, è suddiviso in 26 capitoli. Il libro è organizzato in sei parti: Parte I: *Forza e Moto*, Parte II: *Leggi di conservazione*, Parte III: *Proprietà della materia*, Parte IV: *Oscillazioni e onde*, Parte V: *Ottica*, Parte VI: *Elettricità e magnetismo*.

La Parte I è dedicata alle leggi di Newton e alle loro applicazioni. Lo studio delle due principali leggi di conservazione, quantità di moto ed energia, viene affrontato nella Parte II, per due ragioni. In primo luogo, il modo in cui i problemi vengono risolti usando le leggi di conservazione — confrontando il *prima* e il *dopo* delle situazioni analizzate — differisce in modo sostanziale dalle strategie di risoluzione dei problemi utilizzate nelle dinamiche Newtoniane. In secondo luogo, il concetto di energia ha un significato che va oltre le energie meccaniche (cinetica e potenziale). In particolare, l'idea chiave della termodinamica è l'energia e il passaggio dallo studio dell'energia nella Parte II a quello della termodinamica nella Parte III permette uno sviluppo senza interruzione di questo importante concetto.

Lo studio dell'ottica (Parte V) viene affrontato direttamente dopo le oscillazioni e le onde (Parte IV), ma *prima* dell'elettricità e del magnetismo (Parte VI). Inoltre, affrontiamo lo studio dell'ottica ondulatoria prima dello studio dell'ottica geometrica. Le motivazioni alla base di questa organizzazione sono dupplici. In primo luogo, l'ottica ondulatoria è ampiamente un'estensione delle idee generali delle onde; in un'organizzazione più tradizionale, prima che gli studenti arrivino ad affrontare lo studio dell'ottica ondulatoria avranno già dimenticato larga parte di ciò che avevano appreso sulle onde. In secondo luogo, nel modo in cui l'ottica viene presentata nella fisica introduttiva non si fa uso dei campi elettromagnetici. Le difficoltà documentate che gli studenti incontrano nello studio dell'ottica sono difficoltà legate allo studio delle onde, non allo studio dell'elettricità e del magnetismo. Non ci sono particolari ragioni, se non quelle legate alla tradizione didattica, per ritardare lo studio dell'ottica. Tuttavia, i capitoli sull'ottica possono facilmente essere affrontati dopo la Parte VI, se i docenti preferiscono quest'ordine di trattazione degli argomenti.

## Ringraziamenti

Il libro è frutto di conversazioni con colleghi e, in particolare, ha tratto ispirazione dalle pubblicazioni di molti docenti universitari di fisica. Tra coloro che possono riconoscere la propria influenza citiamo Arnold Arons, Uri Ganiel, Fred Goldberg, Ibrahim Halloun, David Hestenes, Leonard Jossem, Jill Larkin, Priscilla Laws, John Mallinckrodt, Lillian McDermott e i membri del Physics Education Research Group della University of Washington, Edward “Joe” Redish, Fred Reif, John Rigden, Rachel Scherr, Bruce Sherwood, David Sokoloff, Ronald Thornton, Sheila Tobias e Alan Van Heuleven.

Ringraziamo inoltre Larry Smith e Scott Nutter per la redazione dei testi complementari all'edizione americana, Wayne Anderson, Jim Andrews, Nancy Beverly, David Cole, Karim Diff, Jim Dove, Marty Gelfand, Kathy Harper, Charlie Hibbard, Robert Lutz, Matt Moelter, Kandiah Manivannan, Ken Robinson e Cindy Schwarz-Rachmilowitz per il loro contributo alle esercitazioni a fine capitolo; Steven Vogel per la revisione attenta dei

contenuti di biologia di molti capitoli e per gli utili suggerimenti.

Ringraziamo in modo particolare il nostro editor Becky Ruden, il nostro editor di produzione Alice Houston e la nostra project manager Martha Steele e tutto lo staff della Pearson per il loro entusiasmo e il grande impegno dedicato a questo progetto. Un team composto da più autori ha senza dubbio costituito uno dei punti di forza di questo progetto, ma grazie a Becky è stato possibile mantenere un unico focus, grazie a Martha abbiamo curato ogni dettaglio e grazie ad Alice abbiamo potuto sintetizzare le nostre visioni in un insieme coerente.

Ringraziamo Rose Kernan e il team della Nesbitt Graphics/Cenveo, Carol Reitz per il lavoro di copy editor, Eric Schrader per il suo lavoro di ricerca fotografica. Oltre ai revisori e ai tester elencati di seguito, che hanno fornito un preziosissimo feedback, siamo particolarmente grati a Charlie Hibbard per la verifica scrupolosa di ogni singola parola, dei simboli e delle cifre.

**Randy Knight:** ringrazio i miei colleghi di Cal Poly, in particolare Matt Moelter, per le numerose conversazioni e i preziosi suggerimenti. Ringrazio mia moglie Sally per il suo amore, per il suo incoraggiamento e per la sua pazienza.

**Brian Jones:** ringrazio i membri di AAPT e PIRA per le loro intuizioni e le loro idee, gli studenti e i colleghi creativi che sono miei collaboratori nel Little Shop of

Physics, gli studenti del mio corso di College Physics che mi aiutano a essere un insegnante migliore e, soprattutto, ringrazio mia moglie Carol, la mia migliore amica e compagna di viaggio.

**Stuart Field:** ringrazio mia moglie Julie e i miei figli Sam ed Ellen, per il loro amore, sostegno e incoraggiamento.

## Revisori e tester

Ringraziamenti speciali vanno al gruppo di revisori della terza edizione USA del libro: Taner Edis, Marty Gelfand, Jason Harlow, Charlie Hibbard, Jeff Loats, Amy Pope e Bruce Schumm.

David Aaron, *South Dakota State University*  
 Susmita Acharya, *Cardinal Stritch University*  
 Ugur Akgun, *University of Iowa*  
 Ralph Alexander, *University of Missouri—Rolla*  
 Kyle Altmann, *Elon University*  
 Donald Anderson, *Ivy Tech*  
 Michael Anderson, *University of California—San Diego*  
 Steve Anderson, *Montana Tech*  
 James Andrews, *Youngstown State University*  
 Charles Ardary, *Edmond Community College*  
 Charles Bacon, *Ferris State University*  
 John Barry, *Houston Community College*  
 David H. Berman, *University of Northern Iowa*  
 Phillippe Binder, *University of Hawaii—Hilo*  
 Jeff Bodart, *Chipola College*  
 James Boger, *Flathead Valley Community College*  
 Richard Bone, *Florida International University*  
 James Borgardt, *Juniata College*  
 Daniela Bortolotto, *Purdue University*  
 Don Bowen, *Stephen F. Austin State University*  
 Asa Bradley, *Spokane Falls Community College*  
 Elena Brewer, *SUNY - Buffalo*  
 Dieter Brill, *University of Maryland*  
 Hauke Busch, *Augusta State University*  
 Kapila Castoldi, *Oakland University*  
 Raymond Chastain, *Louisiana State University*  
 Michael Cherney, *Creighton University*  
 Lee Chow, *University of Central Florida*  
 Song Chung, *William Paterson University*  
 Alice Churukian, *Concordia College*  
 Christopher M. Coffin, *Oregon State University*  
 John S. Colton, *Brigham Young University*  
 Kristi Concannon, *Kings College*  
 Teman Cooke, *Georgia Perimeter College at Lawrenceville*  
 Daniel J. Costantino, *The Pennsylvania State University*  
 Jesse Cude, *Hartnell College*  
 Melissa H. Dancy, *University of North Carolina at Charlotte*  
 Loretta Dauwe, *University of Michigan—Flint*  
 Mark Davenport, *San Antonio College*  
 Chad Davies, *Gordon College*  
 Lawrence Day, *Utica College*  
 Carlos Delgado, *Community College of Southern Nevada*  
 David Donovan, *Northern Michigan University*

James Dove, *Metropolitan State University of Denver*  
 Archana Dubey, *University of Central Florida*  
 Andrew Duffy, *Boston University*  
 Taner Edis, *Truman State University*  
 Ralph Edwards, *Lurleen B. Wallace Community College*  
 Steve Ellis, *University of Kentucky*  
 Paula Engelhardt, *Tennessee Technical University*  
 Davene Eryes, *North Seattle Community College*  
 Gerard Fasel, *Pepperdine University*  
 Luciano Fleischfresser, *OSSM Autry Tech*  
 Cynthia Galovich, *University of Northern Colorado*  
 Bertram Gamory, *Monroe Community College*  
 Sambandamurthy Ganapathy, *SUNY at Buffalo*  
 Delena Gatch, *Georgia Southern University*  
 Richard Gelderman, *Western Kentucky University*  
 Martin Gelfand, *Colorado State University*  
 Terry Golding, *University of North Texas*  
 Robert Gramer, *Lake City Community College*  
 William Gregg, *Louisiana State University*  
 Paul Gresser, *University of Maryland*  
 Robert Hagood, *Washtenaw Community College*  
 Jason Harlow, *University of Toronto*  
 Heath Hatch, *University of Massachusetts*  
 Carl Hayn, *Santa Clara University*  
 James Heath, *Austin Community College*  
 Zvonko Hlousek, *California State University Long Beach*  
 Greg Hood, *Tidewater Community College*  
 Sebastian Hui, *Florence-Darlington Technical College*  
 Eric Hudson, *The Pennsylvania State University*  
 Joey Huston, *Michigan State University*  
 David Iadevaia, *Pima Community College—East Campus*  
 Fred Jarka, *Stark State College*  
 Ana Jofre, *University of North Carolina—Charlotte*  
 Daniel Jones, *Georgia Tech*  
 Erik Jensen, *Chemeketa Community College*  
 Todd Kalisik, *Northern Illinois University*  
 Ju H. Kim, *University of North Dakota*  
 Armen Kocharian, *California State University Northridge*  
 J. M. Kowalski, *University of North Texas*  
 Laird Kramer, *Florida International University*  
 Christopher Kulp, *Eastern Kentucky University*  
 Richard Kurtz, *Louisiana State University*  
 Kenneth Lande, *University of Pennsylvania*  
 Tiffany Landry, *Folsom Lake College*

Todd Leif, *Cloud County Community College*  
John Levin, *University of Tennessee—Knoxville*  
John Lindberg, *Seattle Pacific University*  
Jeff Loats, *Metropolitan State University of Denver*  
Rafael López-Mobilia, *The University of Texas at San Antonio*  
Robert W. Lutz, *Drake University*  
Lloyd Makorowitz, *SUNY Farmingdale*  
Colleen Marlow, *Rhode Island College*  
Eric Martell, *Millikin University*  
Mark Masters, *Indiana University—Purdue*  
John McClain, *Temple College*  
Denise Meeks, *Pima Community College*  
Henry Merrill, *Fox Valley Technical College*  
Mike Meyer, *Michigan Technological University*  
Karie Meyers, *Pima Community College*  
Tobias Moleski, *Nashville State Tech*  
April Moore, *North Harris College*  
Gary Morris, *Rice University*  
Krishna Mukherjee, *Slippery Rock University*  
Charley Myles, *Texas Tech University*  
Meredith Newby, *Clemson University*  
David Nice, *Bryn Mawr*  
Fred Olness, *Southern Methodist University*  
Charles Oliver Overstreet, *San Antonio College*  
Paige Ouzts, *Lander University*  
Russell Palma, *Minnesota State University—Mankato*  
Richard Panek, *Florida Gulf Coast University*  
Joshua Phiri, *Florence-Darling Technical College*  
Iulia Podariu, *University of Nebraska at Omaha*  
David Potter, *Austin Community College*  
Promod Pratap, *University of North Carolina—Greensboro*  
Michael Pravica, *University of Nevada, Las Vegas*  
Earl Prohovsky, *Purdue University*  
Marilyn Rands, *Lawrence Technological University*  
Andrew Rex, *University of Puget Sound*  
Andrew Richter, *Valparaiso University*  
William Robinson, *North Carolina State University*  
Phylliss Salmons, *Embry—Riddle Aeronautical University*

Michael Schaab, *Maine Maritime Academy*  
Bruce Schumm, *University of California, Santa Cruz*  
Mizuho Schwalm, *University of Minnesota Crookston*  
Cindy Schwarz, *Vassar College*  
Natalia Semushkhina, *Shippensburg University*  
Khazhgery (Jerry) Shakov, *Tulane University*  
Kathy Shan, *University of Toledo*  
Anwar Sheikh, *Colorado Mesa University*  
Bart Sheinberg, *Houston Community College*  
Marllin Simon, *Auburn University*  
Kenneth Smith, *Pennsylvania State University*  
Michael Smutko, *Northwestern University*  
Jon Son, *Boston University*  
Noel Stanton, *Kansas State University*  
Donna Stokes, *University of Houston*  
Chuck Stone, *North Carolina A&T*  
Chun Fu Su, *Mississippi State University*  
Jeffrey Sudol, *West Chester University*  
Scott Thompson, *Georgia Gwinnett College*  
William Tireman, *Northern Michigan University*  
Negussie Tirfessa, *Manchester Community College*  
Rajive Tiwari, *Belmont Abbey College*  
Herman Trivilino, *College of the Mainland*  
Dmitri Tsybychev, *Stony Brook University*  
Douglas Tussey, *Pennsylvania State University*  
Stephen Van Hook, *Pennsylvania State University*  
Manuel Valera, *Slippery Rocky University*  
Christos Valiotis, *Antelope Valley College*  
James Vesenka, *University of New England*  
Stamatis Vokos, *Seattle Pacific University*  
James Wanliss, *Embry—Riddle Aeronautical University*  
Henry Weigel, *Arapahoe Community College*  
Luc T. Wille, *Florida Atlantic University*  
Courtney Willis, *University of Northern Colorado*  
Katherine Wu, *University of Tampa*  
Ali Yazdi, *Jefferson State Community College*  
David Young, *Louisiana State University*  
Hsiao-Ling Zhou, *Georgia State University*  
Todd Zimmerman, *University of Wisconsin—Stout*  
Ulrich Zurcher, *Cleveland State University*

## Comitato studentesco consultivo per la terza edizione USA

Nathalia Alzate, *Auburn University*  
Hannah Chapman, *Colorado State University*  
Rachel Eckert, *California Polytechnic State University—San Luis Obispo*  
Emily Garban, *Colorado State University*  
Tyrel Heckendorf, *Georgia State University*  
Alex Keifer, *California Polytechnic State University—San Luis Obispo*  
Isaac Moore, *The Pennsylvania State University*  
John Peter Polites, *Georgia State University*  
Blair Porterfield, *The Pennsylvania State University*

Rebecca Rogers, *Auburn University*  
Rashawn D. Simmons, *Georgia State University*  
Mary-Catherin Skoulos, *Stony Brook University*  
Brittany Swiderski, *Stony Brook University*  
Jenna Tustin, *Colorado State University*  
Aaron Vermeersch, *Michigan State University*  
Philip E. Weinberg, *Michigan State University*  
Keith Wood, *Auburn University*  
Timothy Yuan, *Stony Brook University*  
Andrew Zilavy, *Colorado State University*

# Prefazione per lo Studente

*La cosa più incomprensibile dell'Universo è che esso sia comprensibile.*  
—Albert Einstein

Se stai seguendo un corso per il quale ti è stato consigliato questo libro, probabilmente non sei iscritto a un corso di laurea in fisica, ma certamente stai seguendo un corso di studi che richiede lo studio della fisica. Probabilmente qualcuno ha deciso che per il corso di studi che hai scelto la fisica fosse importante. E aveva ragione.

Dallo studio della fisica si può apprendere molto anche se non si è scelto di diventare un fisico. Ci capita spesso di sentir dire da medici, fisioterapisti, biologi e altri laureati in materie scientifiche che il corso di fisica è stato uno dei corsi più interessanti e validi che abbiano seguito all'università.

Quindi, che cosa ti aspetti di imparare da questo corso? Iniziamo con il descrivere che cos'è la fisica. La fisica è un modo di riflettere sugli aspetti fisici della natura. La fisica non riguarda dei "fatti". È più focalizzata sulla scoperta delle *relazioni* tra i fatti e i *modelli* che esistono in natura che sull'apprendimento dei fatti in sé. La nostra enfasi sarà sul pensiero e sul ragionamento. Cercheremo i modelli e le relazioni in natura, svilupperemo la logica che mette in relazione idee diverse e ricercheremo le ragioni per cui le cose accadono nel modo in cui accadono.



I concetti e le tecniche che impareremo hanno un ampio campo di applicazione. Nel presente testo abbiamo posto l'accento sull'uso della fisica applicato alla comprensione del mondo vivente. Useremo la nostra conoscenza delle cariche elettriche e del potenziale elettrico per analizzare il segnale elettrico

prodotto dal cuore che batte.

Impareremo come gli squali possono rilevare questo segnale per localizzare la preda e, successivamente, come e perché questa sensibilità elettrica sembra permettere allo squalo martello di rilevare i campi magnetici che lo guidano nella navigazione nell'oceano aperto.

Come per molte altre materie, la fisica si apprende meglio "facendo". "Fare fisica" in questo corso significa risolvere problemi, applicare ciò che è stato appreso per

rispondere alle domande alla fine del capitolo. Quando ti vengono assegnati dei compiti a casa, puoi essere tentato di risolvere semplicemente i problemi sfogliando le pagine del libro alla ricerca di una formula che potrebbe funzionare. Questo non è "fare fisica". Chi ha pensato di inserire questa disciplina nel tuo corso di studi voleva che tu imparassi a *ragionare*. Nello studio e nel lavoro, questa abilità ti servirà sempre.

Come imparerai a ragionare in questo ambito? Non esiste un'unica strategia per studiare la fisica che possa funzionare per tutti gli studenti, ma possiamo darti dei suggerimenti che saranno sicuramente utili:

- **Leggi ogni capitolo prima che venga discusso a lezione** La lezione in classe sarà molto più proficua se ti sarai preparato.
- **Partecipa attivamente durante la lezione** Prendi appunti, poni domande, rispondi, partecipa a gruppi di discussione. È scientificamente dimostrato che la *partecipazione attiva* nell'apprendimento delle materie scientifiche è molto più efficace dell'ascolto passivo.
- **Dopo la lezione, leggi nuovamente il capitolo con attenzione.** Nella seconda lettura, soffermati sui dettagli e sugli esempi. Cerca la *logica* che sta dietro a ciascun esempio, non limitarti a conoscere solo la formula utilizzata.
- **Applica ciò che hai appreso nelle esercitazioni per casa proposte alla fine di ciascun capitolo.** Seguendo le tecniche degli esempi, applicando i suggerimenti per la risoluzione dei problemi, imparerai come applicare la conoscenza che acquisirai.
- **Forma un gruppo di studio con due o tre compagni di corso.** È comprovato che gli studenti che lavorano regolarmente con un gruppo ottengono risultati migliori di chi lavora da solo.

Ancora un ultimo suggerimento: man mano che leggerai il libro, parteciperai alle lezioni ed eseguirai le esercitazioni, torna indietro ogni tanto per avere una visione d'insieme. Studierai argomenti che vanno dal moto nel sistema solare ai segnali elettrici nel sistema nervoso che impartiscono alla tua mano il comando di girare le pagine di questo libro. Potrai affrontare una grande varietà di argomenti e di tecniche basandoti su un insieme ristretto di principi logici.

Ora non resta che metterci al lavoro!

# Esercitazioni per test di tipo MCAT

Il Medical College Admission Test (MCAT) è un esame di ammissione alle Medical Schools statunitensi e canadesi, sviluppato e gestito dall'Association of American Medical Colleges (AAMC). Si tratta di un esame standardizzato, basato su quesiti a scelta multipla, creato per aiutare le commissioni delle Medical Schools a valutare il possesso dei prerequisiti per lo studio della medicina, fra cui le capacità di problem solving e di pensiero critico.

A prescindere dal tipo di percorso specifico per l'America del Nord, l'approccio degli esercizi finalizzati all'esame MCAT consente di valutare la propria comprensione dei concetti del presente corso testando la capacità dello studente di applicare questi concetti ai sistemi viventi. Gli esercizi sono interessanti in quanto richiedono allo studente di utilizzare ciò che ha appreso per analizzare situazioni mai incontrate prima, creando modelli semplificati ma realistici della realtà. Le capacità di ragionamento dello studente sono importanti quanto le capacità di comprendere le leggi universali della fisica.

## Caratteristiche delle prove per l'esame MCAT

Principalmente le prove per questo tipo di esame consistono in un serie di testi contenenti informazioni tecniche, seguiti da una serie di domande associate al testo in questione. Le esercitazioni proposte alla fine di ogni capitolo ne costituiscono un esempio e presentano le seguenti caratteristiche:

- I testi e le domande sono sempre integrati.
- La comprensione del testo e le risposte alle domande richiedono la conoscenza di diverse aree della fisica.
- **I testi riguardano generalmente argomenti dei quali lo studente non ha una conoscenza dettagliata.** Tuttavia, se si effettua una lettura attenta, si vedrà che la comprensione del testo si basa su nozioni che lo studente dovrebbe conoscere molto bene.
- **La prova di esame presuppone un livello base di conoscenza della fisica. Occorre possedere una conoscenza generale degli argomenti principali.** Laddove sono necessarie, nel testo sono presenti informazioni più dettagliate.
- **Non è consentito utilizzare la calcolatrice durante la prova d'esame, quindi ogni calcolo matematico necessario deve essere ragionevolmente semplice.** La capacità di effettuare una stima nella risposta, utilizzando il ragionamento o la conoscenza degli ordini di grandezza delle quantità fisiche, sarà molto utile.
- **Le risposte alle domande sono tutte concepite per essere plausibili.** Non è possibile eliminare le risposte "errate" solo con una rapida occhiata.

## Suggerimenti metodologici per lo studio e per le esercitazioni

Inizia con le *Anteprese dei capitoli*, che forniscono una panoramica dei contenuti. Quali sono i temi principali di ogni capitolo?

- Cerca i riquadri delle *Sintesi* che riuniscono concetti chiave ed equazioni. Questi riquadri mostrano i collegamenti ed evidenziano le differenze che dovresti capire ed essere pronto ad applicare.
- Percorri ogni capitolo ed esegui gli esercizi di revisione delle *Pause di riflessione*. Sono un buon modo per verificare la tua comprensione di concetti e tecniche chiave.
- Ciascun capitolo si chiude con esercitazioni sotto forma di problema i cui contenuti sono attinenti ad argomenti di medicina o di biologia e sono strutturati nel formato "leggi il testo e rispondi alle domande", tipico della prova d'esame MCAT.

Queste esercitazioni non integrano argomenti trattati nell'arco di più capitoli. Le esercitazioni di tipo integrato si troveranno in fondo ai *Riepiloghi* di ciascuna parte del libro:

- Per ciascun Riepilogo, leggi il paragrafo *Un passo oltre* e rispondi alle domande associate.
- Successivamente, leggi il testo e rispondi alle domande che si trovano alla fine di ciascun Riepilogo.

## Letture del testo della prova d'esame

Nella lettura del testo della prova d'esame, dovrai interpretare le informazioni fornite e collegarle ai concetti che ti sono familiari, traducendoli in una forma che abbia un senso in base al tuo background.

La pagina successiva fornisce un esempio metodologico pratico di come affrontare questo tipo di esercitazioni. Le annotazioni in azzurro evidenziano i collegamenti che dovresti effettuare mentre leggi. Il testo descrive una situazione (la meccanica e il funzionamento di una slitta trainata da cani) che probabilmente non avrai mai incontrato prima. Tuttavia la fisica di base (attrito, conversione dell'energia) sono principi che conosci e che hai applicato o visto applicare ad altre situazioni. Quando leggi il testo, pensa ai concetti fisici soggiacenti e a come applicarli in questo caso.

## Come si risponde alle domande

I testi degli esami MCAT possono sembrare complicati ad una lettura iniziale ma, come abbiamo visto riguardano concetti fondamentali e temi principali. Lo stesso vale per le domande: non sono così difficili come possono sembrare a prima vista. Come per il testo, inizia con la "traduzione"

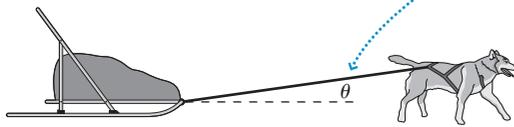
**“Traduzione” del testo**

Quando leggi il testo, effettuane la “traduzione”. Collega lo scenario agli esempi che hai incontrato in precedenza, “traduci” le informazioni fornite in forme che ti sono familiari, pensa ai principi fisici di base inerenti.

**Testo X**

In zone molto innevate, una slitta dotata di pattini che scivolano sulla neve è il modo migliore per spostarsi. La neve è scivolosa, ma si ha comunque un attrito tra i pattini e il terreno; la forza necessaria per trainare una slitta a velocità costante potrebbe essere 1/6 del peso della slitta.

La forza di trazione potrebbe anche provenire da un cane. In una slitta tipica, la corda che il cane utilizza per trainare la slitta è leggermente inclinata ad un angolo  $\theta$ , come nella Figura 1. La forza di trazione è la componente orizzontale della tensione della corda.

**Figura 1**

I cani da slitta hanno una grande capacità aerobica; un cane di 40 kg può produrre una potenza per trainare con una forza di 60 N a 2.2 m/s per ore. La potenza prodotta dipende dalla forza e dalla velocità tramite la formula  $P = F \cdot v$ , quindi possono tirare carichi più leggeri a velocità più elevate.

Per compiere 100 J di lavoro un cane deve utilizzare 400 J di energia metabolica. La differenza deve essere dissipata sotto forma di calore; dato l'isolamento eccellente fornito dalla pelliccia di un cane, l'energia viene dissipata per evaporazione quando il cane ansima. A una temperatura corporea tipica, l'evaporazione di 1.0 l di acqua porta via 240 000 J, quindi questo è un mezzo efficace di raffreddamento.

Quando leggi questa parte del testo, pensa alle forze coinvolte: per una slitta che si muove a velocità costante, non c'è una forza risultante. La forza peso verso il basso è uguale alla forza normale verso l'alto; la forza di trazione in avanti deve essere uguale alla forza di attrito, che agisce in opposizione al moto della slitta. Molti problemi di questo tipo si trovano nel Capitolo 5.

Parte della “traduzione” consiste nella conversione delle informazioni fornite in una forma più usuale o più utile. Questa affermazione si riferisce al coefficiente di attrito dinamico.

La forza applicata alla slitta è la forza di tensione della corda, che è indicata con un angolo. La componente orizzontale è la forza di trazione e questo ti viene detto, ma c'è anche una componente verticale della forza.

Nei dati qui riportati e nella descrizione di cui sopra, la slitta si muove a velocità costante — non vi è alcuna menzione di accelerazione in questo testo. In tal caso, la forza risultante è pari a zero e l'energia cinetica della slitta non cambia.

Si noti che l'equazione chiave che mette in relazione potenza, forza e velocità è fornita. Questo è normale in questo tipo di esame. Tutte le informazioni specifiche, tra cui equazioni, costanti e altri dettagli, vengono generalmente fornite nel testo. Questo tipo di esercitazioni non ha finalità di richiamare alla memoria delle nozioni, bensì di sollecitare il ragionamento.

I concetti di energia metabolica e di produzione di energia sono trattati nel Capitolo 11. I dettagli in questo esempio sono coerenti con quelli nel capitolo (come dovrebbero!); ciò corrisponde a un'efficienza del 25%. 400 J di energia sono utilizzati dal corpo; il 25% di questa, 100 J, corrisponde all'energia in uscita. Ciò significa che 300 J vengono dissipati sotto forma di calore.

Il Capitolo 12 descrive i modi di trasferimento del calore: conduzione, convezione, irraggiamento, evaporazione. Il presente paragrafo fornisce informazioni biologiche sui cani che si possono interpretare come segue: la pelliccia di un cane limita il trasferimento per conduzione, convezione e irraggiamento; l'evaporazione di acqua da un cane ansimante compensa questo problema.

I dati specifici richiesti per far evaporare l'acqua sono forniti. Se ti servono altre informazioni per rispondere alle domande, saranno quasi certamente anch'esse fornite nel testo. Come abbiamo già sottolineato, lo scopo della prova d'esame è quello di sollecitare un ragionamento e non di richiamare delle nozioni.

**FIGURA TEST MCAT 1** Interpretare il testo del problema.

ne” della domanda, identificando i concetti fisici pertinenti per ogni caso. Poi procedi con il ragionamento, ricercando la soluzione sulla base della comprensione di questi con-

cetti fondamentali. I suggerimenti pratici seguenti sono corredati da una panoramica dettagliata delle soluzioni basate sul testo riportato in questa pagina.

## In quale ordine rispondere alle domande

Le domande sondano una gamma di abilità e presentano una gamma di difficoltà. Molte domande comportano una semplice comprensione della lettura; sono solitamente piuttosto dirette. Alcune richiedono un ragionamento sofisticato e manipolazioni matematiche (leggermente) complesse. Inizia con le più facili, quelle che riesci a risolvere più facilmente. Affronta le domande più complesse per ultime.

## Metodi di semplificazione o eliminazione dei calcoli

Poiché durante l'esame MCAT non è possibile utilizzare la calcolatrice, ogni calcolo matematico che dovrai effettuare deve essere ragionevolmente semplice. Per arrivare rapidamente a scegliere la risposta esatta ci sono alcune importanti scorciatoie che puoi utilizzare.

- **Ragionare per proporzioni.** Qual è la relazione tra le variabili coinvolte in una domanda? Puoi utilizzare le relazioni per dedurre la risposta con dei calcoli matematici molto semplici, come vedrai molto spesso nel libro. Per esempio, supponi di dover rispondere alla seguente domanda:

*Il modellino di un razzo è alimentato da un carburante chimico. Uno studente lancia un razzo con un piccolo motore che contiene 1.0 g di carburante. Il razzo raggiunge una velocità di 10 m/s. Lo studente lancia nuovamente il razzo, utilizzando questa volta un motore con 4.0 g di carburante. Se tutti gli altri parametri relativi al lancio rimangono identici, quale velocità finale ti aspetti per questo secondo tentativo?*

Questo è un problema di conversione di energia: l'energia chimica del carburante è convertita nell'energia cinetica del razzo. L'energia cinetica è associata alla velocità dalla formula  $K = \frac{1}{2}mv^2$ . L'energia chimica—e quindi l'energia cinetica—nel secondo tentativo è stata aumentata di un fattore 4. Poiché  $K \sim v^2$ , la velocità deve aumentare di un fattore 2, arrivando a 20 m/s.

- **Semplificazione dei calcoli grazie all'arrotondamento dei numeri.** Puoi arrotondare i numeri per rendere i calcoli più semplici. Il tuo risultato finale sarà probabilmente abbastanza vicino al valore esatto da permetterti di scegliere la risposta corretta tra quelle proposte. Per esempio, supponi di dover rispondere alla seguente domanda:

*Una palla che si sta muovendo a 2.0 m/s rotola fuori dal bordo di un tavolo alto 1.2 m. A quale distanza dal bordo del tavolo atterrerà la palla?*

A. 2 m      B. 1.5 m      C. 1 m      D. 0.5 m

Sappiamo che il moto verticale della palla è di caduta libera, quindi la distanza verticale percorsa dalla palla in un tempo  $\Delta t$  è  $\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2$ . Il tempo per scendere di 1.2 m è  $\Delta t = \sqrt{2(1.2\text{ m})/g}$ . Piuttosto che eseguire il calcolo esatto, possiamo stimare il risultato nel modo seguente:  $\Delta t = \sqrt{2.4/9.8} \approx \sqrt{1/4} = 1/2 = 0.5$  s.

Durante questo tempo di caduta libera, la palla si muove orizzontalmente alla velocità costante di 2.0 m/s,

quindi ci aspettiamo che la palla atterri circa a 1 m dal bordo. Il nostro rapido calcolo ci indica che la risposta corretta è C — nessun'altra risposta si avvicina al valore ottenuto.

- **Per i calcoli che esprimono i valori con la notazione scientifica, calcola o le prime cifre significative o gli esponenti, non entrambi.** In alcuni casi, un calcolo rapido può dirti il valore corretto della prima cifra significativa e questo è tutto quello che ti serve per identificare la risposta corretta. In altri casi, troverai tra le possibili risposte alcune con gli stessi valori delle prime cifre significative, ma con esponenti molto differenti. In questo caso, tutto quello che ti serve è una semplice stima dell'ordine di grandezza per decidere quale sia il risultato corretto.
- **Dove possibile, utilizza la tua conoscenza dei valori aspettati delle quantità fisiche per determinare la risposta corretta.** Per esempio, supponi che ti venga chiesto di trovare l'energia di un fotone di luce verde alla lunghezza d'onda di 550 nm. La luce visibile è composta da fotoni di energia pari a circa 2 eV, o circa  $3 \cdot 10^{-19}$  J, e questa informazione potrebbe essere sufficiente per permetterti di individuare la risposta corretta senza eseguire alcun calcolo.
- **Fai attenzione alle "trappole", risposte che sceglierai se segui una falsa convinzione.** Per esempio, la Domanda 4 della pagina seguente riguarda la conversione di energia. Il cane sta mantenendo la slitta in movimento, quindi molti studenti diranno che il cane sta convertendo la sua energia chimica in energia cinetica. Tuttavia, l'energia cinetica non sta cambiando. Le due risposte che coinvolgono l'energia cinetica sono scelte comuni, ma errate. Tieni presente che le domande sono concepite per fare emergere queste convinzioni errate e che le risposte contenenti questi errori comuni saranno probabilmente tra le possibili scelte.

## Un suggerimento finale: tieni presente la visione d'insieme

Gli esami MCAT testano la tua abilità di leggere un testo tecnico sul quale possiedi una certa conoscenza di base e di capire rapidamente di che cosa si parla in modo tale da riuscire a rispondere ad alcune domande. Tieni a mente questa visione d'insieme:

- **Non ti perdere in dettagli tecnici relativi alla particolare situazione.** Concentrati sulla fisica fondamentale.
- **Non farti confondere da una notazione o una terminologia particolare.** Per esempio, alcuni libri usano simboli diversi per le stesse variabili fisiche; in questo testo usiamo il simbolo  $K$  per l'energia cinetica; altri testi usano il simbolo  $E_k$ .

Infine, non dimenticare l'aspetto più importante per superare con successo ogni tipo di esame di fisica: il miglior modo per prepararsi è semplicemente quello di capire l'argomento! Quando ti prepari per un test concentra le tue energie nel consolidare e rifinire la tua conoscenza degli argomenti e delle tecniche fondamentali ed esercitati ad applicare questa conoscenza nella risoluzione dei problemi.

**“Traduzione”**

Analizza le domande e pensa ai principi fisici pertinenti, a come questi siano connessi a concetti che tu conosci e capisci.

**Suggerimenti**

- Le scelte numeriche sono presentate in ordine. Stima l'ordine di grandezza della risposta e guarda quale delle possibili scelte si avvicina di più.
- Per domande con frasi come possibili risposte, decidi la soluzione prima di guardare le possibili scelte.

**Ragionamento**

Rifletti sulla domanda e sulle possibili risposte proposte e arriva alla soluzione nel minor numero di passaggi logici possibile.

Questa è una domanda sull'ordine di grandezza della forza di attrito. Ti è stato detto che serve una forza pari a circa 1/6 della forza peso esercitata sulla slitta per trainarla in avanti sulla neve. Puoi stimare il coefficiente d'attrito da questa informazione.

Se la velocità è costante, la forza risultante è nulla. Ti è stato detto che la forza di traino è la componente orizzontale della forza di tensione, non l'intera forza di tensione. Poiché la forza risultante è nulla, questa componente orizzontale è uguale in modulo alla forza di attrito, che è diretta all'indietro. Quindi questa è una domanda che riguarda la forza di attrito.

Assumiamo che la potenza prodotta sia la stessa nei due casi — questo è implicito nel brano.

Questa è una domanda sulla trasformazione dell'energia. Per queste domande pensa alle variazioni. Quali forme di energia stanno cambiando? Sappiamo che l'energia termica deve essere considerata perché una parte dell'energia chimica è convertita in energia termica nel corpo del cane.

L'aumento della velocità aumenta la potenza, come indicato nel testo. Tuttavia l'energia per trainare la slitta non è una *potenza*, bensì un *lavoro*, e noi sappiamo che il lavoro è  $W = F\Delta x$ . Questa è una domanda sul lavoro e l'energia e non sulla potenza.

Il brano ci dice che il cane utilizza 400 J di energia metabolica per compiere 100 J di lavoro. 300 J, corrispondenti al 75%, devono essere dispersi nell'ambiente. Possiamo assumere la stessa efficienza in questa domanda.

1. Qual è approssimativamente il coefficiente di attrito dinamico per una slitta sulla neve?

- A. 0.35
- B. 0.25
- C. 0.15
- D. 0.05

2. Se una corda tira con un certo angolo di inclinazione, come nella Figura 1, in che modo questo influenzerà il modulo della forza di traino necessaria per mantenere la slitta in movimento a velocità costante?

- A. Questo ridurrà la forza di traino.
- B. Questo non cambierà la forza di traino.
- C. Questo aumenterà la forza di traino.
- D. Questo aumenterà o diminuirà la forza di traino in funzione del valore dell'angolo.

3. Un cane traina una slitta di 40 kg a una velocità massima di 2 m/s. Quale sarà la velocità massima per una slitta di 80 kg?

- A. 2.0 m/s
- B. 1.5 m/s
- C. 1.0 m/s
- D. 0.5 m/s

4. Quando un cane traina la slitta a una velocità costante, l'energia chimica del cane è convertita in

- A. energia cinetica
- B. energia termica
- C. energia cinetica ed energia termica
- D. energia cinetica ed energia potenziale

5. Un cane traina una slitta per una distanza di 1.0 km alla velocità di 1 m/s, con un consumo di energia pari a 60 000 J. Se il cane traina la slitta a una velocità di 2 m/s, l'energia necessaria è

- A. 240 000 J
- B. 120 000 J
- C. 60 000 J
- D. 30 000 J

6. Un cane utilizza 100 000 J di energia metabolica mentre sta trainando una slitta. Quanta energia deve disperdere ansimando?

- A. 100 000 J
- B. 75 000 J
- C. 50 000 J
- D. 25 000 J

Per un corpo su un piano orizzontale, la forza normale è uguale in modulo alla forza peso. Se la slitta si muove a velocità costante, la forza trainante è uguale in modulo alla forza di attrito. Questo implica che  $\mu = f_d / n = f_{\text{traino}} / P = 1/6$ . Due delle risposte possibili sono facilmente convertibili in frazioni:  $0.25 = 1/4$ ;  $0.05 = 1/20$ .  $1/6$  è tra questi due valori, quindi C deve essere la nostra scelta (in effetti,  $1/6 = 0.167$ , quindi un valore molto vicino a 0.15).

Una componente verticale della forza di tensione diminuirà la forza normale, riducendo la forza di attrito—e quindi la forza di traino necessaria.

Il raddoppio del peso raddoppia la forza normale, che a sua volta raddoppia la forza di attrito. Questo raddoppierà la forza di traino necessaria. Utilizzando l'espressione per la potenza fornita nel testo, arriviamo alla conclusione che la velocità massima sarà dimezzata.

La scelta B è corretta, ma la A e la C sono delle trappole potenziali. Si può essere tentati di scegliere una risposta che includa l'energia cinetica. Dopo tutto la slitta si sta muovendo!

Ma non farti sviare. L'energia cinetica non sta cambiando e l'attrito della slitta converte qualsiasi energia fornita dal cane in energia termica.

Il raddoppio della velocità raddoppia la potenza, ma non cambia la forza che è fissata dall'attrito. La distanza è la stessa e quindi anche il lavoro compiuto e l'energia richiesta non cambiano. Poiché la velocità raddoppia, potresti avere la tentazione di pensare che anche l'energia raddoppi. Questa soluzione apparentemente ovvia, ma errata, è una delle scelte possibili.

Il 75% dell'energia deve essere dispersa nell'ambiente, cioè 75 000 J.

FIGURA TEST MCAT 2 Rispondere alle domande relative al testo della FIGURA TEST MCAT 1.

# Applicazioni pratiche

Applicazioni di interesse biologico o medico sono contrassegnate **BIO** nella lista qui di seguito, così come le esercitazioni per gli esami di tipo MCAT. Altri problemi di fine capitolo di interesse biologico o medico sono contrassegnati **BIO** nel capitolo.

## Capitolo 1

- Misuratore di profondità 6
- Precisione nel salto in lungo 11
- Mars Climate Orbiter: errore nell'unità di misura 14
- Migrazione delle oche 21

## Capitolo 2

- BIO** Cilindri antiurto 40
- BIO** Accelerazione del leone 41
- BIO** Lancio del razzo 43-44, 48-49
- BIO** Il volo del cigno 45
- BIO** La lingua del camaleonte 47
- Progettazione di una pista di decollo 49-50
- Distanza di frenata 50
- BIO** Il "pronking" dello springbok 53-54
- BIO** Ghepardi vs gazzelle 55-56

## Capitolo 3

- BIO** Anatomia del pesce per l'affondo vs la virata 71
- Progettare pendii per lo sci di velocità 79
- Ottimizzare il lancio del giavellotto 80
- Dock jumping 84
- Acrobazie di Hollywood 85-86
- BIO** I salti delle rane oltre ogni record 89-90

## Capitolo 4

- BIO** Attacco della tartaruga a collo di serpente 100, 120
- Voyager e prima legge di Newton 101
- Cinture di sicurezza e prima legge di Newton 102
- BIO** Forza propulsiva delle capesante 108
- Sentire la differenza (inerzia) 112
- Massa dei piloti di auto da corsa 113
- Proiettili e terza legge di Newton 119
- Propulsione di un razzo 120
- Ferrovia di montagna 121

## Capitolo 5

- BIO** Atterraggio delle rane 130, 148
- Saltare in ascensore 138
- Astronauti privi di peso 140
- Frenata antibloccaggio (ABS) 144
- Velocità limite di un paracadutista 148
- BIO** Trazione 153
- Distanze di arresto 155-156

## Capitolo 6

- Lancio del martello scozzese 169
- Velocità in curva di una vettura 173-174
- Alettoni in auto da corsa 173
- Circuito con curve inclinate 173
- BIO** Massima velocità di camminata 174
- BIO** Quando il "sotto" si trova in alto 176
- Pianeti in rapida rotazione 177
- BIO** Centrifughe 178
- BIO** Centrifuga umana 178
- BIO** Stazioni spaziali rotanti 181
- Gravità variabile 183
- BIO** Camminando sulla Luna 184
- A caccia con la fionda 187-188

## Capitolo 7

- Rotazione di un CD 202
- Movimento in senso orario delle lancette 202
- Pedalare in bicicletta 208
- Progettazione del corrimano in una sedia a rotelle 208
- Far girare un argano 210
- Momento di inerzia di una mazza da golf 217
- Rotolamento vs scivolamento: antichi trasportatori 222
- Rotazione di un giroscopio 223-224
- BIO** Rilascio del polline nel *Cornus Canadensis* 232

## Capitolo 8

- BIO** Forza muscolare 235
- BIO** Determinazione del centro di gravità di un corpo umano 238

- Angolo critico di ribaltamento nelle auto 240
- Bilanciamento di una lattina 240
- BIO** Stabilità del corpo umano 241
- Elasticità di una palla da golf 241
- BIO** Carico di rottura delle ossa 246-247
- Allungamento del cavo di un ascensore 248
- BIO** Stare sulle punte dei piedi 255

## Parte I Riepilogo

- Materia oscura 258
- BIO** Animali atleti 259
- BIO** Forza di resistenza di un paramecio 259
- BIO** Falco in picchiata 260
- Piegare delle travi 260

## Capitolo 9

- BIO** Ammortizzazione nei crani degli arieti 264, 270
- BIO** Ottimizzazione del salto delle rane 267
- BIO** Aculei di un riccio 270
- BIO** Propulsione dei calamari 278
- Rotazione nel pattinaggio su ghiaccio 283-284
- Uragani 284
- Antincendio aereo 284-285

## Capitolo 10

- Energia attorno a noi 296-297
- Volani per l'immagazzinamento di energia nei voli spaziali 306
- Perché le ruote delle bici da corsa sono leggere 307
- BIO** Energia immagazzinata nel tendine d'Achille 309
- BIO** Salto delle locuste 313
- Caschi protettivi 318-319
- Corsie di fuga per i camion 321

## Capitolo 11

- BIO** Moto dei canguri 330, 361
- Rendimento di una lampadina 333
- BIO** Energia del corpo umano in ingresso 334

- BIO Contenuto calorico dei cibi 335
- BIO Energia del corpo umano in uscita 335
- BIO Consumo giornaliero di energia dei mammiferi e dei rettili 337
- BIO Energia e locomozione 338
  - Melassa ottica 340
  - Frigoriferi 347
  - Pompe di calore reversibili 348
- BIO Entropia in un sistema biologico 353
  - Rendimento di un'automobile 354

## Parte II Riepilogo

- Ordine dal caos 364
- BIO Propulsione dei calamari 365-366
- Collisioni sul campo da golf 366

## Capitolo 12

- BIO Immagini infrarosse 370, 401-403
  - Temperatura nello spazio 374
  - Brina su Marte 375
- BIO Danno alla vescica natatoria nella pesca 377
  - Manometri per pneumatici 378
- BIO Diffusione nei polmoni 379
  - Vento di Chinook 386
  - Giunti di dilatazione termica 387
- BIO Sopravvivenza della vita acquatica in inverno 389
  - Laghi temperati 390
- BIO Rane che sopravvivono al congelamento 391
- BIO Mantenersi freschi 393
- BIO Piume dei pinguini 400
  - Trasferimento globale di calore 401
- BIO Respirare nell'aria fredda 403
  - Temperatura dell'oceano 412

## Capitolo 13

- Oblò dei sottomarini 418
  - Zone di alta e bassa pressione su una carta meteorologica 420
  - Barometri 421
- BIO Misurazione della pressione sanguigna 423
- BIO Pressione sanguigna nelle giraffe 423
- BIO Misurazione del grasso corporeo 426
  - Iceberg galleggianti e barche 427
  - Mongolfiere 428
- BIO Pressione e flusso sanguigno 430, 447
  - Portanza di un aereo 433
- BIO Tane dei cani delle praterie 434

- BIO Misurazione della pressione arteriosa 435
- BIO Malattie cardiovascolari 438
- BIO Infusione endovenosa 439

## Parte III Riepilogo

- BIO Leggi di scala delle creature viventi 450
- BIO Traspirazione 451
  - Palloni meteorologici 451
  - Palloni con passeggeri 452

## Capitolo 14

- BIO Brachiazione del gibbono 456, 473
- BIO Ritmo cardiaco 457
  - Metronomo 462
  - Grattacieli oscillanti 465
  - Misurare la massa nello spazio 468
- BIO Peso delle molecole di DNA 469-470
  - Tempo di collisione di un'automobile 471
- BIO Locomozione animale 473
  - Assorbitore di urti 474
  - Risonanza di marea 476
  - Bicchieri sonanti 476
- BIO Udito (risonanza) 477
  - Tuffo dal trampolino 478-479
- BIO Tendine d'Achille come molla 487
- BIO Ragnatele e oscillazioni 487

## Capitolo 15

- BIO Ecolocalizzazione 489, 501, 519
- BIO Sensori per le onde nelle rane 492
- BIO Sensibilità alle vibrazioni dei ragni 493
  - Distanza di un fulmine 495
- BIO Lunghezze d'onda udibili 500
- BIO Immagine a ultrasuoni 501
- BIO Orecchie della civetta 504
- BIO Richiamo della balenottera azzurra 505
- BIO Udito (cellule cigliate) della coclea 507
  - Onde sulla superficie solare 507
  - Spostamenti verso il rosso in astronomia 510
- BIO Rintracciare gli animali selvatici con il radar 510
- BIO Misuratore di flusso sanguigno per effetto Doppler 511
  - Onde sismiche 512

## Capitolo 16

- Onda stazionaria del ponte di Tacoma 529
- Strumenti musicali a corda 529

- Punti caldi e freddi in un microonde 530
- BIO Risonanza nel canale uditivo 534
- Strumenti musicali a fiato 534
- BIO Eloquio e udibilità 535
- BIO Vocali e formanti 536
- BIO Dica "ah" 537
  - Rivelatore attiva del rumore 537
  - Controllare il rumore di scarico 542
- BIO Rilevatore di pipistrelli 543
  - Ringhio del cane 544
  - Armoniche e armonia 551

## Parte IV Riepilogo

- Tsunami 554
- Onde in acque profonde 555
- BIO Attenuazione degli ultrasuoni 555
- Misura della velocità del suono 556

## Capitolo 17

- BIO Piume iridescenti 560, 574
- Colori di un DVD 571
- Rivestimento antiriflettente 575
- Colori delle bolle di sapone e delle chiazze di petrolio 576
- Determinare una misura di distanza con il laser 582
- BIO Farfalla Morpho 589

## Capitolo 18

- Binocoli 601
- Finestra di Snell 602
- Fibre ottiche 602
- BIO Chirurgia artroscopica 603
- BIO Occhi riflettenti (gigantocypris) 613
  - Specchi del supermercato 614-615
- BIO Immagini a fibre ottiche 619-620
- Miraggi 627

## Capitolo 19

- BIO Pesce "quattroocchi" 629, 633
- BIO Occhio del nautilus 630
  - Macchine fotografiche 630-631
- BIO Occhio umano 632
- BIO Vedere sott'acqua 633
- BIO Miopia e ipermetropia 633
  - tecnica della prospettiva forzata nei film 636
- BIO Microscopi 637-639, 647
  - Telescopi sopra l'atmosfera 640
  - Arcobaleni 642
- BIO Assorbimento della clorofilla 643
  - Riparazione del Telescopio Spaziale Hubble 645
- BIO Fotografie ottiche ed elettroniche 647

- BIO Acuità visiva del gheppio 648
- BIO Punto cieco 650
- BIO Correzione chirurgica della vista 654

## Parte V Riepilogo

- BIO Microscopio confocale a scansione 657
- BIO Vista del cavallo 658
- BIO Luminosità degli occhi 658-659

## Capitolo 20

- BIO Elettroforesi in gel 662, 684
- BIO Api raccogliatrici di polline 668
- BIO Legami idrogeno nel DNA 671
- BIO Separare gli spermatozoi 672
- Precipitatore elettrostatico 679
- BIO Campo elettrico del cuore 681
- Schermatura elettrostatica 683
- Parafulmini 683
- BIO Elettrolocazione 683
- Tubo a raggi catodici 685-686
- BIO Citometria a flusso 693

## Capitolo 21

- BIO Potenziale elettrico sulla superficie del cervello 695
- Origine dei fulmini 699, 730
- BIO Potenziale di membrana 700
- BIO Acceleratori lineari in medicina 703
- BIO Elettrorecettori degli squali 712
- BIO Elettrocardiogramma 714
- Memoria RAM 717
- Flash fotografico 720
- BIO Defibrillatori 720
- Fusione di protoni nel Sole 722

## Capitolo 22

- BIO Misurazione della percentuale di grasso corporeo 732, 749-750
- BIO Elettricità della torpedine 738
- Filamento di una lampadina 741
- Test di potabilità dell'acqua 742
- BIO Tomografia ad impedenza elettrica 742
- Fotoreistori nei sensori crepuscolari 744

- Cucinare hot dog con l'elettricità 747
- Monitorare le condizioni delle linee di potenza 747
- Rottura della lampadina 757

## Capitolo 23

- BIO Anguilla elettrica 759, 795
- Luci natalizie 765
- Cablaggio dei fari 767
- Termistori nei dispositivi di misurazione 769
- Luci lampeggianti in una bicicletta 774
- Tergicristalli intermittenti 777
- BIO Elettricità nel sistema nervoso 777-784
- BIO Natura elettrica delle cellule nervose 777
- BIO Interpretare i potenziali elettrici nel cervello 781
- Misurazione dell'umidità del suolo 785
- BIO Defibrillatori 794

## Capitolo 24

- BIO Risonanza magnetica 797, 810
- BIO Batterio magnetotattico 802
- BIO Magnetocardiogramma 808
- Aurora polare 814
- BIO Ciclotroni 815
- Flussometro elettromagnetico 816
- Motori elettrici 824
- Immagazzinamento di dati nel disco rigido 826
- Funzionamento del cono in un altoparlante 827
- Selettore di velocità 835
- Potenziali oceanici 836
- Spettrometro di massa 836

## Capitolo 25

- BIO Visione dei colori negli animali 838, 863
- BIO Navigazione dello squalo martello 841
- Generatori 842
- Torçe elettriche a dinamo 843

- Lettori di carte di credito 848
- Freno magnetico 851
- BIO Stimolazione magnetica transcranica 851
- Trasmissioni radio 852
- Fornace solare 854
- Polarizzatori 855
- BIO Misura del glucosio nel sangue tramite polarizzazione 857
- BIO Spostamenti delle api 857
- Colori degli oggetti caldi 861
- BIO Sensori infrarossi nei serpenti 862
- Immagini astronomiche 864
- Circuito del satellite incatenato 864
- BIO Penetrazione delle onde elettromagnetiche 874
- Metal detector 874

## Capitolo 26

- Trasformatori 879-881
- Ricaricare gli spazzolini elettrici 881
- Linee di trasmissione per l'energia elettrica 882
- Cablaggio domestico 883
- BIO Sicurezza elettrica 885
- Accovacciarsi in caso di fulmini 887
- Circuiti GFCI 887, 896
- Tappetino dei computer portatili 889
- Rilevatori di auto sotto il manto stradale 890
- Trasmissioni pulite nel computer 891
- BIO Risonanza magnetica nucleare 895
- BIO Resistenza di una membrana cellulare 903
- Lampadine alogene 904

## Parte VI Riepilogo

- Effetto serra 906
- BIO Prendendo un raggio X 907
- Trasmissione di potenza wireless 908

# Indice generale

## PARTE I Forza e moto

PANORAMICA DEI CONTENUTI Perché le cose cambiano 1



### CAPITOLO 1 Rappresentazione del moto 2

- 1.1 Moto: un primo sguardo 3
- 1.2 Posizione e tempo: descrivere la natura con i numeri 5
- 1.3 Velocità 9
- 1.4 Cifre significative, notazione scientifica, unità di misura 11
- 1.5 Vettori e moto: un primo sguardo 16
- 1.6 Dove andremo partendo da qui? 20
- RIEPILOGO 22
- DOMANDE E PROBLEMI 23

### CAPITOLO 2 Il moto in una dimensione 29

- 2.1 Descrizione del moto 30
- 2.2 Moto uniforme 34
- 2.3 Velocità istantanea 37
- 2.4 Accelerazione 39
- 2.5 Moto ad accelerazione costante 43
- 2.6 Risoluzione dei problemi sul moto unidimensionale 46
- 2.7 Caduta libera 51
- RIEPILOGO 57
- DOMANDE E PROBLEMI 58

### CAPITOLO 3 Vettori e moto in due dimensioni 66

- 3.1 Uso dei vettori 67
- 3.2 Uso dei vettori nei diagrammi del moto 70
- 3.3 Sistemi di riferimento e componenti dei vettori 73
- 3.4 Moto su un piano inclinato 77
- 3.5 Moti relativi 80
- 3.6 Moto in due dimensioni: moto del proiettile 81
- 3.7 Moto del proiettile: risoluzione dei problemi 84

- 3.8 Moto in due dimensioni: moto circolare 87
- RIEPILOGO 91
- DOMANDE E PROBLEMI 92

### CAPITOLO 4 Forze e leggi di Newton sul moto 100

- 4.1 Moto e forze 101
- 4.2 Breve catalogo di forze 104
- 4.3 Identificazione delle forze 108
- 4.4 Che cosa fanno le forze? 110
- 4.5 Seconda legge di Newton 113
- 4.6 Diagrammi di corpo libero 115
- 4.7 Terza legge di Newton 117
- RIEPILOGO 122
- DOMANDE E PROBLEMI 123

### CAPITOLO 5 Applicando le leggi di Newton 130

- 5.1 L'equilibrio 131
- 5.2 La seconda legge di Newton applicata alla dinamica 132
- 5.3 Massa e peso 137
- 5.4 Le forze normali 140
- 5.5 L'attrito 142
- 5.6 Forza di resistenza di un mezzo 147
- 5.7 Corpi in interazione 149
- 5.8 Corde e carrucole 151
- RIEPILOGO 157
- DOMANDE E PROBLEMI 158



### CAPITOLO 6 Moto circolare, orbite e gravità 166

- 6.1 Moto circolare uniforme 167
- 6.2 Dinamica del moto circolare uniforme 169
- 6.3 Forze apparenti nel moto circolare 175
- 6.4 Orbite circolari e assenza di peso 179
- 6.5 Legge di gravitazione universale di Newton 181
- 6.6 Gravità e orbite 185
- RIEPILOGO 189
- DOMANDE E PROBLEMI 190

<b>CAPITOLO 7</b>	<b>Moto rotatorio</b>	<b>197</b>
7.1	Descrizione del moto circolare e del moto rotatorio	198
7.2	La rotazione di un corpo rigido	203
7.3	Momento	206
7.4	Momento gravitazionale e centro di gravità	211
7.5	Dinamica rotazionale e momenti di inerzia	214
7.6	Uso della seconda legge di Newton per le rotazioni	218
7.7	Moto di rotolamento	221
	<b>RIEPILOGO</b>	225
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	226

<b>CAPITOLO 8</b>	<b>Equilibrio ed elasticità</b>	<b>234</b>
8.1	Momento ed equilibrio statico	235
8.2	Stabilità ed equilibrio	239
8.3	Molle e legge di Hooke	241
8.4	Allungamento e compressione dei materiali	244
	<b>RIEPILOGO</b>	249
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	250

<b>PARTE I RIEPILOGO</b>	Forza e moto	257
<b>UN PASSO OLTRE</b>	La materia oscura e la struttura dell'universo	258
<b>PARTE I PROBLEMI</b>		259

## PARTE II Le leggi di conservazione

<b>PANORAMICA DEI CONTENUTI</b>	Perché alcune cose rimangono immutate nel tempo	263
---------------------------------	---	-----



<b>CAPITOLO 9</b>	<b>La quantità di moto</b>	<b>264</b>
9.1	L'impulso	265
9.2	La quantità di moto e il teorema dell'impulso	266
9.3	Risoluzione dei problemi su impulso e quantità di moto	270

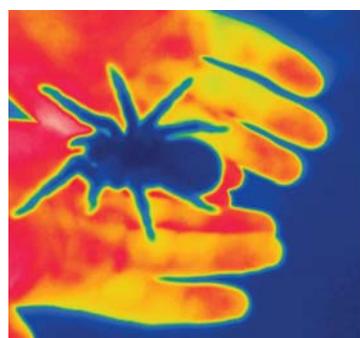
9.4	Conservazione della quantità di moto	273
9.5	Urti anelastici	278
9.6	La quantità di moto e gli urti in due dimensioni	279
9.7	Il momento angolare	280
	<b>RIEPILOGO</b>	286
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	287

<b>CAPITOLO 10</b>	<b>Energia e lavoro</b>	<b>295</b>
10.1	Il modello energetico di base	296
10.2	Il lavoro	300
10.3	Energia cinetica	304
10.4	Energia potenziale	307
10.5	Energia termica	310
10.6	Applicazione della legge di conservazione dell'energia	312
10.7	L'energia negli urti	316
10.8	Potenza	319
	<b>RIEPILOGO</b>	322
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	323

<b>CAPITOLO 11</b>	<b>L'uso dell'energia</b>	<b>330</b>
11.1	La trasformazione dell'energia	331
11.2	L'energia nel corpo umano	334
11.3	Temperatura, energia termica e calore	339
11.4	Il primo principio della termodinamica	342
11.5	Macchine termiche	344
11.6	Pompe di calore, frigoriferi e condizionatori d'aria	347
11.7	L'entropia e il secondo principio della termodinamica	349
11.8	Sistemi, energia ed entropia	352
	<b>RIEPILOGO</b>	355
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	356
<b>PARTE II RIEPILOGO</b>	Le leggi di conservazione	363
<b>UN PASSO OLTRE</b>	L'ordine dal caos	364
<b>PARTE II PROBLEMI</b>		365

## PARTE III Le proprietà della materia

<b>PANORAMICA DEI CONTENUTI</b>	Oltre il modello del punto materiale	369
---------------------------------	--------------------------------------	-----



<b>CAPITOLO 12</b>	<b>Le proprietà termiche della materia</b>	<b>370</b>
12.1	Il modello atomico della materia	371
12.2	Il modello atomico di un gas ideale	373
12.3	Le trasformazioni di un gas ideale	380
12.4	Dilatazione termica	387
12.5	Calore specifico e calore latente	389
12.6	Calorimetria	394
12.7	Calore specifico dei gas	396
12.8	Trasferimento di calore	398
	<b>RIEPILOGO</b>	404
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	405

<b>CAPITOLO 13</b>	<b>Fluidi</b>	<b>414</b>
13.1	Fluidi e densità	415
13.2	La pressione	416
13.3	Misura e utilizzo della pressione	420
13.4	Galleggiamento	424
13.5	Fluidi in movimento	428
13.6	Dinamica dei fluidi	432
13.7	La viscosità e l'equazione di Poiseuille	436
	<b>RIEPILOGO</b>	441
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	442

<b>PARTE III RIEPILOGO</b>	Proprietà della materia	449
<b>UN PASSO OLTRE</b>	Dimensioni e vita	450
<b>PARTE III PROBLEMI</b>		451

## PARTE IV Oscillazioni e onde

<b>PANORAMICA DEI CONTENUTI</b>	Moto che si ripete periodicamente	455
---------------------------------	-----------------------------------	-----



<b>CAPITOLO 14</b>	<b>Oscillazioni</b>	<b>456</b>
14.1	Equilibrio e oscillazione	457
14.2	Forze di richiamo lineari e moto armonico semplice	459
14.3	Descrizione del moto armonico semplice	461
14.4	Energia nel moto armonico semplice	466
14.5	Il moto del pendolo	471
14.6	Oscillazioni smorzate	473
14.7	Oscillazioni forzate e risonanza	175
	<b>RIEPILOGO</b>	480
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	481

<b>CAPITOLO 15</b>	<b>Onde viaggianti e suono</b>	<b>489</b>
15.1	Il modello delle onde	490
15.2	Onde viaggianti	491
15.3	Descrizione grafica e matematica delle onde	495
15.4	Onde sonore e onde luminose	500
15.5	Energia e intensità	502
15.6	L'intensità sonora percepita	505
15.7	Effetto Doppler e onde d'urto	508
	<b>RIEPILOGO</b>	513
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	514

<b>CAPITOLO 16</b>	<b>Sovrapposizione e onde stazionarie</b>	<b>521</b>
16.1	Il principio di sovrapposizione	522
16.2	Onde stazionarie	523
16.3	Onde stazionarie su una corda	525
16.4	Onde sonore stazionarie	530
16.5	Eloquio e udibilità	535
16.6	Interferenza delle onde prodotte da due sorgenti	537
16.7	Battimenti	542
	<b>RIEPILOGO</b>	545
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	546

<b>PARTE IV RIEPILOGO</b>	Oscillazioni e onde	553
<b>UN PASSO OLTRE</b>	Onde nella Terra e nell'oceano	554
<b>PARTE IV PROBLEMI</b>		555

## PARTE V Ottica

<b>PANORAMICA DEI CONTENUTI</b>	La luce è un'onda	559
---------------------------------	-------------------	-----



<b>CAPITOLO 17</b>	<b>Ottica ondulatoria</b>	<b>560</b>
17.1	Che cos'è la luce?	561
17.2	L'interferenza della luce	564
17.3	Il reticolo di diffrazione	568
17.4	Interferenza da film sottile	572
17.5	Diffrazione da singola fenditura	577
17.6	Diffrazione da un'apertura circolare	580
	<b>RIEPILOGO</b>	583
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	584

<b>CAPITOLO 18</b>	<b>Ottica geometrica</b>	<b>591</b>
18.1	Il modello del raggio luminoso	592
18.2	La riflessione	595
18.3	La rifrazione	598
18.4	Formazione dell'immagine per rifrazione	603
18.5	Lenti sottili: il ray tracing	604
18.6	Formazione dell'immagine con specchi sferici	611
18.7	L'equazione delle lenti sottili	615
	<b>RIEPILOGO</b>	621
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	622

<b>CAPITOLO 19</b>	<b>Strumenti ottici</b>	<b>629</b>
19.1	La macchina fotografica	630
19.2	L'occhio umano	632
19.3	La lente d'ingrandimento	635
19.4	Il microscopio	637
19.5	Il telescopio	639
19.6	Colori e dispersione	641
19.7	Risoluzione degli strumenti ottici	643
	<b>RIEPILOGO</b>	649
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	650

**PARTE V RIEPILOGO** Ottica 656

**UN PASSO OLTRE** Microscopio confocale a scansione 657

**PARTE V PROBLEMI** 658

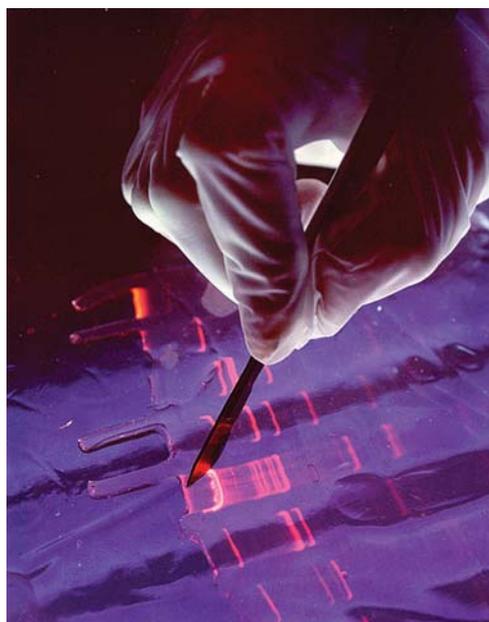
## PARTE VI Eletticità e magnetismo

**PANORAMICA DEI CONTENUTI** Cariche, correnti e campi 661

<b>CAPITOLO 20</b>	<b>Campi elettrici e forze</b>	<b>662</b>
20.1	Cariche e forze	663
20.2	Cariche, atomi e molecole	669
20.3	La legge di Coulomb	671
20.4	Il concetto di campo elettrico	675
20.5	Le applicazioni del campo elettrico	678
20.6	Conduttori e campi elettrici	682
20.7	Forze e momenti nei campi elettrici	684
	<b>RIEPILOGO</b>	687
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	688

<b>CAPITOLO 21</b>	<b>Il potenziale elettrico</b>	<b>695</b>
21.1	L'energia potenziale elettrica e il potenziale elettrico	696
21.2	Sorgenti di potenziale elettrico	698

21.3	Il potenziale elettrico e la conservazione dell'energia	701
21.4	Calcolo del potenziale elettrico	704
21.5	Connessione tra potenziale e campo elettrico	711
21.6	L'elettrocardiogramma	714
21.7	Capacità e condensatori	715
21.8	Energia e condensatori	719
	<b>RIEPILOGO</b>	723
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	724



<b>CAPITOLO 22</b>	<b>Correnti e resistenze</b>	<b>732</b>
22.1	Un modello della corrente	733
22.2	Definizione e descrizione della corrente	735
22.3	Batterie e fem	737
22.4	Collegamento tra potenziale e corrente	739
22.5	La legge di Ohm e i circuiti con resistori	743
22.6	Energia e potenza	746
	<b>RIEPILOGO</b>	751
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	752

<b>CAPITOLO 23</b>	<b>Circuiti</b>	<b>759</b>
23.1	Elementi e schema di un circuito	760
23.2	Le leggi di Kirchhoff	761
23.3	Circuiti in serie e in parallelo	764
23.4	Misure di tensione e di corrente	768
23.5	Circuiti più complessi	769
23.6	Condensatori in parallelo e in serie	772
23.7	Circuiti RC	774
23.8	Eletticità nel sistema nervoso	777
	<b>RIEPILOGO</b>	786
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	787

<b>CAPITOLO 24</b>	<b>Campi magnetici e forze magnetiche</b>	<b>797</b>		
24.1	Magnetismo	798		
24.2	Il campo magnetico	799		
24.3	Anche le correnti elettriche producono campi magnetici	803		
24.4	Calcolo del campo magnetico prodotto da una corrente	806		
24.5	I campi magnetici esercitano forze sulle cariche in movimento	811		
24.6	I campi magnetici esercitano forze sulle correnti	817		
24.7	I campi magnetici esercitano dei momenti sui dipoli	821		
24.8	I magneti e i materiali magnetici	824		
	<b>RIEPILOGO</b>	828		
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	829		
<b>CAPITOLO 25</b>	<b>Induzione magnetica e onde elettromagnetiche</b>	<b>838</b>		
25.1	Correnti indotte	839		
25.2	Fem di movimento	840		
25.3	Il flusso magnetico	843		
25.4	La legge di Faraday	848		
25.5	Le onde elettromagnetiche	851		
25.6	Il modello a fotoni delle onde elettromagnetiche	858		
25.7	Lo spettro elettromagnetico	859		
	<b>RIEPILOGO</b>	866		
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	867		
<b>CAPITOLO 26</b>	<b>Elettricità con corrente alternata</b>	<b>876</b>		
26.1	Corrente alternata	877		
26.2	Elettricità in AC e trasformatori	879		
26.3	Elettricità domestica	883		
26.4	Effetti biologici e sicurezza elettrica	885		
26.5	Circuiti con condensatori	888		
26.6	Induttori e circuiti a induzione	890		
26.7	Circuiti oscillanti	893		
	<b>RIEPILOGO</b>	898		
	<b>DOMANDE E PROBLEMI</b>	899		
<b>PARTE VI RIEPILOGO</b>	Elettricità e magnetismo	905		
<b>UN PASSO OLTRE</b>	L'effetto serra e il riscaldamento globale	906		
<b>PARTE VI PROBLEMI</b>		907		
<b>Appendice A</b>	Riassunto di matematica	A-1		
<b>Appendice B</b>	Tavola periodica degli elementi	A-3		
<b>Appendice C</b>	Dati nucleari e atomici	A-4		
<b>Risposte</b>		A-7		
<b>Fonti delle figure</b>		C-1		
<b>Indice analitico</b>		I-1		