La storia dell'Amaldi

Questo libro è stato scritto nel ricordo di **Ugo Amaldi** (1875-1957), illustre matematico, uomo di grande fede e magnifico didatta che nel 1904, presso la Zanichelli, pubblicò con Federigo Enriques (1871-1946) gli *Elementi di geometria*, primo di una lunga serie di testi di geometria e analisi usati per più di ottant'anni nelle scuole secondarie di tutta Italia.

Cinquant'anni dopo, Ginestra Amaldi ed Edoardo Amaldi pubblicarono, per la Zanichelli, il *Corso di fisica – ad uso dei licei scientifici* che portava il sottotitolo *rielaborato da un testo di Enrico Fermi*, testo che era stato pubblicato, sempre dalla Zanichelli, nel 1929.

Ginestra Amaldi (1911-1993), astronoma, ha pubblicato diversi libri di divulgazione scientifica rivolti ai giovani. Uno di essi, *Questo nostro mondo*, è stato tradotto in cinque lingue.

Edoardo Amaldi (1908-1989), scienziato di fama internazionale, è stato collaboratore di Fermi nella scuola di via Panisperna. Nel dopoguerra ha ricostruito la fisica italiana.

Edoardo Amaldi è stato uno dei padri fondatori del CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), il prestigioso centro europeo per la ricerca nucleare, e ha contribuito alla creazione dell'ESA (European Space Agency), l'ente spaziale europeo. Ha dedicato gli ultimi decenni della sua vita alla ricerca delle onde gravitazionali.

Dagli anni Cinquanta a oggi il libro di Edoardo e Ginestra ha avuto numerose edizioni e rifacimenti completi; io ne sono il solo autore da più di vent'anni. Più di due milioni di studenti hanno studiato fisica sulle pagine di questi testi.

La nuova edizione presenta una fisica ricca di esempi, di esercizi e di risorse multimediali che parlano dell'esperienza quotidiana, con particolare attenzione alle competenze fondamentali per vivere nel mondo di oggi. È una fisica che vuole stimolare i giovani cittadini ad acquisire una visione scientifica del mondo, attraverso le spiegazioni semplici ma rigorose che hanno contraddistinto la storia degli «Amaldi».

Ugo Amaldi
Ginevra, febbraio 2021

Indice

12 Le onde e il suono

	TEORIA	ESERCIZI
1 I moti ondulatori	2	43
2 Le onde periodiche	6	43
3 Le caratteristiche delle onde sonore	11	46
4 L'effetto Doppler	16	48
5 Le onde armoniche	20	49
6 Sovrapposizione di onde lungo una retta	25	51
7 Le onde stazionarie	29	54
8 L'interferenza in un piano e nello spazio	34	55
9 La diffrazione	35	56
Le formule	37	
Test		41
Problemi di paragrafo		43
Problemi di riepilogo		57
La fisica dietro le decisioni Quanta energia possiamo ricavare dalle onde? AGENDA 2030		60
Sei pronto per la verifica?		61

PROBLEMI MODELLO

Dalla potenza al livello di intensità sonora	15
Riflessione sonora su un corpo in movimento	19
Un'onda armonica in funzione del punto e dell'istante di tempo	23
L'interferenza di due onde armoniche	27
Lunghezza d'onda e frequenza di un'onda stazionaria	32

Risorse multimediali

- Animazione interattiva: Onde longitudinali e trasversali
- Video In laboratorio: Oscilloscopio e onde sonore
- Formule in 3 minuti
- Risposte ai Fermati a pensare

Nell'eBook

- Simulazioni PhET
  - Onde: introduzione
  - Onde sulla corda
  - Interferenza tra onde
- Physics Highlights: Mechanical waves + Sound

13 La natura della luce

	TEORIA	ESERCIZI
1 La riflessione e la rifrazione della luce in sintesi	62	94
2 Corpuscoli e onde	64	97
3 I colori	69	98
4 L'energia della luce	71	99
5 L'interferenza della luce e l'esperimento di Young	75	101
6 L'interferenza per doppia riflessione	80	104
7 La diffrazione della luce	84	105
Le formule	90	
Test		92
Problemi di paragrafo		94
Problemi di riepilogo		108
Sei pronto per la verifica?		111

PROBLEMI MODELLO

Calcolo di uno sfasamento	68
L'irradiamento e i pannelli solari	73
L'esperimento di Young in acqua	79
Una luce di due colori	83
Una figura di diffrazione	88

Verso l'esame

Quesiti	112
Problemi	113
Sei pronto per l'esame?	117

Risorse multimediali

- Video In laboratorio: Diffrazione da una fenditura
- Formule in 3 minuti
- Risposte ai Fermati a pensare

Nell'eBook

- Simulazione PhET: Rifrazione della luce
- Physics Highlights: Physical optics

14 La carica elettrica e la legge di Coulomb

	TEORIA	ESERCIZI
1 I corpi elettrizzati e la carica elettrica	118	141
2 La carica elettrica nei conduttori	122	142
3 La legge di Coulomb	126	142
4 La polarizzazione degli isolanti	133	147
Le formule	137	
Test		139
Problemi di paragrafo		141
Problemi di riepilogo		148
Sei pronto per la verifica?		151

PROBLEMI MODELLO

- La carica su un corpo elettrizzato 121
- Le componenti della forza elettrica 129
- Un sistema di tre cariche 131
- La forza elettrica in un mezzo materiale 136

Risorse multimediali

- Animazione interattiva L'elettrizzazione per strofinio
- Video In laboratorio Funzionamento di un elettroscopio
- Formule in 3 minuti
- Risposte ai Fermati a pensare

Nell'eBook

- Simulazioni PhET
  - Elettricità statica
  - Legge di Coulomb

15 Il campo elettrico

	TEORIA	ESERCIZI
1 Il vettore campo elettrico	152	182
LA MATEMATICA PER LA FISICA Il campo elettrico di una distribuzione continua di carica	158	
2 Le linee del campo elettrico	159	185
3 Il flusso di un campo vettoriale	161	186
4 Il teorema di Gauss per il campo elettrico	164	187
5 Il campo elettrico di un piano infinito di carica	166	188
6 I campi elettrici di altre distribuzioni di carica simmetriche	170	190
7 Calcolo dei campi elettrici del filo infinito e della sfera di carica	175	192
Le formule	178	
Test		180
Problemi di paragrafo		182
Problemi di riepilogo		194
Sei pronto per la verifica?		197

PROBLEMI MODELLO

- Tre cariche ai vertici di un triangolo equilatero 157
- Il campo elettrico di due piani carichi paralleli 169
- Un filo rettilineo di carica e una carica puntiforme 171

Risorse multimediali

- Video In laboratorio Linee di campo elettrico
- Formule in 3 minuti
- Risposte ai Fermati a pensare

Nell'eBook

- Simulazione PhET Cariche e campi elettrici
- Physics Highlights Electric charge and electric field

16 Il potenziale elettrico

	TEORIA	ESERCIZI
1 L'energia potenziale elettrica	198	220
2 Dall'energia potenziale al potenziale elettrico	204	222
3 Le superfici equipotenziali	211	224
4 La circuitazione del campo elettrico	214	226
Le formule	216	
Test		218
Problemi di paragrafo		220
Problemi di riepilogo		227
Sei pronto per la verifica?		229

PROBLEMI MODELLO

- Energia potenziale elettrica di un sistema di cariche 203
- Dove si annulla il potenziale? 208
- Il modulo del campo elettrico 213

Risorse multimediali

Animazioni interattive
- La differenza di potenziale e il moto delle cariche
- Le superfici equipotenziali

Formule in 3 minuti

Risposte ai Fermati a pensare

Nell'eBook

Physics Highlights
Electric potential

17 I conduttori carichi

	TEORIA	ESERCIZI
1 L'equilibrio elettrostatico dei conduttori	230	262
2 L'equilibrio elettrostatico di due sfere conduttrici collegate	237	264
3 La capacità elettrostatica	239	265
4 Il condensatore piano	242	266
5 Condensatori in parallelo e in serie	249	268
6 L'energia di un condensatore	253	269
7 Verso le equazioni di Maxwell	256	
Le formule	257	
Test		260
Problemi di paragrafo		262
Problemi di riepilogo		271
Sei pronto per la verifica?		273

PROBLEMI MODELLO

- Il grafico del campo elettrico 236
- Calcolo del potenziale finale 238
- Moto parabolico di un protone 248
- Una rete di condensatori 252
- Il lampo del flash 255

Verso l'esame

Quesiti 274
Problemi 279
Sei pronto per l'esame? 287

Risorse multimediali

Video In laboratorio
Potere delle punte in un conduttore carico

Risposte ai Fermati a pensare

Nell'eBook

Simulazione PhET
Laboratorio condensatori: introduzione

18 I circuiti elettrici

	TEORIA	ESERCIZI
1 La corrente elettrica	288	323
2 La prima legge di Ohm	292	324
3 Resistori in serie e in parallelo	295	325
4 La seconda legge di Ohm	300	326
5 Generatori di tensione ideali e reali	304	328
6 Le leggi di Kirchhoff	307	329
7 La trasformazione dell'energia nei circuiti elettrici	310	330
8 Il circuito *RC*	313	332
Le formule	318	
Test		321
Problemi di paragrafo		323
Problemi di riepilogo		334
Sei pronto per la verifica?		337

PROBLEMI MODELLO

- Un circuito ohmico 295
- Un circuito con resistenze in serie e in parallelo 299
- Un circuito con una resistenza variabile 303
- Forza elettromotrice e resistenza interna di un generatore reale 306
- Un circuito complesso 309
- Il tempo di dimezzamento della corrente 317

Risorse multimediali

Animazioni interattive
- L'intensità della corrente elettrica
- L'effetto Joule
- La forza elettromotrice

Video In laboratorio
- Lampadine in serie e in parallelo
- La seconda legge di Ohm

Formule in 3 minuti

Risposte ai Fermati a pensare

Nell'eBook

Simulazioni PhET
- Legge di Ohm
- Resistenza in un cavo elettrico
- Kit creazione circuiti: corrente continua

Physics Highlights
Direct current circuits

19 La conduzione elettrica nella materia

	TEORIA	ESERCIZI
1 La corrente elettrica nei metalli	338	363
2 L'estrazione di elettroni da un metallo	342	363
3 La corrente elettrica nelle soluzioni elettrolitiche	348	364
4 Le pile	353	366
5 La corrente elettrica nei gas	356	366
Le formule	359	
Test		361
Problemi di paragrafo		363
Problemi di riepilogo		367
La fisica dietro le decisioni Quanto è «verde» l'auto elettrica? AGENDA 2030		368
Sei pronto per la verifica?		369

PROBLEMI MODELLO

- La deposizione elettrolitica 352

Risorse multimediali

Video In laboratorio
Corrente elettrica in una cella elettrolitica

Risposte ai Fermati a pensare

Nell'eBook

Physics Highlights
Electric current in metal

20 Fenomeni magnetici fondamentali

	TEORIA	ESERCIZI
1 I magneti e le linee del campo magnetico	370	405
2 Le interazioni magnete-corrente e corrente-corrente	374	405
3 Il campo magnetico	378	406
4 La forza magnetica su una corrente e su una particella carica	385	409
5 Il moto di una carica in un campo magnetico uniforme	389	413
6 Alcune applicazioni della forza magnetica	394	414
Le formule	399	
Test		403
Problemi di paragrafo		405
Problemi di riepilogo		416
Sei pronto per la verifica?		419

PROBLEMI MODELLO

- La forza magnetica con tre correnti 377
- Il campo magnetico generato da un filo rettilineo 381
- La forza magnetica su un conduttore sospeso 387
- Gli ioni in un campo magnetico uniforme 391
- Il selettore di velocità 396

Risorse multimediali

- Animazioni interattive
  - L'esperimento di Faraday
  - L'intensità della forza di Lorentz
- Video In laboratorio
  - Il campo magnetico di un filo rettilineo percorso da corrente
  - Misura della carica specifica dell'elettrone
- Formule in 3 minuti
- Risposte ai Fermati a pensare

Nell'eBook

- Physics Highlights
  Magnetic field

21 Il magnetismo nel vuoto e nella materia

	TEORIA	ESERCIZI
1 Il flusso del campo magnetico	420	451
2 La circuitazione del campo magnetico	424	452
3 Campi magnetici con simmetrie particolari	426	452
4 Il momento delle forze magnetiche su una spira	432	453
5 Il motore elettrico e altri dispositivi azionati da forze magnetiche	435	454
6 Le proprietà magnetiche dei materiali	438	455
7 I materiali ferromagnetici	442	456
8 Verso le equazioni di Maxwell	446	
Le formule	447	
Test		449
Problemi di paragrafo		451
Problemi di riepilogo		457
Sei pronto per la verifica?		458

PROBLEMI MODELLO

- Il flusso magnetico attraverso una bobina 423
- Il campo magnetico di un toroide 431
- La corrente con e senza lo strumento di misura 437
- Il campo magnetico nella materia 441

Verso l'esame

Quesiti 459
Problemi 461
Sei pronto per l'esame? 467

Indice analitico 469

Risorse multimediali

- Risposte ai Fermati a pensare

NUCLEI TEMATICI FONDAMENTALI	OBIETTIVI DELLA PROVA	NEL LIBRO
MISURA E RAPPRESENTAZIONE DI GRANDEZZE FISICHE • Incertezza di misura • Rappresentazioni di grandezze fisiche	• Rappresentare, anche graficamente, il valore di una grandezza fisica e la sua incertezza nelle unità di misura appropriate. Rappresentare e interpretare, tramite un grafico, la relazione tra due grandezze fisiche.	– Problemi nelle sezioni *Verso l'esame*, per esempio problema 3 a pag. 226 del Vol. 1 – Problemi *Disegna il grafico* e *Leggi il grafico*
	• Valutare l'accordo tra i valori sperimentali di grandezze fisiche in relazione alle incertezze di misura al fine di descrivere correttamente il fenomeno osservato.	– Problemi nelle sezioni *Verso l'esame*, per esempio problema 4 a pag. 227 del Vol. 1 – Video *In laboratorio*
SPAZIO, TEMPO E MOTO • Grandezze cinematiche • Sistemi di riferimento e trasformazioni • Moto di un punto materiale e di un corpo rigido • Cinematica classica e relativistica	• Determinare e discutere il moto di punti materiali e corpi rigidi sotto l'azione di forze.	2 I princìpi della dinamica e la relatività galileiana 5 La quantità di moto 6 Il momento angolare ***Forze gravitazionali*** 3 Le applicazioni dei princìpi della dinamica 7 La gravitazione ***Forze elettriche*** 15 Il campo elettrico 16 Il potenziale elettrico 19 La conduzione elettrica nella materia, par. 5 ***Forze magnetiche*** 20 I fenomeni magnetici fondamentali 21 Il magnetismo nel vuoto e nella materia ***Forze elettromagnetiche*** 22 L'induzione elettromagnetica 24 Le onde elettromagnetiche 26 La relatività ristretta, par. 6
	• Utilizzare il concetto di centro di massa nello studio del moto di due punti materiali o di un corpo rigido.	5 La quantità di moto 6 Il momento angolare, par. 4
	• Utilizzare le trasformazioni di Galileo o di Lorentz per esprimere i valori di grandezze cinematiche e dinamiche in diversi sistemi di riferimento.	2 I princìpi della dinamica, par. 3 25 La relatività del tempo e dello spazio, par. 6 26 La relatività ristretta, par. 5, 6 e 7
	• Determinare e discutere il moto relativistico di un punto materiale sotto l'azione di una forza costante o di una forza di Lorentz.	26 La relatività ristretta, par. 6
	• Applicare le relazioni relativistiche sulla dilatazione dei tempi e contrazione delle lunghezze e individuare in quali casi si applica il limite non relativistico.	25 La relatività del tempo e dello spazio, par. 4 e 5
ENERGIA E MATERIA • Lavoro ed energia • Conservazione dell'energia • Trasformazione dell'energia • Emissione, assorbimento e trasporto di energia	• Determinare l'energia cinetica di un punto materiale in moto e l'energia potenziale di un punto materiale sottoposto a forze.	***Forze gravitazionali ed elastiche*** 4 Il lavoro e l'energia 7 La gravitazione, par. 6 e 7 ***Forze elettriche*** 16 Il potenziale elettrico 19 La conduzione elettrica nella materia, par. 2 e 5 ***Forze elettromagnetiche*** 26 La relatività ristretta, par. 5
	• Mettere in relazione la variazione di energia cinetica, di energia potenziale e di energia meccanica con il lavoro fatto dalle forze agenti.	***Forze gravitazionali ed elastiche*** 4 Il lavoro e l'energia 7 La gravitazione, par. 6 e 7 ***Forze elettriche*** 17 I conduttori carichi, par. 6 16 Il potenziale elettrico 19 La conduzione elettrica nella materia, par. 2
	• Utilizzare la conservazione dell'energia nello studio del moto di punti materiali e di corpi rigidi e nelle trasformazioni tra lavoro e calore.	4 Il lavoro e l'energia, par. 4 e 5 7 La gravitazione, par. 6 e 7 10 Il calore e il primo principio della termodinamica 11 Il secondo principio della termodinamica 16 Il potenziale elettrico 26 La relatività ristretta, par. 4 e 5 29 La fisica nucleare

* Fonte: https://www.miur.gov.it/-/esami-di-stato-del-secondo-ciclo-di-istruzione-a-s-2018-2019-d-m-769-del-26-novembre-2018

NUCLEI TEMATICI FONDAMENTALI	OBIETTIVI DELLA PROVA	NEL LIBRO
ONDE E PARTICELLE • Onde armoniche sonore ed elettromagnetiche • Fenomeni di interferenza • Dualismo onda-particella	• Determinare la densità di energia di campi elettrici e magnetici e applicare il concetto di trasporto di energia da parte di un'onda elettromagnetica.	17 I conduttori carichi, par. 6 22 L'induzione elettromagnetica, par. 5 24 Le onde elettromagnetiche, par. 5
	• Applicare l'equivalenza massa-energia in situazioni concrete tratte da esempi di decadimenti radioattivi, reazioni di fissione o di fusione nucleare.	29 La fisica nucleare
	• Interpretare lo spettro di emissione del corpo nero utilizzando la legge di distribuzione di Planck.	27 La crisi della fisica classica, par. 1
	• Determinare le frequenze emesse per transizione tra i livelli energetici dell'atomo di Bohr.	27 La crisi della fisica classica, par. 6
	• Determinare la lunghezza d'onda, la frequenza, il periodo, la fase e la velocità di un'onda armonica e le relazioni tra queste grandezze.	3 Le applicazioni dei princìpi della dinamica, par. 4 e 5 12 Le onde e il suono 13 La natura della luce 24 Le onde elettromagnetiche
	• Discutere fenomeni di interferenza con riferimento a onde armoniche sonore o elettromagnetiche emesse da due sorgenti coerenti.	12 Le onde e il suono 13 La natura della luce
	• Discutere, anche quantitativamente, il dualismo onda-corpuscolo.	13 La natura della luce, par. 2 27 La crisi della fisica classica
	• Descrivere la condizione di quantizzazione dell'atomo di Bohr usando la relazione di De Broglie.	28 La fisica quantistica, par. 1
	• Applicare l'equazione di Einstein dell'effetto fotoelettrico.	27 La crisi della fisica classica
FORZE E CAMPI • Rappresentazione di forze mediante il concetto di campo • Campo gravitazionale • Campo elettromagnetico • Induzione elettromagnetica	• Descrivere l'azione delle forze gravitazionali, elettriche e magnetiche mediante il concetto di campo. Rappresentare un campo elettrico o magnetico utilizzando le linee di forza.	7 La gravitazione, par. 5 15 Il campo elettrico 17 I conduttori carichi 20 I fenomeni magnetici fondamentali 21 Il magnetismo nel vuoto e nella materia 24 Le onde elettromagnetiche
	• Utilizzare il teorema di Gauss per determinare le caratteristiche di campi elettrici generati da distribuzioni simmetriche di cariche e per discutere il comportamento delle cariche elettriche nei metalli.	15 Il campo elettrico 17 I conduttori carichi, par. 1
	• Utilizzare il teorema di Ampère per determinare le caratteristiche di un campo magnetico generato da un filo percorso da corrente e da un solenoide ideale.	21 Il magnetismo nel vuoto e nella materia, par. 2 e 3
	• Descrivere e interpretare fenomeni di induzione elettromagnetica e ricavare correnti e forze elettromotrici indotte.	22 L'induzione elettromagnetica 23 La corrente alternata 24 Le onde elettromagnetiche
	• Determinare la forza agente su un filo di lunghezza infinita percorso da corrente in presenza di un campo magnetico, la forza tra due fili di lunghezza infinita paralleli percorsi da corrente e la forza che agisce su un ramo di un circuito in moto in un campo magnetico per effetto della corrente indotta.	20 I fenomeni magnetici fondamentali 22 L'induzione elettromagnetica
	• Determinare il momento delle forze magnetiche agenti su una spira percorsa da corrente in presenza di un campo magnetico uniforme.	21 Il magnetismo nel vuoto e nella materia, par. 5