

Indice

1	Atomi in moto	1
1.1	Introduzione	1
1.2	La materia è composta di atomi	2
1.3	Processi atomici	5
1.4	Reazioni chimiche	7
2	Fondamenti della fisica	11
2.1	Introduzione	11
2.2	La fisica prima del 1920	13
2.3	Fisica quantistica	16
2.4	Nuclei e particelle	18
3	Le relazioni della fisica con le altre scienze	22
3.1	Introduzione	22
3.2	La chimica	22
3.3	La biologia	23
3.4	L'astronomia	27
3.5	La geologia	29
3.6	La psicologia	29
3.7	Come mai è andata così?	30
4	Conservazione dell'energia	32
4.1	Che cos'è l'energia?	32
4.2	Energia potenziale gravitazionale	33
4.3	Energia cinetica	37
4.4	Altre forme di energia	37
5	Tempo e distanza	41
5.1	Il moto	41
5.2	Il tempo	41
5.3	Piccoli intervalli tempo	42
5.4	Intervalli lunghi di tempo	44
5.5	Unità e campioni di tempo	45
5.6	Grandi distanze	46
5.7	Piccole distanze	48

6	Probabilità	51
6.1	Caso e probabilità	51
6.2	Fluttuazioni	53
6.3	Moto casuale	55
6.4	Una distribuzione di probabilità	57
6.5	Il principio di indeterminazione	60
7	La teoria della gravitazione	62
7.1	Moti planetari	62
7.2	Le leggi di Keplero	63
7.3	Sviluppo della dinamica	63
7.4	Legge della gravitazione di Newton	64
7.5	Gravitazione universale	66
7.6	L'esperimento di Cavendish	70
7.7	Che cos'è la gravità?	70
7.8	Gravità e relatività	72
8	Il moto	74
8.1	Descrizione del moto	74
8.2	Velocità	76
8.3	Velocità come derivata	79
8.4	Distanza come integrale	80
8.5	Accelerazione	81
9	Le leggi della dinamica di Newton	85
9.1	Quantità di moto e forza	85
9.2	Velocità e velocità vettoriale	86
9.3	Componenti di velocità, accelerazione e forza	87
9.4	Che cos'è la forza?	88
9.5	Significato delle equazioni dinamiche	89
9.6	Soluzione numerica delle equazioni	90
9.7	Moti planetari	91
10	Conservazione della quantità di moto	96
10.1	La terza legge di Newton	96
10.2	Conservazione della quantità di moto	97
10.3	La quantità di moto <i>si</i> conserva!	100
10.4	Quantità di moto ed energia	103
10.5	Quantità di moto relativistica	104
11	Vettori	106
11.1	La simmetria in fisica	106
11.2	Traslazioni	107
11.3	Rotazioni	108
11.4	Vettori	110
11.5	Algebra vettoriale	112
11.6	Le leggi di Newton nella notazione vettoriale	114
11.7	Prodotto scalare di vettori	115

12	Caratteristiche della forza	118
12.1	Che cos'è una forza?	118
12.2	Attrito	120
12.3	Forze molecolari	123
12.4	Forze fondamentali. I campi	124
12.5	Forze apparenti	128
12.6	Forze nucleari	130
13	Lavoro ed energia potenziale (1)	131
13.1	Energia di un corpo che cade	131
13.2	Lavoro fatto dalla gravità	134
13.3	Additività dell'energia	137
13.4	Campo gravitazionale di oggetti grandi	138
14	Lavoro ed energia potenziale (2)	141
14.1	Lavoro	141
14.2	Moto vincolato	143
14.3	Forze conservative	143
14.4	Forze non conservative	146
14.5	Potenziali e campi	148
15	La teoria speciale della relatività	152
15.1	Il principio di relatività	152
15.2	La trasformazione di Lorentz	154
15.3	L'esperimento di Michelson-Morley	155
15.4	Trasformazioni di tempo	157
15.5	La contrazione di Lorentz	159
15.6	Simultaneità	160
15.7	Quadrivettori	161
15.8	Dinamica relativistica	161
15.9	Equivalenza di massa ed energia	163
16	Energia e quantità di moto relativistiche	165
16.1	La relatività e i filosofi	165
16.2	Il paradosso dei gemelli	167
16.3	Trasformazione delle velocità	168
16.4	Massa relativistica	170
16.5	Energia relativistica	173
17	Spazio-tempo	176
17.1	La geometria dello spazio-tempo	176
17.2	Intervalli nello spazio-tempo	178
17.3	Passato, presente e futuro	179
17.4	Ancora sui quadrivettori	180
17.5	Algebra dei quadrivettori	183

18	Rotazione in due dimensioni	185
18.1	Il centro di massa	185
18.2	Rotazione di un corpo rigido	187
18.3	Momento della quantità di moto	189
18.4	Conservazione del momento della quantità di moto	191
19	Centro di massa e momento di inerzia	193
19.1	Proprietà del centro di massa	193
19.2	Localizzazione del centro di massa	196
19.3	Ricerca del momento di inerzia	197
19.4	Energia cinetica di rotazione	200
20	Rotazione nello spazio	203
20.1	Momenti in tre dimensioni	203
20.2	Le equazioni della rotazione usando prodotti vettoriali	207
20.3	Il giroscopio	208
20.4	Momento della quantità di moto di un corpo solido	211
21	L'oscillatore armonico	212
21.1	Equazioni differenziali lineari	212
21.2	L'oscillatore armonico	213
21.3	Moto armonico e moto circolare	215
21.4	Condizioni iniziali	216
21.5	Oscillazioni forzate	218
22	Algebra	219
22.1	Addizione e moltiplicazione	219
22.2	Le operazioni inverse	220
22.3	Astrazione e generalizzazione	221
22.4	Approssimazione dei numeri irrazionali	222
22.5	Numeri complessi	226
22.6	Esponenti immaginari	228
23	Risonanza	230
23.1	Numeri complessi e moto armonico	230
23.2	Oscillatore forzato con smorzamento	232
23.3	Risonanza elettrica	235
23.4	La risonanza in natura	237
24	Transitori	242
24.1	L'energia di un oscillatore	242
24.2	Oscillazioni smorzate	244
24.3	Transitori elettrici	246

25	Sistemi lineari	249
25.1	Equazioni differenziali lineari	249
25.2	Sovrapposizione di soluzioni	251
25.3	Oscillazioni nei sistemi lineari	253
25.4	Le analogie in fisica	255
25.5	Impedenze in serie e in parallelo	257
26	Ottica: il principio del tempo minimo	259
26.1	La luce	259
26.2	Riflessione e rifrazione	260
26.3	Il principio di Fermat del tempo minimo	261
26.4	Applicazioni del principio di Fermat	263
26.5	Un enunciato più preciso del principio di Fermat	266
26.6	Come funziona	267
27	Ottica geometrica	268
27.1	Introduzione	268
27.2	Distanza focale di una superficie sferica	269
27.3	La distanza focale di una lente	271
27.4	Ingrandimento	273
27.5	Lenti composte	274
27.6	Aberrazioni	275
27.7	Potere risolutivo	276
28	Radiazione elettromagnetica	278
28.1	Elettromagnetismo	278
28.2	Radiazione	281
28.3	Il radiatore a dipolo	282
28.4	Interferenza	283
29	Interferenza	285
29.1	Onde elettromagnetiche	285
29.2	Energia della radiazione	286
29.3	Onde sinusoidali	287
29.4	Due radiatori a dipolo	288
29.5	La matematica dell'interferenza	290
30	Diffrazione	294
30.1	L'ampiezza risultante dovuta a n oscillatori uguali	294
30.2	Il reticolo di diffrazione	297
30.3	Potere risolutivo di un reticolo	300
30.4	L'antenna parabolica	301
30.5	Pellicole colorate e cristalli	302
30.6	Diffrazione di schermi opachi	303
30.7	Il campo di un piano di cariche oscillanti	304

31	L'origine dell'indice di rifrazione	308
31.1	L'indice di rifrazione	308
31.2	Il campo dovuto al mezzo	311
31.3	Dispersione	313
31.4	Assorbimento	316
31.5	L'energia trasportata da un'onda elettrica	317
31.6	Diffrazione della luce da uno schermo	318
32	Smorzamento per radiazione e diffusione della luce	320
32.1	Resistenza di radiazione	320
32.2	La rapidità di radiazione dell'energia	321
32.3	Smorzamento dovuto alla radiazione	323
32.4	Sorgenti indipendenti	324
32.5	Diffusione della luce	326
33	Polarizzazione	330
33.1	Il vettore elettrico della luce	330
33.2	Polarizzazione della luce diffusa	332
33.3	Birifrangenza	332
33.4	Polarizzatori	334
33.5	Attività ottica	335
33.6	L'intensità della luce riflessa	336
33.7	Rifrazione anomala	338
34	Effetti relativistici nella radiazione	341
34.1	Sorgenti in movimento	341
34.2	Scoperta del moto «apparente»	342
34.3	Radiazione di sincrotrone	344
34.4	Radiazione cosmica di sincrotrone	346
34.5	Radiazione di frenamento	347
34.6	L'effetto Doppler	348
34.7	Il quadrivettore ω, k	350
34.8	Aberrazione	352
34.9	La quantità di moto della luce	352
35	Visione del colore	355
35.1	L'occhio umano	355
35.2	Il colore dipende dall'intensità	356
35.3	Misura della sensazione del colore	358
35.4	Il diagramma cromatico	361
35.5	Il meccanismo della visione del colore	362
35.6	Fisiochimica della visione del colore	364
36	Meccanismo della visione	367
36.1	La sensazione del colore	367
36.2	La fisiologia dell'occhio	369
36.3	I bastoncelli	372
36.4	L'occhio composto (degli insetti)	373

36.5	Altri occhi	375
36.6	Neurologia della visione	376

37 Comportamento quantistico 381

37.1	Meccanica atomica	381
37.2	Un esperimento eseguito con pallottole	382
37.3	Un esperimento eseguito con onde	383
37.4	Un esperimento eseguito con elettroni	385
37.5	L'interferenza delle onde di elettroni	386
37.6	Osservazione degli elettroni	387
37.7	Primi principi della meccanica quantistica	390
37.8	Il principio di indeterminazione	392

38 Relazione fra i punti di vista ondulatorio e corpuscolare 394

38.1	Ampiezze dell'onda di probabilità	394
38.2	Misura della posizione e della quantità di moto	395
38.3	Diffrazione nei cristalli	398
38.4	Le dimensioni dell'atomo	399
38.5	Livelli energetici	401
38.6	Implicazioni filosofiche	402

39 La teoria cinetica dei gas 405

39.1	Proprietà della materia	405
39.2	La pressione di un gas	406
39.3	Compressibilità della radiazione	410
39.4	Temperatura ed energia cinetica	411
39.5	La legge dei gas ideali	414

40 I principi della meccanica statistica 417

40.1	L'atmosfera esponenziale	417
40.2	La legge di Boltzmann	418
40.3	Evaporazione di un liquido	419
40.4	La distribuzione delle velocità molecolari	421
40.5	I calori specifici dei gas	424
40.6	Il fallimento della fisica classica	425

41 Il moto browniano 428

41.1	Equipartizione dell'energia	428
41.2	Equilibrio termico della radiazione	431
41.3	L'equipartizione e l'oscillatore quantistico	434
41.4	Il cammino casuale	436

42 Applicazioni della teoria cinetica 440

42.1	Evaporazione	440
42.2	Emissione termoionica	443
42.3	Ionizzazione termica	444
42.4	Cinetica chimica	446
42.5	Le leggi della radiazione di Einstein	448

43	La diffusione	451
43.1	Collisioni tra molecole	451
43.2	Il cammino libero medio	453
43.3	La velocità di trascinamento	455
43.4	Conducibilità ionica	457
43.5	Diffusione molecolare	458
43.6	Conducibilità termica	460
44	Le leggi della termodinamica	462
44.1	Macchine termiche: la prima legge	462
44.2	La seconda legge	464
44.3	Macchine reversibili	465
44.4	Il rendimento di una macchina ideale	469
44.5	La temperatura termodinamica	471
44.6	Entropia	472
45	Chiarimenti sulla termodinamica	477
45.1	Energia interna	477
45.2	Applicazioni	480
45.3	L'equazione di Clausius-Clapeyron	482
46	Ruota dentata e dente d'arresto	487
46.1	Come funziona una ruota dentata	487
46.2	La ruota dentata come macchina	488
46.3	Reversibilità in meccanica	491
46.4	Irreversibilità	492
46.5	Ordine ed entropia	493
47	Il suono e l'equazione dell'onda	496
47.1	Le onde	496
47.2	La propagazione del suono	498
47.3	L'equazione dell'onda	499
47.4	Soluzioni dell'equazione dell'onda	501
47.5	La velocità del suono	503
48	Battimenti	505
48.1	Somma di due onde	505
48.2	Note di battimento e modulazione	507
48.3	Bande laterali	508
48.4	Treni d'onde localizzati	510
48.5	Ampiezze di probabilità per le particelle	512
48.6	Onde in tre dimensioni	514
48.7	Modi di vibrazione normali	515
49	Modi di vibrazione	517
49.1	La riflessione delle onde	517
49.2	Onde limitate, con frequenze naturali	518

49.3	Modi di vibrazione in due dimensioni	520
49.4	Pendoli accoppiati	523
49.5	Sistemi lineari	524

50 Armoniche 526

50.1	Toni musicali	526
50.2	La serie di Fourier	527
50.3	Qualità e assonanza	528
50.4	I coefficienti di Fourier	530
50.5	Il teorema dell'energia	533
50.6	Risposte non lineari	533

51 Le onde 537

51.1	Onde di prua	537
51.2	Onde d'urto	538
51.3	Onde nei solidi	540
51.4	Onde superficiali	543

52 La simmetria nelle leggi fisiche 547

52.1	Operazioni di simmetria	547
52.2	Simmetria nello spazio e nel tempo	547
52.3	Simmetria e leggi di conservazione	550
52.4	Riflessioni speculari	550
52.5	Vettori polari e assiali	552
52.6	Qual è la destra?	554
52.7	La parità non si conserva!	555
52.8	Antimateria	556
52.9	Simmetrie rotte	558

Indice analitico 559

Le risorse multimediali

All'indirizzo

online università zanichelli/feynman <<http://online.universita.zanichelli.it/feynman>>

sono disponibili i link per consultare il **testo originale in lingua inglese** messo a disposizione dal California Institute of Technology.

Inoltre, chi acquista il libro può scaricare gratuitamente l'**ebook**, seguendo le istruzioni presenti nel sito sopra indicato. L'ebook si legge con l'applicazione *Booktab*, che si scarica gratis da AppStore (sistemi operativi Apple) o da Google Play (sistemi operativi Android).

Per accedere alle risorse protette è necessario registrarsi su **myzanichelli** <<http://myzanichelli.it>> inserendo la **chiave di attivazione** personale contenuta nel libro.