Indice

Metodo scientifico 1

capitolo 1

1. Introduzione 1
2. Definizione operativa delle grandezze fisiche 3
3. Sistemi di unità di misura ed equazioni dimensionali 5
4. Grandezza fisica "tempo" 9
5. Relazioni funzionali 10
   1. Rappresentazione tabulare 11
   2. Rappresentazione grafica 12
   3. Rappresentazione analitica 15
6. Alcune proprietà delle funzioni 16

► Riepilogo del Capitolo 1 18

Cinematica del punto materiale 19

capitolo 2

1. Posizione 20
2. Vettori: definizioni 22
3. Alcune definizioni relative alle matrici 24
4. Operazioni sui vettori 26
   1. Prodotto di un vettore per un numero *k* 26
   2. Somma di vettori (o risultante) 26
   3. Differenza di due vettori 27
   4. Prodotto scalare fra due vettori 27
   5. Prodotto vettoriale fra due vettori 28
5. Legge oraria di un punto materiale 29
6. Velocità media 32
7. Limite di una funzione 35
8. Derivata 39
9. Derivata dei vettori. Velocità e accelerazione istantanee 44
10. Moti piani su traiettoria qualsiasi 50
11. Dall'accelerazione alla legge oraria 51

► Riepilogo del Capitolo 2 59

■ Esercizi del Capitolo 2 61

Principi della dinamica del punto materiale 63

capitolo 3

1. Principio di relatività 64
2. Definizione (statica) di forza 65
3. Sistemi di riferimento inerziali 66
4. Principio di inerzia 67
5. Forza e accelerazione 68
6. Massa inerziale e massa gravitazionale 69

ISBN 978-88-08-18649-2

7. Misura dinamica di forze e secondo principio della dinamica 72
8. Leggi delle forze 73
9. Trasformazioni galileiane e covarianza relativistica del secondo principio della dinamica 77
10. Sistemi non inerziali e forze dette apparenti o fittizie 81
▶ Riepilogo del Capitolo 3 87
■ Esercizi del Capitolo 3 89

capitolo 4

Conseguenze del secondo principio della dinamica del punto materiale 91

1. Infinitesimi 91
2. Differenziale 94
3. Integrale 97
4. Impulso e quantità di moto 101
5. Momento angolare e momento della forza 104
6. Lavoro di una forza. Teorema dell'energia cinetica 110
7. Calcolo del lavoro e integrale di linea 114
8. Campi di forze conservativi. Funzione potenziale 117
   1. Funzioni di più variabili. Derivate parziali e differenziale 119
   2. Forme differenziali lineari e differenziali esatti 121
   3. Calcolo della funzione potenziale 123
   4. Operatore gradiente in coordinate cartesiane e polari 125
9. Teorema di conservazione dell'energia meccanica 126
10. Sistemi a un solo grado di libertà 129
11. Condizioni di equilibrio per un punto materiale ed energia potenziale 133
12. Potenza 135

▶ Riepilogo del Capitolo 4 136
■ Esercizi del Capitolo 4 138

capitolo 5

Leggi delle forze 141

1. Leggi della gravitazione universale 142
2. Teorema di Gauss e campo gravitazionale generato da una massa avente simmetria sferica 146
3. Leggi di Keplero e loro giustificazione dinamica 151
4. Forza peso 154
5. Potenziale efficace e forza di richiamo verso l'orbita di equilibrio 157
6. Forze elastiche 159
7. Forze viscose di resistenza del mezzo 168
   1. Moto di un grave sottoposto a forza di resistenza viscosa 168
   2. Moto oscillatorio smorzato 170
8. Reazioni vincolari 172
9. Forze di attrito 177
   1. Attrito statico 178
   2. Attrito cinematico radente 180
   3. Attrito volvente 181
10. Oscillazioni forzate e oscillatori accoppiati 183
    1. Oscillatore in due dimensioni 183

ISBN 978-88-08-18649-2

2. Oscillatore forzato 185
3. Oscillatori accoppiati 187
► Riepilogo del Capitolo 5 192
■ Esercizi del Capitolo 5 194

capitolo 6

Leggi della dinamica dei sistemi 199

1. Leggi fondamentali 199
2. Terzo principio della dinamica 203
3. Centro di massa 205
4. Equazioni cardinali della dinamica dei sistemi e moto del centro di massa 212
5. Semplici considerazioni relative al significato del momento angolare 215
6. Problema dei due corpi 220
7. Sistemi a massa variabile 222
8. Energia cinetica e teorema di Koenig 226
9. Sistemi di forze applicate 227
► Riepilogo del Capitolo 6 232
■ Esercizi del Capitolo 6 234

capitolo 7

Sistemi rigidi 237

1. Equilibrio dei corpi rigidi 238
2. Momento angolare assiale e momento di inerzia 240
3. Calcolo del momento di inerzia 243
4. Energia cinetica di un sistema rigido 248
5. Momento angolare polare 249
6. Moto di un sistema rigido non vincolato. Il caso notevole di un proiettile non puntiforme 254
7. Giroscopio appoggiato a un piano (moto di una trottola) 257
8. Corpo rigido girevole intorno a un asse fisso 260
9. Moto di rotolamento 270
10. Moto di sistemi rigidi a contatto con vincoli 273
11. Sistemi composti da più sistemi rigidi fra loro collegati 276
12. Moto di un corpo rigido. Cenni al caso generale 279
► Riepilogo del Capitolo 7 285
■ Esercizi del Capitolo 7 286

capitolo 8

Problemi d'urto 291

1. Considerazioni metodologiche generali relative all'urto fra particelle 294
2. Urto elastico fra particelle sferiche 297
3. Urto elastico di una sfera contro una parete rigida di massa infinita 301
4. Urti anelastici 302
5. Sezione d'urto 306
6. Urti di sistemi materiali 308
► Riepilogo del Capitolo 8 312
■ Esercizi del Capitolo 8 313

ISBN 978-88-08-18649-2

capitolo 9

Meccanica dei fluidi 315

1. Fluidi 315
2. Azioni meccaniche sui fluidi 316
3. Statica dei fluidi 319
4. Idrostatica nel campo della gravità 321
5. Statica dei fluidi in campi di forze di volume conservative 328
6. Statica dei fluidi in sistemi di riferimento non inerziali 331
7. Fluidi in movimento. Aspetti cinematici 334
8. Idrodinamica dei liquidi perfetti 340
9. Liquidi reali in movimento 347
10. Tensione superficiale 352
- ▶ Riepilogo del Capitolo 9 355
- ■ Esercizi del Capitolo 9 356

capitolo 10

Onde in mezzi elastici 359

1. Forma matematica delle onde elastiche 360
2. Onde sinusoidali 363
3. Onde elastiche longitudinali 369
4. Onde trasversali elastiche 374
5. Aspetti energetici della propagazione ondosa 377
6. Fenomeni di interferenza 381
7. Onde stazionarie 385
8. Principio di Huygens-Fresnel 387
9. Effetto Doppler 389
- ▶ Riepilogo del Capitolo 10 392
- ■ Esercizi del Capitolo 10 393

capitolo 11

Teoria della relatività ristretta 395

1. Il tempo nella relatività ristretta. La sincronizzazione degli orologi 397
2. Dilatazione del tempo e contrazione delle lunghezze 400
3. Trasformazioni di Lorentz, spazio-tempo e trasformazioni relativistiche della velocità 403
4. Covarianza a vista delle leggi fisiche 408
5. Terzo principio della dinamica e quadrivettore momento lineare 410
6. Massa ed energia 412
7. Cinematica relativistica degli urti 416
8. Riprove sperimentali della teoria della relatività ristretta 419
   1. Principio della velocità limite 419
   2. Equivalenza fra massa ed energia 420
   3. Dilatazione del tempo 421
9. Forza di Minkowski 422
10. Esperimento di Michelson 423
11. Relatività generale 427
   1. Principio di equivalenza e ascensore di Einstein 427
   2. Luce, gravitazione e curvatura dello spazio-tempo 427
   3. Gravitazione e tempo 428
   4. Buchi neri 429
- ▶ Riepilogo del Capitolo 11 430

ISBN 978-88-08-18649-2

capitolo 12

Calore e temperatura 431

1. Termodinamica 431
2. Temperatura 432
3. Sistemi termodinamici 433
4. Sistemi termodinamici chiusi e sistemi isolati 433
5. Stati di equilibrio termodinamico 433
6. Calore 435
7. Trasformazioni termodinamiche 436
8. Variabili di stato intensive ed estensive 439
9. Lavoro in una trasformazione termodinamica 440
10. Rappresentazione grafica delle trasformazioni e del lavoro 442
11. Dilatazione termica 442
▶ Riepilogo del Capitolo 12 450
■ Esercizi del Capitolo 12 451

capitolo 13

Primo principio della termodinamica 453

1. Equivalente meccanico della caloria 453
2. Primo principio della termodinamica 455
3. Applicazioni del primo principio a un corpo rigido 459
4. Applicazioni del primo principio a un gas perfetto 464
   1. Definizione di gas perfetto 464
   2. Piano di Clapeyron. Trasformazioni quasi-statiche, lavoro e reversibilità 465
   3. Energia interna di un gas perfetto 467
   4. Calori specifici di un gas perfetto 468
   5. Adiabatica reversibile di un gas perfetto 469
5. Gas reali 474
6. Sistema generico descritto dai parametri P, V, T 479
7. Agitazione termica e transizioni di fase 480
▶ Riepilogo del Capitolo 13 487
■ Esercizi del Capitolo 13 488

capitolo 14

Trasmissione del calore 493

1. Conduzione in regime stazionario 494
2. Conduzione in regime non stazionario 498
3. Convezione in regime stazionario 500
4. Scambi termici per irraggiamento 503
   1. Corpo nero 503
   2. Potere emissivo di un corpo nero 504
   3. Emittanza spettrale e scambi termici radiativi 505
5. Materiali selettivi 508
6. Bilancio termico della Terra 508
7. Bilancio termico del corpo umano 509
▶ Riepilogo del Capitolo 14 516
■ Esercizi del Capitolo 14 518

ISBN 978-88-08-18649-2

capitolo 15

Secondo principio della termodinamica 521

1. Enunciati del secondo principio 522
2. Equivalenza fra i due enunciati del secondo principio 523
3. Il più semplice fra i motori termici: il ciclo di Carnot 524
4. Teorema di Carnot e temperatura termodinamica assoluta 527
5. Rendimento dei motori reali 529
6. Integrale di Clausius ed entropia 530
7. Entropia e secondo principio della termodinamica 535
8. Entropia di alcuni sistemi termodinamici notevoli 536
   1. Entropia di un corpo solido 537
   2. Entropia di un gas perfetto 537
   3. Entropia di un gas di Van der Waals 537
   4. Entropia di una sbarretta omogenea solida in uno stato stazionario lontano dall'equilibrio termico 537
9. Entropia come parametro di stato 541

► Riepilogo del Capitolo 15 542

■ Esercizi del Capitolo 15 544

capitolo 16

Funzioni termodinamiche 549

1. Energia interna 549
2. Funzione di stato entalpia *H* 554
3. Energia libera di Helmholtz *F* 559
4. Energia libera di Gibbs *G* 563
5. Transizioni di fase 565
6. Reazioni chimiche 567

► Riepilogo del Capitolo 16 574

■ Esercizi del Capitolo 16 574

capitolo 17

Interpretazione microscopica delle grandezze termodinamiche 577

1. Interpretazione microscopica della pressione 578
2. Interpretazione microscopica della temperatura 580
3. Funzione di distribuzione della velocità 583
4. Probabilità e disordine 587
5. Disordine ed entropia 589
6. Entropia allo zero assoluto 591
7. Termodinamica dei sistemi lontani dall'equilibrio 593

► Riepilogo del Capitolo 17 595

ISBN 978-88-08-18649-2

Appendice A
Soluzioni degli esercizi 597

Appendice B
Alcune nozioni e formule utili di matematica 675

1. Formule e approssimazioni 675
   1. Equazioni algebriche 675
   2. Potenza del binomio 675
   3. Serie geometrica 676
2. Funzioni trigonometriche 676
   1. Relazioni trigonometriche 676
   2. Relazioni per triangoli 677
   3. Alcuni valori delle funzioni trigonometriche 677
3. Derivata delle funzioni più comuni 678
4. Serie 679
5. Integrali 680
   1. Integrali indefiniti 680
   2. Integrali per sostituzione 680
   3. Integrali per parti 681
   4. Tabella di integrali indefiniti 682
   5. Integrali definiti 693
6. Numeri complessi 694
   1. Definizioni dell'algoritmo complesso 694
   2. Rappresentazione geometrica dei numeri complessi 694
   3. Rappresentazione polare dei numeri complessi 695
   4. Rappresentazione esponenziale dei numeri complessi 696
7. Equazioni differenziali 696
   1. Equazioni del primo ordine a quadratura immediata 696
   2. Equazioni del primo ordine a variabili separabili 697
   3. Equazioni lineari del primo ordine 697
   4. Equazioni lineari omogenee del secondo ordine a coefficienti costanti 698
   5. Equazioni del secondo ordine di tipo particolare 699

Appendice C
Tavole finali 701