David HALLIDAY • Robert RESNICK • JEARL WALKER

1 | Fyzika

Třetí přepracované vydání připravil Petr Dub

Svazek 1

Vysoké učení technické v Brně
Nakladatelství VUTIUM

OBSAH

1 Měření 1

1-1 MĚŘENÍ 1
Měření 1
Mezinárodní soustava jednotek 2
Převody jednotek 3
Platná místa a desetinná místa 4

1-2 ČAS, DÉLKA, HMOTNOST 5
Čas 5
Délka 6
Hmotnost 8

PŘEHLED & SHRNUTÍ 10 ÚLOHY 10

2 Přímočarý pohyb 15

2-1 POLOHA, POSUNUTÍ A PRŮMĚRNÁ RYCHLOST 15
Pohyb 16
Poloha a posunutí 16
Průměrná rychlost a průměrná velikost rychlosti 17

2-2 RYCHLOST A ZRYCHLENÍ 20
Okamžitá rychlost 20
Zrychlení 22

2-3 ROVNOMĚRNĚ ZRYCHLENÝ PŘÍMOČARÝ POHYB 24
Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb 25
Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb: jiný přístup 29
Zrychlení volného pádu 30

2-4 GRAFICKÉ INTEGROVÁNÍ PŘI ANALÝZE POHYBU 32

PŘEHLED & SHRNUTÍ 34 OTÁZKY 35 ÚLOHY 36

3 Vektory 45

3-1 VEKTORY A JEJICH SLOŽKY 45
Vektory a skaláry 45
Sčítání vektorů: grafická metoda 46
Složky vektorů 48

3-2 JEDNOTKOVÉ VEKTORY, ALGEBRAICKÁ METODA SČÍTÁNÍ VEKTORŮ 51
Jednotkové vektory 52
Sčítání vektorů: algebraická metoda 52
Vektory a fyzikální zákony 53

3-3 NÁSOBENÍ VEKTORŮ 55

PŘEHLED & SHRNUTÍ 60 OTÁZKY 61 ÚLOHY 62

4 Dvojrozměrný a trojrozměrný pohyb 67

4-1 POLOHA A POSUNUTÍ 67

4-2 RYCHLOST A ZRYCHLENÍ 69
Průměrná a okamžitá rychlost 70
Průměrné a okamžité zrychlení 72

4-3 ŠIKMÝ VRH 74
Šikmý vrh 74
Šikmý vrh: matematický popis 75

4-4 ROVNOMĚRNÝ POHYB PO KRUŽNICI 79

4-5 VZÁJEMNÝ POHYB PO PŘÍMCE A V ROVINĚ 82
Vzájemný pohyb po přímce 82
Vzájemný pohyb v rovině 84

PŘEHLED & SHRNUTÍ 86 OTÁZKY 87 ÚLOHY 88

5 Síla a pohyb I 99

5-1 PRVNÍ A DRUHÝ NEWTONŮV ZÁKON 99
Newtonovská mechanika 100
První Newtonův zákon 100
Síla 101
Hmotnost 103
Druhý Newtonův zákon 104

5-2 NĚKTERÉ TYPY SIL 107

5-3 TŘETÍ NEWTONŮV ZÁKON 112

5-4 UŽITÍ NEWTONOVÝCH ZÁKONŮ 114

PŘEHLED & SHRNUTÍ 120 OTÁZKY 120 ÚLOHY 122

6 Síla a pohyb II 131

6-1 TŘENÍ 131
Tření 131
Vlastnosti sil tření 134

6-2 ODPOROVÁ SÍLA 136

6-3 ROVNOMĚRNÝ POHYB PO KRUŽNICI 139

PŘEHLED & SHRNUTÍ 145 OTÁZKY 145 ÚLOHY 146

7 Kinetická energie a práce 157

7-1 KINETICKÁ ENERGIE A PRÁCE 157

7-2 PRÁCE GRAVITAČNÍ SÍLY 162

7-3 PRÁCE PRUŽNÉ SÍLY 166

7-4 PRÁCE PROMĚNNÉ SÍLY 169

7-5 VÝKON 174

7-6 PRÁCE A KINETICKÁ ENERGIE V INERCIÁLNÍCH VZTAŽNÝCH SOUSTAVÁCH 177

PŘEHLED & SHRNUTÍ 179 OTÁZKY 180 ÚLOHY 181

8 Potenciální energie a zachování energie 189

8-1 POTENCIÁLNÍ ENERGIE 189
Práce a potenciální energie 190
Nezávislost práce konzervativních sil na trajektorii 192
Určení hodnot potenciální energie 193

8-2 ZÁKON ZACHOVÁNÍ MECHANICKÉ ENERGIE 197

8-3 INTERPRETACE KŘIVKY POTENCIÁLNÍ ENERGIE 201

8-4 PRÁCE VNĚJŠÍCH A NEKONZERVATIVNÍCH SIL 205

8-5 PRINCIP ZACHOVÁNÍ ENERGIE 210

PŘEHLED & SHRNUTÍ 213 OTÁZKY 214 ÚLOHY 216

9 Soustavy částic 229

9-1 STŘED HMOTNOSTI 229

9-2 PRVNÍ IMPULZOVÁ VĚTA 235

9-3 HYBNOST 239
Hybnost částice 239
Hybnost soustavy částic 240

9-4 SRÁŽKY A IMPULZ SÍLY 240

9-5 ZÁKON ZACHOVÁNÍ HYBNOSTI 245

9-6 SRÁŽKY, SRÁŽKY, SRÁŽKY 248
Hybnost a kinetická energie při srážkách 248
Přímé srážky 249
Pružné přímé srážky 252
Šikmé srážky 257

9-7 SOUSTAVY S PROMĚNNOU HMOTNOSTÍ: RAKETA 257

PŘEHLED & SHRNUTÍ 260 OTÁZKY 261 ÚLOHY 263

10 Rotace 275

10-1 VELIČINY CHARAKTERIZUJÍCÍ OTÁČIVÝ POHYB 275
Veličiny charakterizující otáčivý pohyb 276
Jsou úhlové veličiny vektorové? 281
Rovnoměrně zrychlený otáčivý pohyb 282

10-2 SOUVISLOST MEZI OBVODOVÝMI A ÚHLOVÝMI VELIČINAMI 284

10-3 KINETICKÁ ENERGIE TĚLESA PŘI OTÁČIVÉM POHYBU A MOMENT SETRVAČNOSTI 288
Kinetická energie tělesa při otáčivém pohybu 288
Výpočet momentu setrvačnosti 290

10-4 MOMENT SÍLY VZHLEDEM K OSE OTÁČENÍ A DRUHÁ IMPULZOVÁ VĚTA (PRO ROTACI KOLEM PEVNÉ OSY) 294
Moment síly vzhledem k ose otáčení 294
Druhá impulzová věta (pro rotaci kolem pevné osy) 296

10-5 PRÁCE A KINETICKÁ ENERGIE PŘI OTÁČIVÉM POHYBU 300

PŘEHLED & SHRNUTÍ 304 OTÁZKY 305 ÚLOHY 307

11 Valení, moment síly a moment hybnosti 317

11-1 VALENÍ JAKO KOMBINACE POSUVNÉHO A OTÁČIVÉHO POHYBU 317

11-2 KINETICKÁ ENERGIE A SÍLY PŮSOBÍCÍ PŘI VALENÍ 320
Kinetická energie při valení 320
Síly působící při valení 321
Jojo 325

11-3 MOMENT SÍLY A MOMENT HYBNOSTI 325
Ještě jednou moment síly 326
Moment hybnosti 328
Věta o momentu hybnosti částice 330

11-4 MOMENT HYBNOSTI SOUSTAVY ČÁSTIC A DRUHÁ IMPULZOVÁ VĚTA 333
Moment hybnosti soustavy částic a druhá impulzová věta 333
Moment hybnosti tuhého tělesa vzhledem k pevné ose 335

11-5 ZÁKON ZACHOVÁNÍ MOMENTU HYBNOSTI 336

11-6 PRECESE SETRVAČNÍKU 341

PŘEHLED & SHRNUTÍ 343 OTÁZKY 344 ÚLOHY 345

12 Rovnováha a pružnost 355

12-1 ROVNOVÁHA 355
Rovnováha 355
Podmínky rovnováhy 357
Těžiště 358

12-2 PŘÍKLADY STATICKÉ ROVNOVÁHY 360

12-3 PRUŽNOST 365
Neúplně určené soustavy 366
Pružnost 367

PŘEHLED & SHRNUTÍ 371 OTÁZKY 371 ÚLOHY 373

13 Gravitace 383

13-1 NEWTONŮV GRAVITAČNÍ ZÁKON 383

13-2 GRAVITACE A PRINCIP SUPERPOZICE 386

13-3 GRAVITACE V BLÍZKOSTI POVRCHU ZEMĚ A UVNITŘ ZEMĚ 388
Gravitace v blízkosti povrchu Země 388
Gravitace uvnitř Země 391

13-4 GRAVITAČNÍ POTENCIÁLNÍ ENERGIE 392

13-5 KEPLEROVY ZÁKONY: PLANETY A DRUŽICE 396

13-6 DRUŽICE: OBĚŽNÉ DRÁHY A ENERGIE 400

13-7 EINSTEIN A GRAVITACE 403

PŘEHLED & SHRNUTÍ 405 OTÁZKY 407 ÚLOHY 408

14 Tekutiny 417

14-1 TEKUTINY, HUSTOTA, TLAK 417
Co je tekutina? 417
Hustota a tlak 418

14-2 TEKUTINY V KLIDU 420
Tekutiny v klidu 420
Měření tlaku 423
Pascalův zákon 424
Archimédův zákon 426

14-3 TEKUTINY V POHYBU 429
Pohyb ideální tekutiny 429
Rovnice kontinuity 431
Bernoulliho rovnice 433

PŘEHLED & SHRNUTÍ 437 OTÁZKY 438 ÚLOHY 439

15 Kmity 447

15-1 HARMONICKÝ POHYB 447
Harmonický pohyb 448
Síla při harmonickém pohybu 451
Harmonický pohyb a rovnoměrný pohyb po kružnici 454

15-2 ENERGIE HARMONICKÉHO POHYBU 455

15-3 KYVADLA 458
Torzní kyvadlo 458
Matematické a fyzické kyvadlo 459

15-4 TLUMENÉ KMITY 464

15-5 NUCENÉ KMITY A REZONANCE 466

PŘEHLED & SHRNUTÍ 468 OTÁZKY 469 ÚLOHY 470

16 Vlny – I 481

16-1 VLNY, VLNY, VLNY 481
Druhy vln 482
Vlny příčné a podélné 482
Postupné vlny 483
Postupná vlna obecného tvaru. 487

16-2 RYCHLOST VLNY NA STRUNĚ 489

16-3 ENERGIE A VÝKON POSTUPNÉ VLNY NA STRUNĚ 491

16-4 VLNOVÁ ROVNICE 493

16-5 INTERFERENCE VLN 496
Princip superpozice vln 496
Interference vln 497
Fázory 500

16-6 STOJATÉ VLNY A REZONANCE 503
Stojaté vlny 503
Stojaté vlny a rezonance. Vlastní kmity struny 506

PŘEHLED & SHRNUTÍ 509 OTÁZKY 510 ÚLOHY 511

17 Vlny – II 519

17-1 ZVUKOVÉ VLNY 519
Zvukové vlny 520
Rychlost zvuku 520
Šíření zvukových vln 522

17-2 INTERFERENCE 525

17-3 INTENZITA ZVUKU A JEJÍ HLADINA 527

17-4 ZDROJE ZVUKU 531
Zdroje hudebního zvuku 531
Zázněje 534

17-5 DOPPLERŮV JEV A RÁZOVÉ VLNY 536
Dopplerův jev 537
Nadzvukové rychlosti; rázové vlny 541

PŘEHLED & SHRNUTÍ 542 OTÁZKY 543 ÚLOHY 544

18 Teplota, teplo a první zákon termodynamiky 553

18-1 TEPLOTA 553
Teplota 554
Nultý zákon termodynamiky 554
Měření teploty 555
Celsiova a Fahrenheitova stupnice 557

18-2 TEPLOTNÍ ROZTAŽNOST 558

18-3 TEPLO 561
Teplota a teplo 561
Zahřívání pevných látek a kapalin 562

18-4 PRVNÍ ZÁKON TERMODYNAMIKY 566
Podrobnější pohled na teplo a práci 567
První zákon termodynamiky 569
Zvláštní případy prvního zákona termodynamiky 570

18-5 MECHANISMY PŘENOSU TEPLA 572

PŘEHLED & SHRNUTÍ 576 OTÁZKY 577 ÚLOHY 578

19 Kinetická teorie plynů 587

19-1 LÁTKOVÉ MNOŽSTVÍ 587
Avogadrova konstanta a jednotka mol 588

19-2 IDEÁLNÍ PLYNY 589

19-3 TLAK, TEPLOTA, ENERGIE A STŘEDNÍ KVADRATICKÁ RYCHLOST 593
Tlak, teplota a střední kvadratická rychlost 593
Kinetická energie posuvného pohybu 595

19-4 STŘEDNÍ VOLNÁ DRÁHA 596

19-5 TROCHA STATISTICKÉ FYZIKY 598
Rozdělení rychlostí molekul 599

19-6 MOLÁRNÍ TEPELNÉ KAPACITY IDEÁLNÍHO PLYNU 602
Molární tepelné kapacity ideálního plynu 603
Stupně volnosti a molární tepelné kapacity 607
Trocha kvantové teorie 609

19-7 ADIABATICKÉ ROZPÍNÁNÍ IDEÁLNÍHO PLYNU 610

PŘEHLED & SHRNUTÍ 615 OTÁZKY 616 ÚLOHY 617

20 Entropie a druhý zákon termodynamiky 623

20-1 ENTROPIE 623
Nevratné děje a entropie 624
Změna entropie 624
Druhý zákon termodynamiky 628

20-2 ENTROPIE KOLEM NÁS: MOTORY A CHLADNIČKY 630
Motory 631
Chladničky 637
Účinnost reálných motorů 638

20-3 TERMODYNAMIKA A STATISTICKÁ MECHANIKA 639
Statistický pohled na entropii 640
Třetí zákon termodynamiky 643

PŘEHLED & SHRNUTÍ 644 OTÁZKY 645 ÚLOHY 646

Dodatky

A Mezinárodní soustava jednotek (SI) D-1
B Některé základní fyzikální konstanty D-3
C Některá astronomická data D-4
D Převodní koeficienty mezi jednotkami D-5
E Matematické vzorce D-9
F Vlastnosti prvků D-12
G Periodická soustava prvků D-15
H Nositelé Nobelových cen za fyziku D-16

Výsledky I V-1

Rejstřík R-1

David HALLIDAY • Robert RESNICK • JEARL WALKER

2 | Fyzika

Třetí přepracované vydání připravil Petr Dub

Svazek 2

Vysoké učení technické v Brně
Nakladatelství VUTIUM

VUTIUM

OBSAH

21 Elektrický náboj 653

21-1 COULOMBŮV ZÁKON 653
Elektrický náboj 654
Vodiče a nevodiče 655
Coulombův zákon 657

21-2 NÁBOJ JE KVANTOVÁN A ZACHOVÁVÁ SE 663
Kvantování náboje 663
Zachování náboje 665

PŘEHLED & SHRNUTÍ 666 OTÁZKY 666 ÚLOHY 668

22 Elektrické pole 675

22-1 ELEKTRICKÉ POLE 675
Elektrické pole 676
Elektrické siločáry 677

22-2 ELEKTRICKÉ POLE BODOVÉHO NÁBOJE 679
Elektrické pole bodového náboje a soustavy bodových nábojů 679

22-3 ELEKTRICKÉ POLE DIPÓLU 681

22-4 ELEKTRICKÉ POLE SPOJITĚ ROZLOŽENÉHO NÁBOJE 683
Elektrické pole nabitého vlákna 683
Elektrické pole nabitého disku 688

22-5 NABITÁ ČÁSTICE V ELEKTRICKÉM POLI 689

22-6 DIPÓL V ELEKTRICKÉM POLI 692

PŘEHLED & SHRNUTÍ 695 OTÁZKY 696 ÚLOHY 697

23 Gaussův zákon 705

23-1 TOK ELEKTRICKÉ INTENZITY 705

23-2 GAUSSŮV ZÁKON 710

23-3 NABITÝ IZOLOVANÝ VODIČ 714

23-4 POUŽITÍ GAUSSOVA ZÁKONA 717
Použití Gaussova zákona: válcová symetrie 717
Použití Gaussova zákona: rovinná symetrie 719
Použití Gaussova zákona: kulová symetrie 721

PŘEHLED & SHRNUTÍ 723 OTÁZKY 723 ÚLOHY 725

24 Elektrický potenciál 733

24-1 ELEKTRICKÝ POTENCIÁL 733
Elektrická potenciální energie a elektrický potenciál 734

24-2 EKVIPOTENCIÁLNÍ PLOCHY A ELEKTRICKÉ POLE 737
Ekvipotenciální plochy 738
Výpočet potenciálu ze zadané intenzity elektrického pole 738

24-3 POTENCIÁL BODOVÉHO NÁBOJE A SOUSTAVY NÁBOJŮ 741
Potenciál bodového náboje 741
Potenciál soustavy bodových nábojů 742

24-4 POTENCIÁL ELEKTRICKÉHO POLE DIPÓLU 744

24-5 POTENCIÁL SPOJITĚ ROZLOŽENÉHO NÁBOJE 745

24-6 VÝPOČET INTENZITY ZE ZADANÉHO POTENCIÁLU 748

24-7 ELEKTRICKÁ POTENCIÁLNÍ ENERGIE SOUSTAVY NABITÝCH ČÁSTIC 750

24-8 POTENCIÁL NABITÉHO VODIČE 753

PŘEHLED & SHRNUTÍ 755 OTÁZKY 756 ÚLOHY 758

25 Kapacita 769

25-1 KAPACITA 769

25-2 VÝPOČET KAPACITY 771

25-3 KONDENZÁTORY SPOJENÉ PARALELNĚ A SÉRIOVĚ 775

25-4 ENERGIE ELEKTRICKÉHO POLE 779

25-5 DIELEKTRIKA 782
Kondenzátor s dielektrikem 782
Dielektrika: Mikroskopický pohled 784
Dielektrika a Gaussův zákon 786

PŘEHLED & SHRNUTÍ 788 OTÁZKY 789 ÚLOHY 790

26 Proud a odpor 797

26-1 ELEKTRICKÝ PROUD 797

26-2 HUSTOTA PROUDU 800

26-3 ODPOR A REZISTIVITA 803

26-4 OHMŮV ZÁKON 807
Ohmův zákon 808
Mikroskopický pohled na vodivost kovů 809

26-5 VÝKON. POLOVODIČE, SUPRAVODIČE 811
Výkon v elektrických obvodech 811
Polovodiče 813
Supravodiče 814

PŘEHLED & SHRNUTÍ 815 OTÁZKY 815 ÚLOHY 817

27 Obvody 823

27-1 JEDNODUCHÉ OBVODY 823
„Pumpování" nábojů 824
Práce, energie a elektromotorické napětí 824
Výpočet proudu v jednoduchém obvodu 826
Jiné jednoduché obvody 828
Napětí v obvodech 829

27-2 OBVODY S VÍCE SMYČKAMI 832
Obvody s více smyčkami 832
Ampérmetr a voltmetr 838

27-3 OBVODY *RC* 838

PŘEHLED & SHRNUTÍ 843 OTÁZKY 844 ÚLOHY 845

28 Magnetické pole 857

28-1 MAGNETICKÉ POLE A DEFINICE $\vec{B}$ 857
Co vytváří magnetické pole? 858
Definice magnetické indukce $\vec{B}$ 858
Elektřina, magnetismus a relativita 862

28-2 ZKŘÍŽENÁ POLE 863
Zkřížená pole: objev elektronu 863
Zkřížená pole: Hallův jev 865

28-3 POHYB NABITÉ ČÁSTICE V MAGNETICKÉM POLI 868
Pohyb nabité částice po kružnici 868
Cyklotrony a synchrotrony 871

28-4 MAGNETICKÁ SÍLA PŮSOBÍCÍ NA VODIČ PROTÉKANÝ PROUDEM 873

28-5 MOMENT SÍLY PŮSOBÍCÍ NA PROUDOVOU SMYČKU 876

28-6 MAGNETICKÝ DIPÓLOVÝ MOMENT 878

PŘEHLED & SHRNUTÍ 880 OTÁZKY 881 ÚLOHY 882

29 Magnetické pole elektrického proudu 891

29-1 BIOTŮV-SAVARTŮV ZÁKON 891
Výpočet magnetického pole elektrického proudu 892

29-2 SÍLA MEZI DVĚMA ROVNOBĚŽNÝMI VODIČI PROTÉKANÝMI PROUDEM 897

29-3 AMPÈRŮV ZÁKON 899
Ampèrův zákon a jeho užití 899

29-4 SOLENOID A TOROID 903

29-5 CÍVKA JAKO MAGNETICKÝ DIPÓL 905

PŘEHLED & SHRNUTÍ 908 OTÁZKY 909 ÚLOHY 910

30 Elektromagnetická indukce 921

30-1 FARADAYŮV ZÁKON A LENZŮV ZÁKON 921
Dva pokusy 922
Faradayův zákon elektromagnetické indukce 922
Lenzův zákon 925

30-2 INDUKCE A PŘENOSY ENERGIE 927

30-3 INDUKOVANÉ ELEKTRICKÉ POLE 930

30-4 CÍVKA A VLASTNÍ INDUKCE 934
Cívka a indukčnost 934
Vlastní indukce 935

30-5 OBVODY *RL* 937

30-6 ENERGIE MAGNETICKÉHO POLE 940
Energie magnetického pole cívky 941
Hustota energie magnetického pole 942

30-7 VZÁJEMNÁ INDUKCE 944
Vzájemná indukce a vzájemná indukčnost 944

PŘEHLED & SHRNUTÍ 947 OTÁZKY 948 ÚLOHY 949

31 Elektromagnetické kmity a střídavé proudy 961

31-1 KMITY *LC* 961
Kvalitativní rozbor kmitů *LC* 962
Elektromechanická analogie 964
Kmity *LC* kvantitativně 965

31-2 TLUMENÉ KMITY V OBVODU *RLC* 969

31-3 NUCENÉ KMITY TŘÍ JEDNODUCHÝCH OBVODŮ 971
Střídavé proudy 971
Nucené kmity 972
Tři jednoduché obvody 972

31-4 SÉRIOVÝ OBVOD *RLC* 979

31-5 VÝKON V OBVODECH SE STŘÍDAVÝM PROUDEM 985

31-6 TRANSFORMÁTORY 987

PŘEHLED & SHRNUTÍ 991 OTÁZKY 992 ÚLOHY 993

32 Maxwellovy rovnice; magnetické vlastnosti látek 999

32-1 GAUSSŮV ZÁKON PRO MAGNETICKÉ POLE 999

32-2 INDUKOVANÉ MAGNETICKÉ POLE A MAXWELLŮV PROUD 1001
Indukované magnetické pole 1001
Maxwellův proud 1004

32-3 MAXWELLOVY ROVNICE 1006

32-4 MAGNETY 1008

32-5 MAGNETISMUS A ELEKTRONY 1010
Magnetismus a elektrony 1010
Magnetické látky 1014

32-6 DIAMAGNETISMUS, PARAMAGNETISMUS, FEROMAGNETISMUS 1015
Diamagnetismus 1016
Paramagnetismus 1017
Feromagnetismus 1018

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1022 OTÁZKY 1023 ÚLOHY 1024

33 Elektromagnetické vlny 1031

33-1 ELEKTROMAGNETICKÉ VLNY 1031
Maxwellova duha 1031
Postupná elektromagnetická vlna (kvalitativně) 1033
Postupná elektromagnetická vlna (kvantitativně) 1036

33-2 ENERGIE A TLAK ZÁŘENÍ 1039
Přenos energie a Poyntingův vektor 1039
Tlak záření 1042

33-3 POLARIZACE 1043

33-4 ODRAZ A LOM 1048
Odraz a lom 1049
Úplný odraz 1055
Polarizace odrazem 1055

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1057 OTÁZKY 1058 ÚLOHY 1059

34 Zobrazování 1069

34-1 OBRAZY A ROVINNÉ ZRCADLO 1069
Dva typy obrazů 1069
Rovinné zrcadlo 1071

34-2 KULOVÁ ZRCADLA 1073
Kulová zrcadla 1073
Zobrazení kulovými zrcadly 1075

34-3 KULOVÉ LÁMAVÉ PLOCHY 1078

34-4 TENKÉ ČOČKY 1081

34-5 OPTICKÉ PŘÍSTROJE 1087

34-6 TŘI ODVOZENÍ 1091

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1094 OTÁZKY 1094 ÚLOHY 1096

35 Interference 1105

35-1 SVĚTLO JAKO VLNA 1105

35-2 YOUNGŮV INTERFERENČNÍ POKUS 1110
Difrakce 1110
Youngův interferenční pokus 1111

35-3 INTENZITA PŘI INTERFERENCI SVĚTLA NA DVOU ŠTĚRBINÁCH 1116
Koherence 1116
Intenzita při interferenci světla na dvou štěrbinách 1117

35-4 INTERFERENCE NA TENKÉ VRSTVĚ 1120

35-5 MICHELSONŮV INTERFEROMETR 1126

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1127 OTÁZKY 1128 ÚLOHY 1129

36 Difrakce 1139

36-1 DIFRAKCE NA ŠTĚRBINĚ 1139
Difrakce a vlnová teorie světla 1139
Difrakce na štěrbině. Polohy minim 1141
Intenzita při difrakci na štěrbině (kvalitativně) 1143
Intenzita při difrakci na štěrbině (kvantitativně) 1145

36-2 DIFRAKCE NA KRUHOVÉM OTVORU 1148

36-3 DIFRAKCE NA DVOUŠTĚRBINĚ 1152

36-4 DIFRAKČNÍ MŘÍŽKY 1155
Difrakční mřížky 1155
Mřížky: disperze a rozlišovací schopnost 1158

36-5 RENTGENOVÁ DIFRAKCE 1161

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1163 OTÁZKY 1164 ÚLOHY 1165

37 Relativita 1173

37-1 SOUČASNOST A DILATACE ČASU 1173
Postuláty 1174
Měření událostí 1175
Relativita současnosti 1176
Relativita času 1178

37-2 RELATIVITA DÉLKY 1182

37-3 LORENTZOVA TRANSFORMACE A JEJÍ DŮSLEDKY 1186
Lorentzova transformace 1186
Dva důsledky Lorentzových rovnic: dilatace času a kontrakce délky 1188
Další důsledek Lorentzových rovnic: relativistické skládání rychlostí 1190

37-4 DOPPLERŮV JEV PRO SVĚTLO 1191

37-5 HYBNOST A ENERGIE 1195
Nový pohled na hybnost 1195
Nový pohled na energii 1196

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1201 OTÁZKY 1202 ÚLOHY 1203

38 Fotony a de Broglieho vlny 1211

38-1 FOTON, KVANTUM SVĚTLA 1211

38-2 FOTOELEKTRICKÝ JEV 1213

38-3 FOTONY, HYBNOST, COMPTONŮV ROZPTYL, INTERFERENCE SVĚTA 1217
Fotony mají hybnost 1217
Světlo jako vlna pravděpodobnosti 1220

38-4 ZROZENÍ KVANTOVÉ FYZIKY 1222
Záření černého tělesa 1223

38-5 ELEKTRONY A DE BROGLIEHO VLNY 1226

38-6 SCHRÖDINGEROVA ROVNICE 1230

38-7 HEISENBERGŮV PRINCIP NEURČITOSTI 1233

38-8 ODRAZ NA POTENCIÁLOVÉM SCHODU A TUNELOVÁNÍ POTENCIÁLOVOU BARIÉROU 1234
Odraz na potenciálovém schodu 1235
Tunelování potenciálovou bariérou 1238

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1240 OTÁZKY 1241 ÚLOHY 1242

39 Více o de Broglieho vlnách 1247

39-1 ENERGIE ZACHYCENÉHO ELEKTRONU 1247
Vlny na strunách a de Broglieho vlny 1248
Energie zachyceného elektronu 1249

39-2 VLNOVÉ FUNKCE ZACHYCENÉHO ELEKTRONU 1253

39-3 ELEKTRON V JÁMĚ KONEČNÉ HLOUBKY 1257

39-4 ELEKTRONOVÉ PASTI VE DVOU A TŘECH ROZMĚRECH 1259
Další elektronové pasti 1260
Elektronové pasti ve dvou a třech rozměrech 1262

39-5 ATOM VODÍKU 1264
Atom vodíku jako elektronová past 1265
Bohrův model atomu vodíku 1265
Schrödingerova rovnice a atom vodíku 1267
Příklad podivnosti kvantové fyziky 1275

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1277 OTÁZKY 1278 ÚLOHY 1279

40 Vše o atomech 1283

40-1 VLASTNOSTI ATOMŮ 1283
Některé vlastnosti atomů 1284
Momenty hybnosti a magnetické dipólové momenty 1287

40-2 STERNŮV-GERLACHŮV POKUS 1290

40-3 MAGNETICKÁ REZONANCE 1293

40-4 PAULIHO VYLUČOVACÍ PRINCIP A ELEKTRONOVÉ PASTI S VÍCE ELEKTRONY 1295
Pauliho vylučovací princip 1296
Pravoúhlé pasti s více elektrony 1296

40-5 PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ 1300

40-6 RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ A ZAŘAZENÍ PRVKŮ 1302
Rentgenové záření 1302
Zařazení prvků 1304

40-7 LASERY 1306
Lasery a jejich světlo 1307
Jak pracují lasery 1308

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1311 OTÁZKY 1313 ÚLOHY 1313

41 Vedení elektřiny v pevných látkách 1319

41-1 IZOLÁTORY A KOVY 1319
Elektrické vlastnosti pevných látek 1320
Energiové hladiny krystalických pevných látek 1321
Izolátory 1322
Kovy 1322

41-2 POLOVODIČE A DOPOVÁNÍ 1328
Polovodiče 1328
Příměsové polovodiče 1330

41-3 PŘECHOD *p-n*, DIODY A TRANZISTORY 1333
Přechod *p-n* 1334
Diodový usměrňovač 1335
LED dioda 1336
Tranzistor 1338

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1340 OTÁZKY 1341 ÚLOHY 1341

42 Jaderná fyzika 1345

42-1 OBJEVENÍ JÁDRA 1345

42-2 NĚKTERÉ VLASTNOSTI ATOMOVÝCH JADER 1348

42-3 RADIOAKTIVNÍ ROZPAD 1354
Základní rovnice radioaktivního rozpadu 1355
Rozpad α 1359
Rozpad β 1361
Radioaktivní datování 1364
Měření radiační dávky 1365

42-4 JADERNÉ MODELY 1366

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1369 OTÁZKY 1369 ÚLOHY 1370

43 Energie z jádra 1377

43-1 JADERNÉ ŠTĚPENÍ 1377
Jaderné štěpení: základní proces 1378
Model jaderného štěpení 1381
Jaderný reaktor 1383
Přírodní jaderný reaktor 1387

43-2 TERMOJADERNÁ FÚZE 1389
Termojaderná fúze: základní reakce 1390
Termojaderná fúze ve Slunci a v dalších hvězdách 1391
Řízená termojaderná fúze 1394

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1396 OTÁZKY 1397 ÚLOHY 1397

44 Kvarky, leptony a velký třesk 1401

44-1 VLASTNOSTI ELEMENTÁRNÍCH ČÁSTIC 1401
Částice, částice, částice 1402
Mezihra 1406

44-2 LEPTONY A HADRONY 1409
Leptony 1410
Hadrony 1411
A ještě jeden zákon zachování 1412
Osminásobná cesta 1413

44-3 KVARKY A ZPROSTŘEDKUJÍCÍ ČÁSTICE 1415
Kvarkový model 1416
Základní síly a zprostředkující částice 1419

44-4 KOSMOLOGIE 1421
Přestávka k zamyšlení 1422
Vesmír se rozpíná 1422
Kosmické reliktní záření 1424
Temná hmota 1424
Velký třesk 1425
Shrnutí 1428

PŘEHLED & SHRNUTÍ 1428 OTÁZKY 1429 ÚLOHY 1429

Dodatky

A Mezinárodní soustava jednotek (SI) D-1
B Některé základní fyzikální konstanty D-3
C Některá astronomická data D-4
D Převodní koeficienty mezi jednotkami D-5
E Matematické vzorce D-9
F Vlastnosti prvků D-12
G Periodická soustava prvků D-15
H Nositelé Nobelových cen za fyziku D-16

Výsledky II V-1

Rejstřík R-1

Zdroje a autoři fotografií Z-1