

# SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA DO WYDANIA V .....	9
1. PRZEDMIOT, JĘZYK I METODOLOGIA FIZYKI .....	11
1.1. Czym jest fizyka? .....	11
1.2. Wielkości fizyczne .....	11
1.3. Pomiar wielkości fizycznych. Rzędy wielkości .....	17
1.3.1. Definicja pomiaru. Jednostki i ich układy .....	17
1.3.2. Rzędy wielkości .....	18
1.4. Prawa i zasady fizyki .....	19
1.5. Modele matematyczne. Teorie fizyczne .....	20
1.6. Związek fizyki z innymi naukami. Rola komputerów w fizyce .....	22
1.7. Oddziaływania fundamentalne .....	23
2. MECHANIKA KLASYCZNA .....	25
2.1. Wstęp .....	25
2.2. Knematyka .....	26
2.2.1. Układy współrzędnych .....	27
2.2.2. Tor i równania toru .....	29
2.2.3. Prędkość i przyspieszenie .....	29
2.2.4. Składowe styczna i normalna przyspieszenia .....	31
2.2.5. Klasyfikacja ruchów .....	33
2.2.6. Całkowanie kinematycznych równań ruchu. Droga .....	33
2.2.7. Prędkość kątowna i przyspieszenie kątowne .....	35
2.3. Dynamika .....	38
2.3.1. Masa i moment bezwładności .....	38
2.3.2. Siła i moment siły .....	42
2.3.3. Pęd i moment pędu .....	43
2.3.4. Zasady dynamiki .....	46
2.3.5. Układy inercjalne. Niezmienniczość względem transformacji Galileusza .....	50
2.3.6. Układy nieinercjalne. Siły bezwładności .....	53
2.3.7. Ruch ciał o zmiennej masie .....	59
2.4. Praca, moc i energia .....	61
2.4.1. Definicja pracy .....	61
2.4.2. Siły zachowawcze i niezachowawcze .....	64
2.4.3. Energia kinetyczna i potencjalna .....	65
2.5. Zasady zachowania .....	66
2.5.1. Zasada zachowania pędu .....	66
2.5.2. Zasada zachowania momentu pędu .....	68

2.5.3.	Zasada zachowania energii mechanicznej .....	69
2.5.4.	Zasady zachowania w mechanice a ogólne właściwości czasu i przestrzeni .....	71
2.5.5.	Inne zasady zachowania i ich rola w fizyce .....	76
2.6.	Oddziaływanie grawitacyjne .....	79
2.6.1.	Siła grawitacyjna .....	79
2.6.2.	Pole grawitacyjne .....	80
2.6.3.	Ruch w polu grawitacyjnym. Prawa Keplera .....	87
3.	MECHANIKA PŁYNÓW .....	93
3.1.	Klasyfikacja płynów .....	93
3.2.	Klasyfikacja przepływów. Liczba Reynoldsa i podobieństwo hydrodynamiczne .....	95
3.3.	Równanie ciągłości płynu .....	99
3.4.	Równanie Bernoulliego i jego zastosowania .....	101
3.5.	Wektorowe pole prędkości .....	104
4.	TERMODYNAMIKA FENOMENOLOGICZNA .....	111
4.1.	Opis fenomenologiczny a statystyczny .....	111
4.2.	Energia wewnętrzna układu termodynamicznego .....	112
4.3.	Zerowa zasada termodynamiki .....	114
4.4.	Równowaga termodynamiczna .....	115
4.5.	Praca i ciepło .....	118
4.6.	Pierwsza zasada termodynamiki .....	119
4.7.	Funkcje stanu a funkcje procesu .....	122
4.8.	Gaz doskonały .....	124
4.9.	Gazy rzeczywiste .....	128
4.10.	Proces politropowy i jego szczególne przypadki .....	132
4.11.	Cykle termodynamiczne. Sprawność maszyn ciepłych .....	134
4.12.	Entropia .....	138
4.13.	Druga zasada termodynamiki .....	143
4.14.	Trzecia zasada termodynamiki .....	146
4.15.	Potencjały termodynamiczne .....	147
4.16.	Reguła faz Gibbsa. Diagramy fazowe .....	149
4.17.	Równanie Clausiusa-Clapeyrona .....	153
5.	TERMODYNAMIKA STATYSTYCZNA .....	154
5.1.	Podstawowe pojęcia statystyki fizycznej .....	154
5.2.	Stan mikroskopowy i stan makroskopowy. Prawdopodobieństwo termodynamiczne .....	159
5.3.	Statystyczna interpretacja równowagi i entropii .....	161
5.4.	Mikroskopowa interpretacja ciśnienia i temperatury .....	167
5.5.	Zasada ekwipartycji energii .....	170
5.6.	Średnia droga swobodna .....	172
5.7.	Rozkład Boltzmannna .....	174
5.8.	Rozkład Maxwella .....	180
5.9.	Zjawiska transportu w gazach .....	186
5.9.1.	Transport masy — dyfuzja .....	187
5.9.2.	Transport energii — przewodnictwo cieplne .....	189
5.9.3.	Transport pędu — lepkość .....	191

6.	ELEKTROSTATYKA .....	194
6.1.	Wstęp .....	194
6.2.	Prawo Coulomba .....	195
6.3.	Pole elektryczne .....	196
6.4.	Układy ładunków punktowych. Dipol elektryczny .....	200
6.5.	Zastosowanie prawa Coulomba do obliczania natężenia pola ciągłych rozkładów ładunków .....	203
6.6.	Prawo Gaussa .....	206
6.7.	Postać różniczkowa prawa Gaussa .....	209
6.8.	Potencjał elektryczny .....	211
6.9.	Pojemność elektryczna przewodnika .....	216
6.10.	Energia pola elektrycznego .....	218
6.11.	Siły ponderomotoryczne — elektrometr bezwzględny Kelvina .....	221
6.12.	Łączenie kondensatorów .....	222
6.13.	Pole elektryczne w ośrodku materialnym .....	224
6.14.	Mechanizmy polaryzacji elektrycznej w dielektrykach .....	230
	6.14.1. Substancje niepolarne .....	231
	6.14.2. Dielektryki polarne .....	233
6.15.	Ferroelektryki .....	236
7.	PRĄD ELEKTRYCZNY .....	240
7.1.	Podstawowe wiadomości o prądzie stałym .....	240
7.2.	Teoria Drudego-Lorentza przewodnictwa elektrycznego metali .....	245
7.3.	Prawa Kirchhoffa .....	247
7.4.	Praca prądu elektrycznego .....	251
7.5.	Roztwory elektrolityczne — prawa elektrolizy Faradaya .....	252
7.6.	Przewodność równoważnikowa roztworów. Liczby przenoszenia .....	257
8.	MAGNETYZM I INDUKCJA ELEKTROMAGNETYCZNA .....	260
8.1.	Siła Lorentza — wektor indukcji magnetycznej .....	260
8.2.	Ruch cząstek naładowanych w polu magnetycznym .....	261
8.3.	Siła elektrodynamiczna — moment magnetyczny obwodu z prądem ...	263
8.4.	Zjawisko Halla .....	266
8.5.	Pole magnetyczne prądu .....	267
	8.5.1. Doświadczenie Oersteda .....	267
	8.5.2. Prawo Ampera .....	268
	8.5.3. Prawo Biot-Savarta .....	271
8.6.	Magnes stały .....	274
8.7.	Względność pola magnetycznego .....	275
8.8.	Zjawisko indukcji elektromagnetycznej .....	276
8.9.	Zjawisko indukcji własnej. Indukcyjność cewki .....	283
8.10.	Energia pola magnetycznego .....	290
8.11.	Indukcja wzajemna .....	292
8.12.	Magnetyczne właściwości materii .....	295
	8.12.1. Dia-, para- i ferromagnetyzm .....	295
	8.12.2. Elementarny model diamagnetyzmu .....	298
	8.12.3. Paramagnetyzm .....	299
	8.12.4. Ferromagnetyzm .....	300
8.13.	Prawo Ampera dla magnetyków. Trzy wektory magnetyczne .....	303

8.14.	Obwody magnetyczne .....	307
8.15.	Równania Maxwella .....	309
9.	DRGANIA I FALE .....	315
9.1.	Drgania harmoniczne proste .....	315
9.2.	Ogólne rozwiązanie równania drgań — drgania tłumione .....	320
9.3.	Drgania wymuszone w układzie bez tłumienia .....	323
9.4.	Drgania wymuszone z tłumieniem — rezonans .....	325
9.5.	Indukcyjność i pojemność w obwodzie prądu zmiennego .....	328
9.6.	Składanie drgań. Analiza fourierowska .....	331
9.7.	Równanie fali akustycznej. Elementy akustyki .....	334
9.8.	Rozwiązania równania falowego .....	338
9.9.	Fale elektromagnetyczne .....	340
9.10.	Promieniowanie dipola elektrycznego .....	344
9.11.	Widmo fal elektromagnetycznych .....	347
9.12.	Nakładanie się fal — prędkość grupowa .....	348
9.13.	Fale stojące .....	350
9.14.	Odbicie fal od granicy dwóch ośrodków .....	352
9.15.	Elementarna teoria dyspersji fal elektromagnetycznych .....	354
9.16.	Zasada Fermata i zasada Huygensa .....	356
9.17.	Zjawiska interferencyjne .....	358
9.18.	Dyfrakcja fal elektromagnetycznych .....	365
	9.18.1. Dyfrakcja na pojedynczej szczelinie .....	365
	9.18.2. Zdolność rozdzielcza siatki dyfrakcyjnej .....	369
9.19.	Polaryzacja światła .....	371
10.	SZCZEGÓLNA TEORIA WZGLĘDNOŚCI .....	375
10.1.	Wprowadzenie .....	375
	10.1.1. Doświadczenie Michelsona Morleya .....	376
10.2.	Transformacja Lorentza współrzędnych i czasu .....	378
	10.2.1. Relatywistyczne dodawanie prędkości .....	382
	10.2.2. Skrócenie długości w kierunku ruchu .....	383
	10.2.3. Dylatacja czasu .....	384
	10.2.4. Jednoczesność dwóch zdarzeń .....	384
	10.2.5. Potwierdzenie mionowe teorii względności .....	385
	10.2.6. Interwał czasoprzestrzenny .....	386
10.3.	Elementy dynamiki relatywistycznej .....	386
	10.3.1. Zależność masy od prędkości .....	387
	10.3.2. Praca rozpędzania ciała .....	388
11.	PODSTAWY DOŚWIADCZALNE MECHANIKI KWANTOWEJ — KWANTY .....	392
11.1.	Promieniowanie termiczne .....	392
	11.1.1. Wiadomości wstępne .....	392
	11.1.2. Prawa promieniowania cieplnego .....	394
	11.1.3. Teoria Rayleigha-Jeansa .....	396
	11.1.4. Teoria Plancka widma emisji cieplnej .....	401
11.2.	Zjawisko fotoelektryczne .....	405
11.3.	Zjawisko Comptona .....	409

11.4.	Promieniowanie rentgenowskie .....	413
11.5.	Dualizm korpuskularno-falowy promieniowania .....	415
11.6.	Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią .....	416
12.	PODSTAWY DOŚWIADCZALNE MECHANIKI KWANTOWEJ	
	— BUDOWA ATOMU .....	418
12.1.	Odkrycie elektronu .....	418
12.2.	Model Thomsona budowy atomu .....	419
12.3.	Odkrycie jądra atomowego — model Rutherforda budowy atomu .....	420
12.4.	Model Bohra budowy atomu wodoru .....	421
	12.4.1. Widma atomowe .....	422
	12.4.2. Postulaty Bohra .....	423
	12.4.3. Poprawka na skończoną masę jądra .....	428
	12.4.4. Doświadczenie Francka-Hertza .....	428
	12.4.5. Charakterystyczne promieniowanie rentgenowskie .....	430
	12.4.6. Dyfrakcja promieni $X$ .....	432
	12.4.7. Zasada korespondencji .....	434
	12.4.8. Wady teorii Bohra .....	436
13.	ELEMENTY MECHANIKI KWANTOWEJ .....	437
13.1.	Hipoteza de Broglie'a .....	437
13.2.	Interpretacja reguł kwantowych Bohra .....	440
13.3.	Probabilistyczna interpretacja fal materii .....	441
13.4.	Paczka falowa .....	442
13.5.	Zasada nieoznaczoności Heisenberga .....	444
13.6.	Równanie Schrödingera .....	447
13.7.	Rozwiązania równania Schrödingera dla wybranych potencjałów .....	450
	13.7.1. Potencjał stały .....	451
	13.7.2. Próg potencjału .....	453
	13.7.3. Bariera potencjału .....	459
	13.7.4. Studnia potencjału .....	461
	13.7.5. Oscylator harmoniczny .....	466
13.8.	Kwantowa teoria atomu wodoru .....	469
13.9.	Postulaty mechaniki kwantowej .....	475
13.10.	Moment pędu w mechanice kwantowej .....	478
13.11.	Moment magnetyczny elektronu .....	480
13.12.	Spin elektronu .....	482
13.13.	Doświadczenie Sterna i Gerlacha .....	484
13.14.	Atomy wieloelektronowe .....	486
	13.14.1. Zakaz Pauliego .....	486
	13.14.2. Układ okresowy pierwiastków .....	487
	13.14.3. Zjawisko Zeemana .....	490
	13.14.4. Statystyki kwantowe .....	492
13.15.	Natężenie linii widmowych — prawdopodobieństwo przejść elektronu ..	499
13.16.	Emisja wymuszona fotonów — laser .....	501
14.	ELEMENTY FIZYKI CIAŁA STAŁEGO .....	506
14.1.	Budowa i podstawowe właściwości ciał stałych .....	506
14.2.	Wiązania w ciałach stałych .....	509

14.3.	Energia wiązania sieci jonowej .....	513
14.4.	Elektrony swobodne metalu — model Sommerfelda .....	518
14.5.	Ciepło molowe sieci krystalicznej — model Einsteina .....	523
14.6.	Drgania sieci .....	526
14.7.	Model Debye'a ciepła molowego sieci krystalicznej .....	530
14.8.	Napięcia kontaktowe .....	532
14.9.	Zjawisko termoemisji .....	537
14.10.	Nadprzewodnictwo .....	539
	14.10.1. Zależność temperatury przejścia od pola magnetycznego .....	540
	14.10.2. Efekt izotopowy .....	540
14.11.	Pasmowa teoria ciał stałych .....	543
14.12.	Masa efektywna nośników ładunku .....	549
14.13.	Półprzewodniki samoistne .....	551
14.14.	Półprzewodniki domieszkowe .....	553
14.15.	Złącze <i>p-n</i> .....	556
14.16.	Czas życia nośników mniejszościowych — tranzystor .....	561
14.17.	Tranzystor polowy .....	566
15.	ELEMENTY FIZYKI JĄDROWEJ .....	569
15.1.	Własności jąder atomowych .....	569
	15.1.1. Skład jądra atomowego .....	569
	15.1.2. Rozmiar jądra atomowego .....	570
	15.1.3. Masa jądra atomowego .....	571
	15.1.4. Defekt masy — energia wiązania jądra .....	572
	15.1.5. Spin i moment magnetyczny jądra atomowego .....	574
	15.1.6. Siły jądrowe .....	576
15.2.	Modele jądra atomowego .....	579
	15.2.1. Wiadomości wstępne .....	579
	15.2.2. Model kroplowy .....	580
	15.2.3. Model gazu Fermiego .....	582
	15.2.4. Model powłokowy .....	584
	15.2.5. Model kolektywny .....	585
15.3.	Przemiany jądrowe .....	586
	15.3.1. Wiadomości wstępne .....	586
	15.3.2. Przemiana $\alpha$ .....	588
	15.3.3. Przemiana $\beta$ .....	591
	15.3.4. Promieniowanie $\gamma$ . Zjawisko Mössbauera .....	596
15.4.	Reakcje jądrowe .....	598
	15.4.1. Klasyfikacje reakcji jądrowych .....	598
	15.4.2. Modele reakcji jądrowych .....	600
	15.4.3. Reakcje rozszczepienia .....	601
	15.4.4. Reakcje syntezy termojądrowej .....	605
15.5.	Oddziaływanie promieniowania jądrowego z materią .....	608
15.6.	Detekcja promieniowania jądrowego .....	611
15.7.	Akceleratory cząstek naładowanych .....	612
	SKOROWIDZ .....	615