

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	15
1.1. Komputery w fizyce	15
1.2. Modelowanie	16
2. KINEMATYKA PUNKTU MATERIALNEGO	17
2.1. Wektor przemieszczenia	17
2.2. Klasyfikacja ruchów	19
2.2.1. Ruch jednostajny, prostoliniowy	19
2.2.2. Przyspieszenie	20
2.2.3. Ruch jednostajnie zmienny, prostoliniowy	21
2.2.4. Ruch jednostajny po okręgu	23
2.3. Rzuty w polu grawitacyjnym	27
2.3.1. Swobodne spadanie ciał	27
2.3.2. Rzut pionowy w górę	28
2.3.3. Rzut pionowy w dół	28
2.3.4. Rzut poziomy	29
2.3.5. Rzut ukośny	30
3. DYNAMIKA PUNKTU MATERIALNEGO	33
3.1. Zasady dynamiki Newtona	33
3.1.1. I zasada dynamiki Newtona (zasada bezwładności)	33
3.1.2. II zasada dynamiki Newtona	33
3.1.3. Uogólnienie II zasady dynamiki Newtona	34
3.1.4. III zasada dynamiki Newtona	35
3.2. Środek masy	36
3.2.1. Ruch środka masy	37
3.2.2. Pęd układu punktów materialnych	38
3.3. Siły zachowawcze i niezachowawcze	39
3.3.1. Siła bezwładności	39
3.3.2. Siła dośrodkowa	41
3.3.3. Siła tarcia	42
4. DYNAMIKA BRYŁY SZTYWNEJ	45
4.1. Moment siły	45

4.2. Energia kinetyczna w ruchu obrotowym.....	49
4.3. Twierdzenie Steinera	49
4.4. Moment pędu a moment siły	50
4.5. Błąd symetryczny. Zjawisko precesji	52
4.6. Warunki równowagi ciał sztywnych	53
5. POLE GRAWITACYJNE	58
5.1. Prawa Keplera	58
5.2. Prawo powszechnego ciążenia Newtona	59
5.3. Natężenie pola grawitacyjnego	61
5.4. Masa a ciężar ciała. Gęstość a ciężar właściwy ciała	62
5.5. Praca i moc	64
5.6. Praca w polu grawitacyjnym	66
5.7. Energia potencjalna	67
5.8. Potencjał pola grawitacyjnego	68
5.9. Pierwsza prędkość kosmiczna	70
5.10. Druga prędkość kosmiczna	71
6. ZDERZENIE KUL JAKO MODEL ZDERZENIA CZĄSTECZEK	72
6.1. Rodzaje zderzeń	72
6.2. Zderzenie czołowe kul	73
6.3. Zderzenie skośne kul	74
6.4. Zderzenie niesprężyste kul	74
7. STATYKA I DYNAMIKA PŁYNÓW	76
7.1. Ciśnienie i parcie hydrostatyczne	76
7.2. Prawo Pascala	77
7.3. Prawo Archimiedesa	78
7.4. Rodzaje przepływów cieczy	79
7.5. Równanie ciągłości	80
7.6. Równanie Bernoulliego	81
7.7. Wzór Torricellego	82
7.8. Barometr Torricellego	83
7.9. Manometr otwarty	84
7.10. Elementy kinetycznej teorii cieczy	84
7.10.1. Siły międzycząsteczkowe	84
7.10.2. Napięcie powierzchniowe	85
7.10.3. Właskowatość	85
8. DRGANIA	88
8.1. Ruch harmoniczny	88
8.2. Siły w ruchu harmonicznym	90
8.2.1. Wahadło sprężynowe	91
8.2.2. Wahadło matematyczne	92
8.2.3. Wahadło stożkowe	96
8.2.4. Wahadło torsyjne	97
8.2.5. Wahadło fizyczne	98

8.3. Energia w ruchu harmonicznym	98
8.4. Składanie ruchów harmoniczných. Krzywe Lissajous	100
8.5. Oscylator harmoniczny tłumiony	101
8.6. Drgania wymuszone – rezonans	104
8.7. Oscylator harmoniczny tłumiony z siłą wymuszającą	105
8.8. Elektryczny obwód drgający	107
9. FALE MECHANICZNE	111
9.1. Opis fali sinusoidalnej	111
9.2. Zasada superpozycji fal	112
9.3. Właściwości sprężyste ciał stałych	113
9.4. Prędkość fali mechanicznej	115
9.5. Moc i natężenie w ruchu falowym	116
9.6. Interferencja fal mechanicznych	117
9.6.1. Fenomenologiczny opis interferencji	118
9.7. Fale stojące	119
9.7.1. Fala stojąca jako wynik interferencji dwóch fal biegnących	120
9.8. Prędkość dźwięku	120
9.9. Elementy akustyki	122
9.9.1. Zjawiska towarzyszące dźwiękom	122
9.9.2. Energia fali dźwiękowej	124
9.9.3. Poziom natężenia i głośność dźwięku	124
9.9.4. Metody wyznaczania prędkości dźwięku	125
9.10. Zjawisko Dopplera	128
9.10.1. Zjawisko Dopplera w ruchu gwiazd	130
10. PODSTAWOWE POJĘCIA TERMODYNAMIKI	132
10.1. Zerowa zasada termodynamiki	132
10.2. Rozszerzalność cieplna ciał stałych	133
10.3. Pomiar temperatury	134
10.3.1. Skale temperatur	135
10.4. Ilość ciepła i ciepło właściwe	136
10.4.1. Przewodnictwo cieplne	137
10.4.2. Ciepło i praca	138
10.5. Pierwsza zasada termodynamiki	139
10.6. Gaz doskonały	139
10.6.1. Podstawowy wzór kinetycznej teorii gazów	139
10.6.2. Równanie stanu gazu doskonałego	142
10.6.3. Równanie Clapeyrona	142
10.6.4. Związek między energią kinetyczną i temperaturą bezwzględną	143
10.7. Przemiany gazowe	144
10.7.1. Przemiana izotermiczna	144
10.7.2. Przemiana izobaryczna	146
10.7.3. Przemiana izochoryczna	147
10.7.4. Przemiana adiabatyczna	148
10.8. Ciepło właściwe gazu doskonałego	149
10.9. Zasada ekwipartycji energii	151

10.10. Równanie van der Waalsa	153
10.11. Średnia droga swobodna cząsteczek gazu	156
10.12. Rozkład Maxwella prędkości cząsteczek	156
10.13. Druga zasada termodynamiki	157
10.13.1. Entropia a prawdopodobieństwo stanu układu	160
10.14. Odwracalny cykl Carnota	162
11. ELEKTROSTATYKA	165
11.1. Prawo Coulomba	165
11.2. Elektryzowanie ciał	167
11.3. Zasada zachowania ładunku	167
11.4. Natężenie pola elektrostatycznego	167
11.4.1. Zasada superpozycji pól	169
11.5. Wektor indukcji pola elektrostatycznego	171
11.5.1. Strumień wektora indukcji	171
11.5.2. Prawo Gaussa dla pola elektrostatycznego	172
11.5.3. Równoważność prawa Gaussa i prawa Coulomba	173
11.6. Przewodnik naelektryzowany	175
11.7. Praca w polu elektrostatycznym	175
11.7.1. Praca w polu elektrostatycznym jednorodnym	175
11.7.2. Praca w centralnym polu elektrostatycznym	176
11.8. Energia potencjalna cząstki naładowanej	176
11.9. Potencjał pola elektrostatycznego	177
11.10. Wzór ogólny na pracę w polu elektrostatycznym	177
11.11. Powierzchnia ekwipotencjalna	178
11.12. Związek między natężeniem pola i różnicą potencjałów	179
11.13. Dipol w polu elektrostatycznym	181
11.14. Rozkład ładunku na powierzchni przewodnika	182
11.15. Przewodnik w jednorodnym polu elektrostatycznym	183
11.16. Pojemność elektryczna ciała przewodzącego	184
11.16.1. Pojemność kondensatora płaskiego	185
11.16.2. Łączenie kondensatorów	186
11.16.3. Łączenie szeregowe kondensatorów	186
11.16.4. Łączenie równoległe kondensatorów	187
11.16.5. Energia naładowanego kondensatora	187
11.17. Dielektryk w polu elektrostatycznym	188
11.17.1. Polaryzacja dielektryczna	189
12. PRĄD ELEKTRYCZNY STAŁY	193
12.1. Pierwsze i drugie prawo Kirchhoffa	194
12.2. Moc prądu stałego	195
12.2.1. Napięcie jako różnica potencjałów	196
12.3. Prawo Ohma	196
12.3.1. Charakterystyka prądowo-napięciowa żarówki	197
12.3.2. Charakterystyka prądowo-napięciowa termistora	198
12.3.3. Zależność oporu elektrycznego od długości i pola przekroju poprzecznego przewodnika	198

12.4. Mikroskopowy opis prądu	199
12.5. Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej	200
12.5.1. Prawo Ohma dla całego obwodu	201
12.6. Łączenie szeregowo i równoległe oporników	202
12.6.1. Łączenie szeregowo oporników	202
12.6.2. Łączenie równoległe oporników	203
12.7. Łączenie źródeł sił elektromotorycznych	204
12.7.1. Łączenie szeregowo baterii	204
12.7.2. Łączenie równoległe baterii	205
12.7.3. Łączenie mieszane baterii	205
12.8. Prawa elektrolizy Faradaya	206
12.8.1. Pierwsze prawo elektrolizy Faradaya	206
12.8.2. Drugie prawo elektrolizy Faradaya	208
13. MAGNETYZM	209
13.1. Magnesy trwałe	209
13.2. Siła Lorentza	210
13.3. Pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem	211
13.4. Prawo Gaussa dla pola magnetycznego	212
13.5. Prawo Ampère'a	213
13.5.1. Wyznaczanie pola magnetycznego wokół przewodników z prądem	213
13.6. Przewodnik z prądem w polu magnetycznym	214
13.7. Oddziaływanie przewodników z prądem	216
13.8. Prawo Biota-Savarta	217
13.9. Moment magnetyczny	218
13.10. Właściwości magnetyczne substancji	219
13.11. Ruch cząstki naładowanej w polu elektromagnetycznym	222
13.12. Cyklotron	226
13.13. Spektrograf masowy	227
13.13.1. Spektrograf Dempstera	227
13.13.2. Spektrograf Bainbridge'a	228
13.14. Efekt Halla	229
14. POLE ELEKTROMAGNETYCZNE	231
14.1. Przyczyny powstania prądu indukcyjnego	232
14.2. Siła elektromotoryczna indukcji	233
14.3. Prądnicą prądu przemiennego	235
14.4. Moc prądu przemiennego	236
14.5. Indukcja własna i wzajemna	237
14.6. Transformator	238
14.7. Obwód prądu przemiennego z oporem i samoindukcją	240
14.8. Włączenie i wyłączenie prądu w obwodzie RL i RC	242
14.9. Energia pola magnetycznego	246
14.10. Moc w obwodzie prądu przemiennego	247

15. RÓWNANIA MAXWELLA	249
15.1. Pierwsze równanie Maxwella	249
15.2. Drugie równanie Maxwella	250
15.3. Trzecie równanie Maxwella	251
15.4. Czwarte równanie Maxwella	252
15.5. Wektor Poyntinga	255
15.6. Równanie falowe	255
16. OPTYKA GEOMETRYCZNA	258
16.1. Odbicie i załamanie światła	258
16.1.1. Zasada Fermata dla odbicia światła	258
16.1.2. Zasada Fermata dla załamania światła	259
16.2. Kąt graniczny załamania światła	260
16.3. Całkowite wewnętrzne odbicie światła	261
16.4. Proste przyrządy optyczne	261
16.4.1. Pryzmat	261
16.4.2. Zjawisko dyspersji i refrakcji światła	263
16.4.3. Zwierciadła	264
16.4.3. Soczewki	266
16.4.4. Tworzenie obrazów przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą ..	269
16.4.5. Tworzenie obrazów pozornych przez soczewkę skupiającą	271
16.4.6. Mikroskop	271
17. OPTYKA FALOWA	273
17.1. Dyfrakcja Fresnela i Fraunhofera	273
17.1.1. Dyfrakcja Fraunhofera na pojedynczej szczelinie	274
17.2. Natężenie światła w doświadczeniu Younga	275
17.3. Siatka dyfrakcyjna	278
17.4. Polaryzacja światła	279
17.4.1. Typy polaryzacji światła	279
17.4.2. Otrzymywanie światła spolaryzowanego	280
17.4.2.1. Polaryzacja przez odbicie światła	280
17.4.2.2. Polaryzacja przez załamanie światła	280
17.4.2.3. Polaryzacja przez rozproszenie światła	281
17.4.2.4. Polaryzacja przez selektywną absorpcję	281
17.4.2.5. Prawo Malusa	281
17.4.2.6. Polaryzacja przez podwójne załamanie światła	282
17.4.2.7. Zależność odbicia od stanu polaryzacji światła	282
17.5. Widmo promieniowania elektromagnetycznego	284
17.6. Fenomenologiczne pojęcie spójności światła	284
18. FOTOMETRIA	288
18.1. Strumień światła	288
18.2. Natężenie oświetlenia	289
19. ELEMENTY RELATYWISTYKI	292
19.1. Metody pomiaru prędkości światła	292

19.1.1. Metoda Roemera	292
19.1.2. Aberracja astronomiczna – metoda Bradleya	293
19.1.3. Metoda Fizeau	293
19.1.4. Metoda Foucaulta	294
19.1.5. Metoda Michelsona	294
19.1.6. Prędkość światła w ośrodku – doświadczenie Foucaulta	295
19.2. Transformacja Galileusza	296
19.2.1. Wnioski wynikające z transformacji Galileusza	297
19.3. Transformacja Lorentza	298
19.3.1. Wniosk. wynikające z transformacji Lorentza	299
19.4. Zdarzenia jednoczesne, wcześniejsze i późniejsze	302
19.4.1. Zdarzenia jednoczesne	302
19.4.2. Zdarzenia wcześniejsze i późniejsze	303
19.5. Relatywistyczne prawo składania prędkości	303
20. ELEMENTY DYNAMIKI RELATYWISTYCZNEJ	305
20.1. Pęd i masa relatywistyczna	305
20.2. Energia całkowita	306
20.3. Równoważność masy i energii	307
20.4. Związek między pędem i energią	309
20.5. Zasada równoważności Einsteina	309
21. OPTYKA RELATYWISTYCZNA	314
21.1. Doświadczenie Michelsona i Morleya	314
21.2. Doświadczenie Sagnaca i Michelsona-Gale'a	316
21.3. Rotacja Terrella	318
21.4. Natężenie światła	319
21.5. Odbicie światła od ruchomego zwierciadła	320
21.6. Zmiana długości fali przy odbiciu światła od ruchomego zwierciadła	320
21.7. Prędkość światła w ruchomym ośrodku	321
21.8. Zjawisko Dopplera	322
21.9. Światło w silnym polu grawitacyjnym	322
22. DUALIZM KORPUSKULARNO-FALOWY	326
22.1. Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne	326
22.2. Zjawisko fotoelektryczne wewnętrzne	328
22.3. Niemożliwość wystąpienia fotoefektu dla swobodnego elektronu	329
22.4. Zjawisko Comptona	330
22.5. Dualizm korpuskularno-falowy	332
22.5.1. Fale materii de Broglie'a	332
22.5.2. Zasada nieoznaczoności Heisenberga	335
23. BUDOWA ATOMU	337
23.1. Promieniotwórczość atomów	337
23.2. Model Bohra atomu wodoru	337
23.3. Wyjaśnienie widma atomu wodoru	339

23.4. Widma rentgenowskie pierwiastków	341
23.5. Promieniowanie ciepłe	342
23.5.1. Prawo Kirchhoffa dla promieniowania	342
23.5.2. Prawo Stefana – Boltzmanna	345
23.5.3. Prawo przesunięć Wiena	346
24. ELEMENTY FIZYKI JĄDROWEJ	347
24.1. Wewnętrzna struktura atomu	347
24.2. Doświadczenie Rutherforda	348
24.3. Promieniowanie ciał promieniotwórczych	350
24.4. Trzy rodzaje promieniowania	351
24.5. Prawo zaniku promieniotwórczego	352
24.5.1. Czas połowicznego zaniku $T_{1/2}$	353
24.5.2. Aktywność promieniotwórcza	353
24.6. Przemiany promieniotwórcze. Prawo przesunięć	353
24.7. Energia wiązania. Niedobór masy	354
24.8. Rodziny promieniotwórcze	355
24.9. Izotopy promieniotwórcze	356
24.9.1. Zastosowanie izotopów promieniotwórczych	356
24.10. Reaktor jądrowy	357
24.11. Detektory promieniowania jonizującego	358
24.12. Metody śladowe badania cząstek elementarnych	359
24.13. Cząstki elementarne	360
25. ELEMENTY MECHANIKI KWANTOWEJ	364
25.1. Równanie Schrödingera	364
25.1.1. Interpretacja funkcji Ψ	365
25.2. Liczby kwantowe	366
25.2.1. Orbitalny moment pędu	366
25.2.2. Orbitalny magnetyczny moment elektronu	366
25.2.3. Spin	368
26. WSTĘP DO FIZYKI LASERÓW	370
26.1. Zasada działania lasera	371
26.1.1. Emisja spontaniczna	372
26.1.2. Emisja wymuszona. Warunek akcji laserowej	373
26.2. Rodzaje laserów	374
26.2.1. Lasery stałe	374
26.2.2. Lasery gazowe	375
26.2.3. Lasery barwnikowe	376
26.2.4. Lasery półprzewodnikowe	376
27. KRYSZTAŁY	377
27.1. Wiązania krystaliczne	377
27.1.1. Kryształy molekularne i gazów szlachetnych	378
27.1.2. Kryształy jonowe	380

27.1.3. Kryształy kowalencyjne	383
27.1.4. Kryształy metaliczne	383
27.1.5. Kryształy o wiązaniach wodorowych	383
27.2. Kryształy – struktura i symetria	384
27.2.1. Elementy symetrii kryształów	386
27.2.2. Współrzędne węzłów w komórce elementarnej	387
27.2.3. Wskaźniki Millera prostej i płaszczyzny sieciowej	387
27.2.4. Sieć odwrotna	388
27.3. Dyfrakcja promieni Roentgena na kryształach	389
27.3.1. Prawo Bragga	389
27.3.2. Doświadczalne metody badania struktury kryształów	390
27.3.2.1. Metoda Lauego	390
27.3.2.2. Metoda obracanego kryształu	390
27.3.2.3. Metoda proszkowa Debye'a-Scherrera	391
28. METALE, IZOLATORY I PÓLPRAWODNIKI	392
28.1. Tworzenie pasm energetycznych	393
28.2. Klasyfikacja ciał stałych ze względu na teorię pasmową	394
28.3. Metale	394
28.3.1. Przewodnictwo elektryczne metali	395
28.3.2. Przewodnictwo cieplne metali	396
28.3.3. Właściwości optyczne metali	396
28.4. Półprzewodniki	398
28.4.1. Przewodnictwo półprzewodników	399
28.4.2. Półprzewodniki niesamoistne	400
28.4.3. Przyrządy półprzewodnikowe	401
28.4.3.1. Dioda	401
28.4.3.2. Tranzystor złączowy	403
29. NADPRZEWODNIKI	405
30. LITERATURA	411
31. SKOROWIDZ	413