

Spis rzeczy

Przedmowa	V
Spis tabel zamieszczonych w tekście	XXVIII

MECHANIKA

1. KINEMATYKA	3
1.1. Opis ruchu	3
1.1.1. Układy odniesienia	3
1.1.2. Czas	8
1.1.3. Długość, powierzchnia, objętość	9
1.1.4. Kąt	11
1.1.5. Układy mechaniczne	13
1.2. Ruch w jednym wymiarze	14
1.2.1. Prędkość	15
1.2.1.1. Prędkość średnia	15
1.2.1.2. Prędkość chwilowa	16
1.2.2. Przyspieszenie	17
1.2.3. Proste ruchy w jednym wymiarze	19
1.3. Ruch w wielu wymiarach	22
1.3.1. Wektor prędkości	23
1.3.2. Wektor przyspieszenia	25
1.3.3. Spadek swobodny i rzut ukośny	29
1.4. Ruch obrotowy	31
1.4.1. Prędkość kątowna	31
1.4.2. Przyspieszenie kątowne	33
1.4.3. Prędkość liniowa	34
2. DYNAMIKA	36
2.1. Podstawowe prawa dynamiki	36
2.1.1. Masa i pęd	36
2.1.1.1. Masa	36
2.1.1.2. Pęd	38
2.1.2. Zasady dynamiki Newtona	38
2.1.2.1. Zasada bezwładności	38
2.1.2.2. Podstawowe prawo dynamiki (druga zasada dynamiki Newtona)	39
2.1.2.3. Siła	40
2.1.2.4. Zasada równej akcji i reakcji (trzecia zasada dynamiki Newtona)	41
2.1.2.5. Siły bezwładności	42
2.1.2.6. Zasada d'Alemberta	43
2.1.2.7. Składanie sił	44
2.1.2.8. Rozkład sił na składowe	45

2.1.3.	Moment pędu	47
2.1.4.	Moment siły	48
2.1.5.	Zasady dynamiki dla ruchu obrotowego	51
2.2.	Siły	52
2.2.1.	Siła ciężkości	52
2.2.2.	Siły sprężystości i siły skątne	53
2.2.3.	Tarcie	55
2.2.3.1.	Tarcie statyczne	55
2.2.3.2.	Tarcie kinetyczne	56
2.2.3.3.	Tarcie toczne	57
2.2.3.4.	Tarcie liny	58
2.3.	Siły bezwładności w obracającym się układzie odniesienia	59
2.3.1.	Siła dośrodkowa i odśrodkowa	59
2.3.2.	Siła Coriolisa	61
2.4.	Praca i energia	62
2.4.1.	Praca	62
2.4.2.	Energia	64
2.4.3.	Energia kinetyczna	65
2.4.4.	Energia potencjalna	66
2.4.4.1.	Praca wykonana przez siłę ciężkości	66
2.4.4.2.	Praca wykonana przy odkształceniu sprężystym	67
2.4.5.	Praca wykonana przeciwko sile tarcia kinetycznego	69
2.5.	Moc	69
2.5.1.	Sprawność	70
2.6.	Zderzenia	71
2.6.1.	Zderzenia sprężyste, centralne, proste	73
2.6.2.	Zderzenia sprężyste, centralne, skośne	74
2.6.3.	Zderzenie sprężyste skośne (niecentralne) z ciałem pozostającym w spoczynku	75
2.6.4.	Zderzenia niesprężyste	76
2.6.4.1.	Zderzenie częściowo niesprężyste	76
2.6.4.2.	Zderzenie całkowicie niesprężyste	77
2.7.	Rakiety	77
2.7.1.	Siła ciągu	77
2.7.2.	Równanie ruchu rakiety	79
2.8.	Układ punktów materialnych	80
2.8.1.	Równania ruchu	80
2.8.2.	Zasada zachowania pędu	82
2.8.3.	Zasada zachowania momentu pędu	83
2.8.4.	Zasada zachowania energii	84
2.9.	Równania Lagrange'a i Hamiltona	85
2.9.1.	Równania Lagrange'a i zasada Hamiltona	85
2.9.2.	Równania Hamiltona	87
3.	CIAŁA SZTYWNE	90
3.1.	Kinematyka	90
3.1.1.	Gęstość	90
3.1.2.	Środek ciężkości	90
3.1.3.	Kinematyczne wielkości podstawowe	92
3.2.	Statyka	94

3.2.1.	Wektory siły	94
3.2.2.	Moment siły	96
3.2.3.	Para sił	98
3.2.4.	Warunki równowagi statycznej	99
3.2.5.	Mechanika techniczna	101
3.2.5.1.	Reakcja podpory	101
3.2.5.2.	Kratownica	102
3.2.6.	Maszyny	102
3.2.6.1.	Dźwignia	103
3.2.6.2.	Kliny i śruby	104
3.2.6.3.	Krażki	104
3.3.	Dynamika ciała sztywnego	107
3.4.	Moment bezwładności i moment pędu	108
3.4.1.	Moment bezwładności	108
3.4.1.1.	Twierdzenie Steinera	110
3.4.1.2.	Momenty bezwładności brył	111
3.4.2.	Moment pędu	113
3.4.2.1.	Równowaga w ruchach obrotowych	115
3.5.	Praca, energia i moc	115
3.5.1.	Energia kinetyczna	116
3.5.2.	Energia potencjalna skręcenia	118
3.6.	Teoria żyroskopu	118
3.6.1.	Tensor momentu bezwładności	119
3.6.2.	Nutacja i precesja	121
3.6.2.1.	Nutacja	121
3.6.2.2.	Precesja	123
3.6.2.3.	Momenty żyroskopowe	124
3.6.3.	Zastosowania żyroskopów	125
4.	MIKROMECHANIKA	126
4.1.	Technologia cienkowarstwowa	126
4.2.	Technika naświetlania i wytrawiania	127
4.3.	Zastosowania	129
4.3.1.	Czujniki	129
4.3.2.	Elementy wykonawcze (siłowniki)	131
4.3.3.	Zastosowania techniczne	132
5.	GRAWITACJA I TEORIA WZGLĘDNOŚCI	133
5.1.	Pole grawitacyjne	133
5.1.1.	Prawo powszechnego ciężenia	133
5.1.2.	Ruchy planet	135
5.1.3.	Układ Słoneczny	137
5.1.3.1.	Słońce i planety	137
5.1.3.2.	Satelity	140
5.2.	Szczególna teoria względności	141
5.2.1.	Zasada względności	142
5.2.2.	Przekształcenie Lorentza	144
5.2.2.1.	Składanie prędkości	147
5.2.3.	Efekty relatywistyczne	148
5.2.3.1.	Skrócenie podłużne	148
5.2.3.2.	Dylatacja czasu	149

5.2.4.	Dynamika relatywistyczna	150
5.2.4.1.	Relatywistyczny przyrost masy	150
5.2.4.2.	Relatywistyczna energia kinetyczna	152
5.3.	Ogólna teoria względności i kosmologia	154
5.3.1.	Gwiazdy i galaktyki	155
5.3.1.1.	Ewolucja gwiazd	156
6.	MECHANIKA CIAŁ ODKSZTAŁCALNYCH	158
6.1.	Teoria sprężystości	158
6.1.1.	Napężenie	158
6.1.1.1.	Rozciąganie, zginanie, ścinanie, skręcanie	160
6.1.2.	Odkształcenie sprężyste	161
6.1.2.1.	Wydłużenie	161
6.1.2.2.	Odkształcenie poprzeczne	163
6.1.2.3.	Wszeczhronne ściskanie	164
6.1.2.4.	Zginanie pręta (belki)	166
6.1.2.5.	Ścinanie	170
6.1.2.6.	Skręcanie	170
6.1.2.7.	Energia sprężysta	172
6.1.3.	Odkształcenie plastyczne	173
6.1.3.1.	Zakresy odkształceń przy naprężeniu rozciągającym	174
6.1.3.2.	Wyboczenie	175
6.1.3.3.	Twardość	176
6.2.	Hydrostatyka	178
6.2.1.	Ciecze i gazy	178
6.2.2.	Ciśnienie	178
6.2.2.1.	Ciśnienie wywierane przez tłok	180
6.2.2.2.	Ciśnienie hydrostatyczne	181
6.2.2.3.	Ścisłość	183
6.2.2.4.	Ciśnienie aerostatyczne	184
6.2.2.5.	Pompy	185
6.2.3.	Wypór	188
6.2.4.	Spójność, przyczepność, napięcie powierzchniowe	191
6.2.4.1.	Włokowatość	193
6.3.	Dynamika cieczy i gazów	194
6.3.1.	Pole przepływu	194
6.3.2.	Równania podstawowe przepływu doskonałego	195
6.3.2.1.	Równanie ciągłości	196
6.3.2.2.	Równanie Eulera	199
6.3.2.3.	Prawo Bernoulliego	200
6.3.2.4.	Prawo wypływu Torricellego	202
6.3.2.5.	Zjawisko zasysania	204
6.3.2.6.	Siły działające na ciała opływane	205
6.3.3.	Przepływy rzeczywiste	207
6.3.3.1.	Lepkość	207
6.3.3.2.	Równanie Naviera-Stokesa	209
6.3.3.3.	Przepływ laminarny cieczy w rurze	210
6.3.3.4.	Opływ kuli	212
6.3.3.5.	Równanie Bernoulliego	213

6.3.4. Przepływy burzliwe	213
6.3.4.1. Współczynnik oporu	214
6.3.5. Prawa podobieństwa	216
6.3.5.1. Przepływ w rurach	218
6.3.6. Przepływy ze zmianą gęstości	219
7. DYNAMIKA NIELINIOWA, CHAOS I FRAKTALE	221
7.1. Układy dynamiczne i chaos	222
7.1.1. Układy dynamiczne	222
7.1.1.1. Przestrzeń stanów i przestrzeń fazowa	224
7.1.2. Układy zachowawcze	228
7.1.2.1. Twierdzenie Liouville'a	229
7.1.2.2. Całkowalność	229
7.1.3. Układy dyssypatywne	230
7.1.3.1. Dziwne atraktory, chaos deterministyczny	231
7.2. Bifurkacje	232
7.2.1. Odwzorowanie logistyczne	233
7.2.2. Uniwersalność	236
7.3. Fraktale	237
OZNACZENIA LITEROWE UŻYTE W DZIALE MECHANIKA	240
8. TABELA DO DZIAŁU MECHANIKA	242
8.1. Gęstości	242
8.1.1. Ciała stałe	242
8.1.1.1. Stopy metaliczne	243
8.1.1.2. Niemetale	244
8.1.2. Ciecze	247
8.1.3. Gazy	249
8.2. Właściwości sprężyste	249
8.3. Właściwości dynamiczne	253
8.3.1. Współczynniki tarcia	253
8.3.2. Ścisłość	255
8.3.2.1. Gazy	255
8.3.2.2. Ciecze i ciała stałe	258
8.3.3. Lepkość	258
8.3.4. Opór przepływu	261
8.3.5. Napięcie powierzchniowe	262
DRGANIA, FALE, AKUSTYKA I OPTYKA	
9. DRGANIA	265
9.1. Swobodne drgania nietłumione	267
9.1.1. Wahadło sprężynowe	267
9.1.2. Wahadło	270
9.1.2.1. Drgania i ruch po okręgu	272
9.1.3. Wahadło fizyczne	273
9.1.4. Drgania torsyjne	275
9.1.5. Wahadło cieczowe	276
9.1.6. Elektryczny obwód drgający	278

9.2. Drgania tłumione	279
9.2.1. Tarcie	279
9.2.1.1. Tarcie poślizgowe i tarcie toczne	279
9.2.1.2. Opór ośrodka	281
9.2.1.3. Tarcie proporcjonalne do kwadratu prędkości	283
9.2.2. Tłumiony elektryczny obwód drgający	283
9.3. Drgania wymuszone	285
9.4. Nakładanie się drgań	287
9.4.1. Nakładanie się drgań o tej samej częstotliwości	287
9.4.2. Nakładanie się drgań o różnej częstotliwości	289
9.4.3. Nakładanie się drgań o różnych kierunkach i różnej częstotliwości	290
9.4.4. Analiza fourierowska, rozkład drgań	292
9.5. Drgania sprzężone	293
10. FALE	296
10.1. Podstawowe własności fal	296
10.2. Polaryzacja	302
10.3. Interferencja	303
10.3.1. Spójność	303
10.3.2. Interferencja	303
10.3.3. Fale stojące	305
10.3.3.1. Fale stojące w jednostronnie umocowanym przecie	306
10.3.3.2. Fale stojące w strunach	306
10.3.3.3. Fale stojące w rurze Kundta	307
10.3.4. Fale o różnych częstotliwościach	308
10.4. Zjawisko Dopplera	309
10.4.1. Fala Macha i fale uderzeniowe	311
10.5. Załamanie fali	311
10.6. Odbicie	312
10.6.1. Zależności fazowe	313
10.7. Dyspersja	313
10.8. Ugięcie	314
10.8.1. Ugięcie na szczelinie	314
10.8.2. Siatka dyfrakcyjna	316
10.9. Modulacja fal	317
10.10. Fale na powierzchni cieczy	318
11. AKUSTYKA	320
11.1. Fale dźwiękowe	320
11.1.1. Prędkość dźwięku	320
11.1.2. Charakterystyczne wielkości akustyczne	322
11.1.2.1. Wychylenie akustyczne	323
11.1.2.2. Prędkość akustyczna i opór falowy	324
11.1.2.3. Gęstość energii	325
11.1.2.4. Natężenie dźwięku i moc akustyczna	325
11.1.3. Wielkości niemianowane (bezwymiarowe)	326
11.2. Źródła i odbiorniki dźwięku	328
11.2.1. Mechaniczne źródła dźwięku	328
11.2.1.1. Drgające słupy powietrza	329

11.2.2.	Przetworniki elektroakustyczne	330
11.2.2.1.	Odbiorniki dźwięku	332
11.2.3.	Absorpcja dźwięku	334
11.2.4.	Tłumienie dźwięku	336
11.2.4.1.	Pogłos	337
11.2.5.	Szum przepływu	338
11.3.	Ultradźwięki	338
11.4.	Akustyka fizjologiczna i słuch	339
11.4.1.	Percepcja dźwięku	340
11.4.2.	Równoważny poziom dźwięku	341
11.5.	Akustyka muzyczna	341
12.	OPTYKA	345
12.1.	Optyka geometryczna	346
12.1.1.	Powstawanie obrazu – podstawowe pojęcia	348
12.1.2.	Odbicie	351
12.1.2.1.	Zwierciadło płaskie	352
12.1.2.2.	Zwierciadło wklęsłe	352
12.1.2.3.	Zwierciadło wypukłe	355
12.1.3.	Załamania	355
12.1.3.1.	Współczynnik załamania	356
12.1.3.2.	Prawo załamania	356
12.1.3.3.	Wzory Fresnela	357
12.1.3.4.	Tęcza	358
12.1.3.5.	Całkowite wewnętrzne odbicie	359
12.1.3.6.	Światłowód	360
12.1.3.7.	Załamania w pryzmacie	365
12.1.3.8.	Załamania w płytkach płasko-równoległych	367
12.1.3.9.	Załamania na powierzchniach kulistych	368
12.2.	Soczewki	369
12.2.1.	Grube soczewki	370
12.2.2.	Cienkie soczewki	375
12.3.	Układy soczewek	376
12.3.1.	Soczewki z przysłonami	377
12.3.2.	Wady układu optycznego	377
12.3.2.1.	Soczewki gradientowe	379
12.4.	Przyrządy optyczne	380
12.4.1.	Kamera otworkowa	380
12.4.2.	Aparat fotograficzny	381
12.4.3.	Oko	382
12.4.4.	Oko i przyrządy optyczne	383
12.4.4.1.	Lupa	383
12.4.4.2.	Mikroskop	384
12.4.4.3.	Luneta	385
12.5.	Optyka falowa	388
12.5.1.	Rozpraszanie	388
12.5.2.	Dyfrakcja i ograniczenie zdolności rozdzielczej	389
12.5.3.	Załamania w obrazie falowym	392
12.5.4.	Interferencja	392
12.5.5.	Dyfrakcyjne elementy optyczne	397

16.1.3.	Rzeczywiste źródło napięcia	516
16.1.4.	Moc i praca w obwodzie prądu stałego	517
16.1.5.	Dopasowanie energetyczne	519
16.1.6.	Pomiar natężenia prądu i napięcia	519
16.1.6.1.	Pomiar natężenia prądu	519
16.1.6.2.	Pomiar napięcia	520
16.1.6.3.	Pomiar mocy	520
16.1.7.	Wyznaczanie oporu metodą kompensacyjną	521
16.1.8.	Ładowanie i rozładowywanie kondensatorów	522
16.1.9.	Włączanie i wyłączanie prądu w obwodzie <i>RL</i>	523
16.2.	Obwód prądu zmiennego	525
16.2.1.	Wielkości zmiennie	525
16.2.1.1.	Wartości średnie wielkości zmiennych okresowo	526
16.2.2.	Przedstawienie wielkości sinusoidalnych na wykresie wskazowym	527
16.2.3.	Reguły rachunków dla wielkości wskazowych	529
16.2.4.	Podstawowe pojęcia techniki prądu zmiennego	532
16.2.4.1.	Impedancja	532
16.2.4.2.	Prawo Ohma w dziedzinie zespolonej	533
16.2.4.3.	Admitancja	534
16.2.4.4.	Moc w obwodzie prądu zmiennego	535
16.2.4.5.	Moc zespolona	536
16.2.4.6.	Prawa Kirchhoffa dla obwodów prądu zmiennego	537
16.2.4.7.	Szeregowe połączenie impedancji	538
16.2.4.8.	Równoległe połączenie impedancji	538
16.2.5.	Podstawowe elementy w obwodzie prądu przemiennego	538
16.2.5.1.	Opornik	539
16.2.5.2.	Kondensator	540
16.2.5.3.	Cewka	541
16.2.5.4.	Impedancja najprostszych dwójników	542
16.2.6.	Szeregowe połączenie opornika i kondensatora	543
16.2.7.	Równoległe połączenie opornika i kondensatora	543
16.2.8.	Równoległe połączenie opornika i cewki	544
16.2.9.	Szeregowe połączenie opornika i cewki	545
16.2.10.	Szeregowy obwód drgający	546
16.2.11.	Równoległy obwód drgający	548
16.2.12.	Równoważność połączenia szeregowego i równoległego	550
16.2.13.	Fale radiowe	551
16.3.	Maszyny elektryczne	553
16.3.1.	Zasada działania maszyn elektrycznych	554
16.3.2.	Maszyna prądu stałego	555
16.3.3.	Maszyna trójfazowa	557
16.3.3.1.	Maszyna synchroniczna	557
16.3.3.2.	Maszyna asynchroniczna	559
17.	PRZEWODZENIE PRĄDU W CIECZACH, W GAZACH I W PRÓŻNI	561
17.1.	Elektroliza	561
17.1.1.	Liczność materii	561
17.1.2.	Jony	561
17.1.3.	Elektrody	562
17.1.4.	Elektrolity	562

17.1.4.1.	Przewodność elektryczna elektrolitu	562
17.1.4.2.	Prawa elektrolizy Faradaya	564
17.1.4.3.	Elektryczna warstwa podwójna	565
17.1.4.4.	Równanie Nernsta	566
17.1.5.	Ogniwa galwaniczne	567
17.1.5.1.	Polaryzacja elektrolityczna	567
17.1.5.2.	Ogniwa paliwowe	568
17.1.5.3.	Akumulatory	569
17.1.5.4.	Łączenie ogniw galwanicznych	569
17.1.6.	Zjawiska elektrokinetyczne	570
17.1.6.1.	Elektroforeza	570
17.1.6.2.	Elektroosmoza	570
17.1.6.3.	Potencjał przepływu	570
17.2.	Prąd elektryczny w gazach	571
17.2.1.	Niesamoistne wyładowanie w gazie	571
17.2.1.1.	Prędkość dryfu jonów w gazach	571
17.2.1.2.	Przewodność właściwa gazów	572
17.2.1.3.	Rekombinacja	572
17.2.1.4.	Charakterystyka prądowo-napięciowa przepływu prądu w gazach	573
17.2.2.	Samoistne wyładowanie w gazie	574
17.2.2.1.	Rodzaje wyładowań samoistnych w gazie	574
17.2.2.2.	Charakterystyka prądowo-napięciowa wyładowania w gazie	575
17.3.	Emisja elektronów	575
17.3.1.	Termoemisja	576
17.3.2.	Fotoemisja	576
17.3.3.	Emisja polowa	577
17.3.4.	Emisja elektronów wtórnych	577
17.4.	Lampy elektronowe	578
17.4.1.	Dioda	579
17.4.2.	Trioda	579
17.4.2.1.	Wartości charakterystyczne	580
17.4.3.	Tetroda	582
17.4.4.	Promienie katodowe	582
17.4.5.	Promieniowanie kanalikowe	582
18.	FIZYKA PLAZMY	584
18.1.	Własności plazmy	584
18.1.1.	Wielkości charakterystyczne plazmy	584
18.1.1.1.	Stopień jonizacji	584
18.1.1.2.	Funkcja rozkładu energii w plazmie	585
18.1.1.3.	Energia plazmy	587
18.1.1.4.	Przewodność elektryczna plazmy	587
18.1.1.5.	Przewodność cieplna plazmy	589
18.1.1.6.	Ekranowanie i długość Debye'a	589
18.1.1.7.	Częstotliwość drgań plazmy	590
18.1.2.	Promieniowanie plazmy	590
18.1.3.	Plazma w polach magnetycznych	591
18.1.3.1.	Ruch cząstek naładowanych w polach zewnętrznych	591