

Edmund Wittbrodt
Stefan Sawiak

MECHANIKA OGÓLNA teoria i zadania

Gdańsk 2014

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Janusz T. Cieśliński

RECENZENT

Jan Kruszewski-Majewski

PROJEKT OKŁADKI

Krzysztof Krzempek

Wydanie IV – 2012

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
<http://www.pg.edu.pl/wydawnictwo/katalog>
zamówienia prosimy kierować na adres wydaw@pg.gda.pl

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
Gdańsk 2014

ISBN 978-83-7348-556-3

SPIS TREŚCI

Wykaz symboli i oznaczeń	5
Wstęp	11
1. Wprowadzenie	13
1.1. Mechanika, jej rola i podział	13
1.2. Modelowanie	13
1.3. Rys historyczny mechaniki	16
1.4. Powtórka i uzupełnienie wiadomości z rachunku wektorowego	18
1.4.1. Wektor i skalar	18
1.4.2. Podział wektorów	18
1.4.3. Działania na wektorach	18
1.5. Prawa Newtona	28
1.6. Aksjomaty w mechanice	29
1.7. Równoważne układy sił	31
1.8. Stopnie swobody, więzy i ich reakcje	37
1.9. Siły wewnętrzne i zewnętrzne	44
1.10. Redukcja dowolnego układu sił do jednej siły i jednej pary sił	45
1.11. Przykłady zadań	49
2. Statyka	54
2.1. Cel statyki	54
2.2. Warunki równowagi układów sił	54
2.2.1. Przestrzenny dowolny układ sił	54
2.2.2. Szczególne przypadki układów sił	56
2.2.3. Zastępcze warunki równowagi	62
2.3. Układy statycznie wyznaczalne	64
2.4. Metody graficzne w mechanice	65
2.5. Siły oporu	69
2.5.1. Tarcie posuwiste	69
2.5.2. Tarcie cięgien	71
2.5.3. Opory toczenia	72
2.6. Środek ciężkości i środek masy	74
2.7. Kratownice	80
2.8. Przykłady zadań	86
3. Kinematyka	122
3.1. Kinematyka punktu	123
3.1.1. Opis ruchu za pomocą wektora wodzącego	124
3.1.2. Opis ruchu we współrzędnych prostokątnych	126
3.1.3. Opis ruchu we współrzędnych naturalnych	128
3.1.4. Opis ruchu we współrzędnych biegunowych	132
3.2. Kinematyka bryły	134
3.2.1. Ruch postępowy	134
3.2.2. Ruch obrotowy	134
3.2.3. Ruch płaski	139
3.2.4. Ruch kulisty	148
3.2.5. Ruch dowolny	153
3.3. Kinematyka ruchu złożonego punktu	155
3.4. Przykłady zadań	158

4.	Dynamika	189
4.1.	Dynamika punktu materialnego	189
4.1.1.	Równanie różniczkowe ruchu	189
4.1.2.	Typy zagadnień w dynamice	193
4.1.3.	Zasady dynamiki punktu materialnego	194
4.1.4.	Potencjalne pole sił	199
4.2.	Dynamika układu punktów materialnych	202
4.2.1.	Równanie ruchu	204
4.2.2.	Twierdzenie o ruchu środka masy	205
4.2.3.	Kręt (moment pędu) układu punktów materialnych	207
4.2.4.	Energia kinetyczna układu punktów materialnych	208
4.3.	Geometria mas	211
4.3.1.	Masowe momenty bezwładności	211
4.3.2.	Masowe momenty bezwładności przy transformacji układu współrzędnych	213
4.3.3.	Główne i centralne masowe momenty bezwładności	215
4.4.	Dynamika bryły	218
4.4.1.	Ruch postępowy	218
4.4.2.	Ruch obrotowy	221
4.4.3.	Ruch płaski	224
4.4.4.	Ruch kulisty	227
4.4.5.	Ruch dowolny	230
4.5.	Przybliżona teoria żyroskopu	232
4.6.	Ruch układu o zmiennej masie	233
4.7.	Zderzenia	234
4.8.	Dynamika ruchu względnego punktu materialnego	237
4.9.	Wahadło Foucaulta	238
4.10.	Drgania układu o jednym stopniu swobody	242
4.11.	Drgania układu o wielu stopniach swobody	249
4.12.	Przykłady zadań	257
5.	Elementy mechaniki analitycznej	327
5.1.	Równania więzów. Podział więzów	327
5.2.	Przemieszczenie przygotowane. Praca przygotowana	331
5.3.	Zasada d'Alemberta	333
5.4.	Zasada Jourdaina	336
5.5.	Zasada prac przygotowanych	338
5.6.	Równania Lagrange'a I rodzaju	342
5.7.	Równania Lagrange'a II rodzaju	345
5.8.	Przykłady zadań	352
6.	Zadania do rozwiązania	381
	Skorowidz	435
	Literatura	439