

Spis treści

Część I. STATYKA

1. Prawa Newtona. Zasady statyki i reakcje więzów	11
1.1. Prawa Newtona	11
1.2. Jednostki masy i siły	12
1.3. Zasady statyki	12
1.4. Rodzaje i reakcje więzów	14
2. Płaski układ sił zbieżnych	20
2.1. Geometryczne wyznaczanie wypadkowej płaskiego układu sił zbieżnych	20
2.2. Analityczne wyznaczanie wypadkowej płaskiego układu sił zbieżnych	21
2.3. Warunki równowagi płaskiego układu sił zbieżnych	22
2.4. Twierdzenie o trzech siłach	23
2.5. Siły tarcia i prawa tarcia	25
3. Wyznaczanie wypadkowej dwóch sił równoległych. Moment siły i moment pary sił	29
3.1. Wyznaczanie wypadkowej dwóch sił równoległych zgodnie skierowanych	29
3.2. Wyznaczanie wypadkowej dwóch sił równoległych przeciwnie skierowanych	30
3.3. Moment siły względem punktu	32
3.4. Twierdzenie Varignona	33
3.5. Działanie pary sił	35
3.6. Równoważność dwóch par sił działających w jednej płaszczyźnie	36
3.7. Redukcja dowolnej liczby par sił do jednej wypadkowej pary sił	37
4. Warunki równowagi dowolnego płaskiego układu sił	39
4.1. Redukcja siły do dowolnego punktu	39
4.2. Redukcja dowolnej liczby sił do danego punktu	39
4.3. Warunki równowagi dowolnego płaskiego układu sił	40
4.4. Płaski układ sił równoległych	42
5. Wybrane zagadnienia równowagi płaskiego układu sił	44
5.1. Siły oporu przy toczeniu ciał	44
5.2. Tarcie w czopie	45
5.3. Tarcie ciągną o nieruchomy walec	47
5.4. Układy statycznie niewyznaczalne	49

6. Metody wykreślne dla płaskiego układu sił	50
6.1. Wykreślne wyznaczanie wypadkowej płaskiego układu sił zbieżnych	50
6.2. Wykreślne wyznaczanie wypadkowej dowolnego płaskiego układu sił. Metoda wieloboku sznurowego	51
6.3. Wielobok sznurowy dla układu sprowadzającego się do pary sił	52
6.4. Wykreślne warunki równowagi dowolnego płaskiego układu sił	53
7. Kratownice płaskie	55
7.1. Klasyfikacja ustrojów prętowych	55
7.2. Kratownice proste. Warunki sztywności i statycznej wyznaczalności kratownic	56
7.3. Obliczanie sił w prętach kratownicy metodą analityczną	57
7.4. Wykreślne wyznaczanie sił w prętach kratownic. Plan sił Cremony	58
7.5. Metoda Rittera (metoda przecięć przez trzy pręty)	60
8. Przestrzenny układ sił zbieżnych	62
8.1. Określenie położenia siły w przestrzeni	62
8.2. Wyznaczanie wypadkowej kilku sił zbieżnych w przestrzeni	63
8.3. Warunki równowagi przestrzennego układu sił zbieżnych	63
9. Moment siły względem punktu i względem osi. Para sił w przestrzeni	65
9.1. Moment siły względem punktu	65
9.2. Moment siły względem osi	65
9.3. Zależność między momentem siły względem punktu i momentem siły względem osi	66
9.4. Iloczyn wektorowy dwóch wektorów	67
9.5. Wektorowy zapis momentu siły względem punktu i momentem siły względem osi	67
9.6. Para sił w przestrzeni	69
9.7. Przenoszenie pary sił z jednej płaszczyzny równoległej do drugiej	70
9.8. Dodawanie par sił działających w płaszczyznach nachylonych	71
9.9. Wyznaczanie wypadkowej dowolnej liczby par sił w przestrzeni	73
10. Analityczne warunki równowagi dowolnego przestrzennego układu sił	74
10.1. Redukcja siły do danego punktu w przestrzeni	74
10.2. Redukcja do danego punktu dowolnej liczby sił	75
10.3. Warunki równowagi dowolnego przestrzennego układu sił	76
10.4. Niezmienniki dowolnego przestrzennego układu sił	78
10.5. Sprowadzenie dowolnego przestrzennego układu sił do skrętnika. Oś główna układu	80
11. Środki ciężkości	82
11.1. Środek sił równoległych	82

11.2. Środek ciężkości ciała sztywnego	83
11.3. Środki ciężkości linii	84
11.4. Wyznaczenie położenia środka ciężkości łuku koła	85
11.5. Środki ciężkości powierzchni	86
11.6. Środki ciężkości brył	89
11.7. Wzory Guldina-Pappusa	90

Część II. KINEMATYKA

12. Ruch prostoliniowy punktu	93
12.1. Prędkość punktu. Ruch jednostajny prostoliniowy	93
12.2. Przyspieszenie punktu. Ruch jednostajnie przyspieszony	94
12.3. Ruch harmoniczny	95
12.4. Układanie równań ruchu	96
13. Ruch krzywoliniowy punktu	98
13.1. Prędkość w ruchu krzywoliniowym	98
13.2. Twierdzenie o rzutach prędkości punktu	99
13.3. Przyspieszenie punktu	100
13.4. Składowa styczna i normalna przyspieszenia punktu	101
13.5. Ruch punktu po okręgu	102
13.6. Mechanizm korbowy	107
13.7. Ruch punktu po elipsie	107
13.8. Rzut ukośny	108
13.9. Ruch punktu we współrzędnych biegunowych	110
13.10. Ruch punktu po torze w przestrzeni	112
13.11. Ruch punktu po linii śrubowej . . .	112
13.12. Hodograf. Sens fizyczny pochodnej wektorowej	113
14. Klasyfikacja ruchów ciała sztywnego. Ruch postępowy i obrotowy ciała	116
14.1. Stopnie swobody ciała sztywnego	116
14.2. Iloczyn skalarny dwóch wektorów	117
14.3. Twierdzenie o rzutach prędkości dwóch punktów ciała sztywnego na prostą łączącą te punkty	118
14.4. Ruch postępowy ciała sztywnego	119
14.5. Ruch obrotowy ciała sztywnego dokoła stałej osi	121
14.6. Pole prędkości i pole przyspieszeń w ruchu obrotowym ciała	122
14.7. Przełożenie	124
14.8. Wektorowy zapis prędkości w ruchu obrotowym ciała sztywnego dokoła stałej osi	124
14.9. Przyspieszenie w ruchu obrotowym ciała sztywnego dokoła stałej osi	125
15. Ruch płaski ciała sztywnego	127
15.1. Definicja ruchu płaskiego	127

15.2. Ruch płaski jako ruch postępowy i obrotowy ciała	128
15.3. Ruch płaski jako ruch obrotowy dookoła chwilowego środka obrotu	130
15.4. Ruch płaski jako toczenie się centroidy ruchomej po centroidzie stałej	132
16. Ruch kulisty ciała sztywnego	135
16.1. Ruch kulisty jako ruch obrotowy dookoła chwilowej osi obrotu	135
16.2. Wektorowy zapis prędkości punktu w ruchu kulistym ciała sztywnego	138
16.3. Ruch kulisty jako toczenie się aksoidy ruchomej po aksoidzie stałej	139
16.4. Przyspieszenie w ruchu kulistym ciała sztywnego	139
16.5. Kąty i prędkości Eulera	141
17. Ruch złożony punktu	143
17.1. Prędkość punktu w ruchu złożonym	143
17.2. Przyspieszenie w ruchu złożonym. Przyspieszenie Coriolisa — wyprowadzenie metodą geometryczną (superpozycji)	144
17.3. Przyspieszenie w ruchu złożonym — wyprowadzenie metodą algebry wektorowej	146
18. Dodawanie ruchów obrotowych. Ruch ogólny ciała sztywnego	153
18.1. Dodawanie prędkości kątowych o wektorach nachylonych	153
18.2. Składanie ruchów obrotowych o równoległych i zgodnie skierowanych wektorach prędkości	155
18.3. Składanie ruchów obrotowych o równoległych i przeciwnie skierowanych wektorach prędkości	156
18.4. Ruch ogólny ciała sztywnego	158
Część III. DYNAMIKA	
19. Zasady dynamiki. Dynamiczne równania ruchu punktu materialnego	159
19.1. Prawa i zasady dynamiki klasycznej	159
19.2. Układy odniesienia	160
19.3. Dynamiczne równania ruchu punktu materialnego	161
19.4. Ruch prostoliniowy punktu materialnego	161
19.5. Drgania swobodne ciała	162
19.6. Drgania wymuszone bez tłumienia	165
19.7. Swobodny spadek ciał z uwzględnieniem oporu powietrza	167
19.8. Analiza ruchu wahadła matematycznego	170
20. Ruch środka masy. Siły d'Alemberta. Pęd układu mechanicznego	172
20.1. Położenie środka masy układu mechanicznego	172

20.2. Wypadkowa sił wewnętrznych układu mechanicznego	173
20.3. Równania ruchu środka masy układu mechanicznego	174
20.4. Siły d'Alemberta	175
20.5. Pęd (ilość ruchu) punktu materialnego	177
20.6. Pęd (ilość ruchu) układu mechanicznego	178
20.7. Twierdzenie o pochodnej geometrycznej wektora pędu	179
20.8. Ruch ciała o zmiennej masie	180
21. Momenty bezwładności ciał	182
21.1. Moment bezwładności względem płaszczyzny	182
21.2. Moment bezwładności względem osi	183
21.3. Moment bezwładności względem punktu	183
21.4. Moment bezwładności odśrodkowy	184
21.5. Twierdzenie Steinera	185
21.6. Moment bezwładności względem osi obróconej	186
21.7. Elipsoida bezwładności	188
21.8. Momenty bezwładności walca	190
21.9. Momenty bezwładności kuli	192
21.10. Momenty bezwładności stożka	193
22. Dynamiczne równania ruchu postępowego, ruchu obrotowego i ruchu płaskiego ciała sztywnego	198
22.1. Dynamiczne równania równowagi w ruchu postępowym ciała sztywnego	198
22.2. Dynamiczne równanie ruchu ciała sztywnego w ruchu obrotowym dookoła stałej osi	199
22.3. Wahadło fizyczne i rewersyjne	200
22.4. Dynamiczne równania ruchu płaskiego	202
23. Praca i moc. Energia kinetyczna i potencjalna punktu materialnego i ciała sztywnego	205
23.1. Praca i moc siły	205
23.2. Praca w polu sił i w polu potencjalnym	206
23.3. Związek energii kinetycznej z pracą	208
23.4. Energia kinetyczna układu mechanicznego. Twierdzenie Koeniga	210
23.5. Energia kinetyczna w ruchu postępowym, obrotowym i w ruchu płaskim ciała sztywnego	212
23.6. Praca sił wewnętrznych układu mechanicznego	213
23.7. Twierdzenie o przyroście energii kinetycznej układu mechanicznego	215
24. Kręt (moment ilości ruchu) punktu materialnego i ciała sztywnego	216
24.1. Kręt (moment ilości ruchu) punktu materialnego	216
24.2. Twierdzenie o pochodnej geometrycznej wektora krętu punktu materialnego	217

24.3. Kręt w ruchu obrotowym ciała sztywnego	219
24.4. Kręt (moment ilości ruchu) układu mechanicznego	220
24.5. Kręt w ruchu kulistym ciała sztywnego	222
25. Ruch kulisty i ruch ogólny ciała sztywnego	225
25.1. Proste przypadki ruchu kulistego	225
25.2. Równania Eulera	227
25.3. Ruch ogólny ciała sztywnego	231
26. Efekt żyroskopowy i zastosowanie żyroskopów	233
26.1. Efekt żyroskopowy	233
26.2. Zastosowanie żyroskopów	237
27. Uderzenie	240
27.1. Uderzenie proste centralne dwóch ciał	240
27.2. Uderzenie ukośne	242
27.3. Strata energii przy uderzeniu	242
27.4. Uderzenie mimośrodowe. Środek uderzenia	243
28. Zasada prac przygotowanych i równowaga w potencjalnym polu sił	246
28.1. Przesunięcia i przemieszczenia przygotowane	246
28.2. Zasada prac przygotowanych	247
28.3. Równowaga w potencjalnym polu sił	250
29. Równania Lagrange'a	253
29.1. Współrzędne uogólnione	253
29.2. Siły uogólnione	255
29.3. Ogólne równanie dynamiki	255
29.4. Równania Lagrange'a	256
29.5. Równania Lagrange'a dla układów zachowawczych	258