

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 kratownicy	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 dokoła 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 dokoła 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 dokoła 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