

SPIS TREŚCI

Przedmowa.....	7
1. PODSTAWY MECHANIKI	11
1.1. Pojęcia podstawowe	11
1.2. Zasada d'Alemberta.....	18
1.3. Zasada prac przygotowanych	22
1.4. Przyrost funkcji i wariacja funkcji	25
Literatura	35
2. STATYKA.....	36
2.1. Pojęcie równowagi	36
2.2. Geometryczne warunki równowagi płaskiego układu sił.....	52
2.3. Geometryczne warunki równowagi układu przestrzennego sił.....	60
2.4. Analityczne warunki równowagi.....	63
2.5. Oddziaływania mechaniczne, więzy i podpory	74
2.6. Redukcja przestrzennego układu sił do dwóch sił skośnych.....	88
2.7. Redukcja układu przestrzennego sił do skrętnika.....	91
2.8. Tarcie.....	99
2.9. Tarcie a ruch względny	121
2.10. Tarcie cięgien opasujących walec o przekroju kołowym.....	129
2.11. Modele tarcia	136
2.11.1. Wprowadzenie.....	136
2.11.2. Zmodyfikowany model tarcia Coulomba (model CCZ)	140
Literatura	186
3. GEOMETRIA MAS	189
3.1. Pojęcia podstawowe	189
3.2. Momenty II rzędu.....	207
3.3. Macierz bezwładności i jej transformacje	215
3.4. Tensor bezwładności, osie główne i elipsoida bezwładności.....	231
3.5. Własności głównych i głównych centralnych osi bezwładności	240
3.6. Wyznaczanie momentów bezwładności ciała sztywnego	243
3.6.1. Wyznaczanie momentów bezwładności ciała względem dowolnej osi	243

3.6.2. Wyznaczanie inercyjnych momentów bezwładności ciała sztywnego.....	244
Literatura.....	250
4. KINEMATYKA PUNKTU I WPROWADZENIE DO KINEMATYKI POŁĄCZONYCH CIAŁ SZTYWNYCH.....	251
4.1. Ruch punktu na płaszczyźnie.....	251
4.1.1. Ruch punktu i trajektoria (tor) ruchu.....	253
4.1.2. Prędkość punktu.....	256
4.1.3. Przyspieszenie punktu.....	261
4.2. Wybrane zagadnienia ruchu punktu materialnego na płaszczyźnie.....	267
4.2.1. Ruch prostoliniowy.....	267
4.2.2. Ruch prostoliniowy (harmoniczny) i przypadki szczególne ruchu krzywoliniowego na płaszczyźnie.....	270
4.2.3. Ruch po okręgu, po prostej i ruch krzywoliniowy w ujęciu wektorowym.....	275
4.3. Promień wodzący, współrzędne prostokątne i krzywoliniowe w przestrzeni.....	286
4.3.1. Wprowadzenie.....	286
4.3.2. Klasyfikacja ruchu punktu ze względu na jego przyspieszenia.....	289
4.3.3. Współrzędne krzywoliniowe.....	291
4.4. Współrzędne naturalne.....	328
4.4.1. Wprowadzenie.....	328
4.4.2. Pojęcia podstawowe.....	328
4.4.3. Prędkości i przyspieszenia we współrzędnych naturalnych.....	329
4.5. Pary i łańcuchy kinematyczne, zmienne złączowe i algorytm Denavita-Hartenberga.....	347
4.5.1. Pary i łańcuchy kinematyczne.....	347
4.5.2. Zmienne złączowe i algorytm Denavita-Hartenberga...	350
4.6. Klasyfikacja problemów kinematyki.....	352
Literatura.....	358
5. KINEMATYKA CIAŁA SZTYWNEGO I RUCH ZŁOŻONY PUNKTU.....	359
5.1. Ruch postępowy i obrotowy.....	359
5.1.1. Ciało sztywne w przestrzeni i stopnie swobody.....	359
5.1.2. Prędkość punktów ciała sztywnego.....	363
5.1.3. Ruch postępowy.....	365
5.1.4. Ruch obrotowy.....	367

5.1.5.	Prędkości i przyspieszenia kątowe jako wektory, wektor małego obrotu	373
5.2.	Ruch płaski.....	377
5.2.1.	Wiadomości wprowadzające.....	377
5.2.2.	Chwilowy środek prędkości.....	387
5.2.3.	Centroidy ruchome i nieruchome.....	395
5.2.4.	Przyspieszenia i środek przyspieszeń.....	400
5.2.5.	Równania centroidy ruchomej i nieruchomej	410
5.2.6.	Metody wektorowe w kinematyce ruchu płaskiego	413
5.2.6.1.	Prędkości.....	413
5.2.6.2.	Przyspieszenia.....	422
5.3.	Ruch złożony punktu w przestrzeni	430
5.4.	Ruch płaski złożony punktu	439
5.5.	Ruch w przestrzeni	443
5.5.1.	Wprowadzenie.....	443
5.5.2.	Prędkość kątowa i przyspieszenie kątowe ciała sztywnego.....	447
5.5.3.	Propozycja Eulera	449
5.5.4.	Kąty Eulera	455
5.5.5.	Kinematyczne równania Eulera	469
5.5.6.	Przemieszczenie ciała sztywnego z jednym unieruchomionym punktem	474
5.5.7.	Przemieszczenie i obrót ciała sztywnego (podstawowe twierdzenia)	478
5.5.8.	Interpretacja geometryczna ruchu dowolnego ciała sztywnego.....	483
5.5.9.	Przesunięcie równoległe i obrót ciała sztywnego oraz przekształcenia jednorodne	486
5.5.10.	Stany kinematyczne ciała sztywnego.....	488
5.5.11.	Prędkość i przyspieszenie w ruchu postępowym	488
5.5.12.	Prędkość i przyspieszenie w ruchu kulistym.....	489
5.5.13.	Prędkość i przyspieszenia w ruchu ciała wokół osi nieruchomej.....	499
5.5.14.	Prędkości punktu ciała sztywnego w różnych układach współrzędnych	502
5.5.15.	Precesja regularna ciała sztywnego.....	506
5.5.15.	Ruch śrubowy	518
5.5.16.	Interpretacja geometryczna prędkości i przyspieszenia punktu ciała sztywnego w ruchu dowolnym.....	520
5.6.	Ruch złożony ciała sztywnego	535
	Literatura.....	544

6.	KINEMATYKA CIAŁA ODKSZTAŁCALNEGO	545
6.1.	Tensory w mechanice.....	545
6.2.	Tensor naprężeń	550
	Literatura	598

DODATEK

D.	PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z RACHUNKU WEKTOROWEGO I MACIERZOWEGO	599
D.1.	Skalary i wektory	599
D.2.	Algebra wektorów	603
	D.2.1. Mnożenie wektora przez skalar	603
	D.2.2. Wektory w układzie współrzędnych kartezjańskich	605
	D.2.3. Iloczyn skalarny wektorów	609
	D.2.4. Iloczyn wektorowy	612
	D.2.5. Iloczyn mieszany	614
	D.2.6. Iloczyny wielokrotne	617
D.3.	Macierze	618
	Literatura	625

SPIS TREŚCI

Przedmowa.....	7
1. DYNAMIKA PUNKTU, UKŁADU MATERIALNEGO I RUCH KULISTY CIAŁA SZTYWNEGO	13
1.1. Dynamika punktu.....	13
1.1.1. Drugie prawo Newtona	13
1.1.2. Klasyfikacja problemów dynamiki.....	19
1.1.3. Ruch punktu pod działaniem sił prostych	21
1.1.4. Prawo zmienności pędu.....	29
1.1.5. Prawa zachowania wielkości kinetycznych punktu materialnego	31
1.1.6. Ruch punktu materialnego w polu środkowym.....	53
1.2. Podstawowe prawa dynamiki układu materialnego.....	67
1.2.1. Wprowadzenie.....	67
1.2.2. Prawo zmienności pędu.....	69
1.2.3. Prawo ruchu środka masy.....	72
1.2.4. Moment ilości ruchu (kręt).....	76
1.2.5. Energia kinetyczna UMD i UMC.....	79
1.2.6. Prawo zachowania krętu (momentu kinetycznego).....	84
1.2.7. Prawo zachowania energii kinetycznej	92
1.3. Ruch kulisty ciała sztywnego	94
1.3.1. Energia kinetyczna, elipsoida bezwładności i kręt.....	94
Literatura	101
2. WAHADŁO MATEMATYCZNE I WAHADŁO FIZYCZNE.....	103
2.1. Wahadło matematyczne.....	103
2.2. Wahadło fizyczne	117
2.3. Dynamika wahadła fizycznego potrójnego w płaszczyźnie	122
2.3.1. Równania ruchu	122
2.3.2. Symulacje numeryczne	130
2.3.3. Reakcje dynamiczne w łożyskach	139
Literatura	147
3. DYNAMIKA I STATYKA WE WSPÓLRZĘDNYCH UOGÓLNIONYCH	148
3.1. Więzy i współrzędne uogólnione.....	148
3.2. Zasady Jourdaina i Gaussa.....	177
3.3. Równanie ogólne statyki i stateczność położzeń równowagi układów mechanicznych w polu sił potencjalnych.....	192

3.4. Równania Lagrange’a II i I rodzaju.....	209
3.5. Własności równania Lagrange’a.....	245
3.6. Całki pierwsze układów Lagrange’a	252
3.7. Równanie Routha.....	261
3.8. Współrzędne cykliczne.....	265
3.9. Kinetyka układów ciał sztywnych – manipulator o trzech stopniach swobody.....	269
3.9.1. Wprowadzenie.....	269
3.9.2. Model fizyczny i matematyczny	269
3.9.3. Wyniki symulacji numerycznych.....	277
Literatura	281
4. KLASYCZNE RÓWNANIA DYNAMIKI	283
4.1. Mechanika Hamiltona.....	283
4.1.1. Równania Hamiltona.....	283
4.1.2. Twierdzenie Jacobiego-Poissona.....	286
4.1.3. Przekształcenia kanoniczne	288
4.1.4. Przekształcenia kanoniczne nieosobliwe i funkcje kierujące	296
4.1.5. Metoda Jacobiego i równania Jacobiego-Hamiltona	298
4.1.6. Postacie równań Jacobiego-Hamiltona w przypadku zmiennych cyklicznych i układów zachowawczych	300
4.2. Metody rozwiązywania równań Eulera-Lagrange’a.....	302
4.2.1. Wprowadzenie.....	302
4.2.2. Twierdzenie Eulera i równania Eulera-Lagrange’a.....	303
4.2.3. Dekompozycja i równanie Bogomolnego	306
4.2.4. Transformacja Bäcklunda.....	307
4.3. Równania Whittakera	311
4.4. Równania Vorontsa i równania Chaplygina	314
4.5. Równania Appella	324
Literatura	333
5. TEORIA UDERZENIA	334
5.1. Podstawowe pojęcia.....	334
5.2. Podstawowe prawa teorii uderzenia	336
5.3. Uderzenie punktu materialnego o przegrodę.....	341
5.4. Interpretacja fizyczna uderzenia	344
5.5. Zderzenie dwóch kul poruszających się ruchem postępowym	346
5.6. Zderzenie dwóch ciał sztywnych swobodnych.....	351
5.7. Środek uderzenia	357
Literatura	359
6. DRGANIA UKŁADÓW MECHANICZNYCH.....	360
6.1. Wprowadzenie	360

6.2. Równania ruchu liniowych układów mechanicznych o N stopniach swobody.....	361
6.3. Klasyfikacja sił mechanicznych liniowych i ich własności.....	363
6.4. Małe drgania układów liniowych o jednym stopniu swobody	372
6.5. Małe drgania własne układu zachowawczego nieliniowego o jednym stopniu swobody i postać bezwymiarowa równań ruchu	391
6.6. Układy mechaniczne o jednym stopniu swobody z obciążeniem fragmentami liniowym i impulsowym	398
Literatura	421
7. ELEMENTY DYNAMIKI PLANET	424
7.1. Wprowadzenie	424
7.2. Pola sił potencjalne	429
7.3. Dynamika dwóch punktów materialnych	430
Literatura	445
8. DYNAMIKA UKŁADÓW O ZMIENNEJ MASIE	446
8.1. Wprowadzenie	446
8.2. Zmiana ilości ruchu i momentu kinetycznego	446
8.3. Ruch punktu materialnego układu o zmiennej masie	449
8.4. Ruch rakiety (dwa zagadnienia Ciołkowskiego)	452
8.5. Równania ruchu ciała o zmiennej masie.....	458
Literatura	467
9. DYNAMIKA CIAŁA I UKŁADÓW CIAŁ SZTYWNYCH	468
9.1. Obrót ciała sztywnego wokół osi nieruchomej.....	468
9.2. Ruch ciała sztywnego wokół nieruchomego punktu	473
9.3. Dynamika ruchu ciała sztywnego wokół punktu nieruchomego w polu grawitacyjnym	487
9.4. Ruch ogólny swobodny ciała sztywnego.....	495
9.5. Ruch kuli jednorodnej po płaszczyźnie poziomej w polu ciężkości z uwzględnieniem tarcia Coulomba.....	497
9.6. Ruch ciała sztywnego o powierzchni dowolnej wypukłej po płaszczyźnie poziomej	506
9.7. Równania drgań N układów ciał sztywnych połączonych za pomocą przegubów Cardana-Hooke'a.....	510
9.8. Drgania zachowawcze bryły sztywnej podpartej sprężystości w polu grawitacyjnym	523
9.9. Dynamika kamienia celtyckiego.....	540
Literatura	551
10. RUCHY STACJONARNE CIAŁA SZTYWNEGO I ICH STABILNOŚĆ	552

10.1. Dynamika stacjonarna zachowawcza.....	552
10.2. Zbiory niezmiennicze układów zachowawczych i ich stabilność.....	561
Literatura	563
11. GEOMETRODYNAMIKA	564
11.1. Wprowadzenie.....	564
11.2. Metryka Jacobiego na Q	572
11.3. Równanie Jacobiego-Levi-Civita (JLC).....	577
11.4. Równanie JLC we współrzędnych geodezyjnych	582
11.5. Równanie JLC dla metryki Jacobiego.....	585
11.6. Układy mechaniczne o dwóch stopniach swobody	587
Literatura	593