

SPIS RZECZY

Przedmowa Komisji Polskiej Akademii Nauk dla opracowania monografii i wydania dzieł M. T. Hubera	13
Przedmowa autora	14
I A. Podstawy i zadania mechaniki	17
§ 1. Ruch i spoczynek. Układy odniesienia. Względność ruchu	17
§ 2. Przestrzeń	18
§ 3. Czas	19
§ 4. Materia	21
§ 5. Znaczenie i podział mechaniki	21
§ 6. Kinematyka teoretyczna	23
I B. Pomocnicze wiadomości z rachunku wektorowego	25
§ 7. Określenia wstępne	25
§ 8. Dodawanie i odejmowanie wektorów	27
§ 9. Iloczyn wektora przez liczbę	29
§ 10. Rzuty wektorów	29
§ 11. Momenty wektorów względem punktu	31
§ 12. Momenty wektorów względem prostej	33
§ 13. Podział wektorów	35
§ 14. Momenty jako iloczyny wektorowe	36
§ 15. Mnożenie wektorowe sum geometrycznych	38
§ 16. Iloczyn skalarowy dwu wektorów	38
§ 17. Mnożenie skalarowe sumy wektorowej	39
§ 18. Mnożenie skalarowe jednego wektora przez iloczyn wektorowy dwu innych	40
§ 19. Przedstawienie wektorów liczbami algebraicznymi	41
§ 20. Promień-wektor	42
§ 21. Przedstawienie wektorów posuwnych liczbami algebraicznymi	43
§ 22. Obliczenie sumy wektorowej ilu kolwiek wektorów przedstawionych liczbami algebraicznymi	44
§ 23. Rozkład wektora na dodajniki wektorowe (geometryczne)	46
§ 24. Przedstawienie wektora za pomocą głównych wersorów, czyli wektorów jednostkowych	46
§ 25. Wyrażenie analityczne iloczynu skalarowego	47
§ 26. Wyrażenie analityczne iloczynu wektorowego	48
§ 27. Ważne zastosowanie geometryczne. Iloczyn mieszany	49
§ 28. Mnożenie wektorowe iloczynu wektorowego	50
§ 29. Mnożenie skalarowe dwu iloczynów wektorowych	51
§ 30. Różniczkowanie wektora zmiennego	51
§ 31. Całkowanie wektorów	52

§ 31a. Proste zastosowania w teorii krzywych	53
§ 32. Układy wektorów posuwnych. Ogólny moment układu	54
§ 33. Równoważność układów wektorów	56
§ 34. Para wektorów posuwnych	57
§ 35. Przekształcanie układów wektorów posuwnych	58
§ 36. Redukcja układu wektorów posuwnych do dwu wektorów skośnych. Przypadki szczególne	59
§ 37. Oś centralna układu wektorów posuwnych. Skrętnik	61
§ 38. Redukcja i warunki znoszenia się układów środkowych, płaskich i równoległych	62
§ 39. Wyznaczenie wektora wypadkowego układu płaskiego za pomocą wieloboku sznurowego	64
§ 40. Niektóre własności wieloboku sznurowego	67
§ 41. Wykreślnie warunki redukcji układu płaskiego	68
§ 42. Wielobok sznurowy jako wykres (diagram) momentów	70
§ 43. Układ równoległy w przestrzeni. Środek wektorów równoległych . .	71
Ćwiczenia	73
II. Kinematyka punktu	77
§ 44. Określenia wstępne	77
§ 45. Ruch prostoliniowy jednostajny. Prędkość	79
§ 46. Ruch prostoliniowy niejednostajny, czyli zmienny	82
§ 47. Ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny. Przyspieszenie	85
§ 48. Ruch krzywoliniowy. Najogólniejsze określenie prędkości	86
§ 49. Najogólniejsze określenie przyspieszenia. Hodograf.	88
§ 50. Rozkład przyspieszenia ruchu krzywoliniowego na styczne i normalne	90
§ 51. Inny wywód rozkładu przyspieszenia w ruchu krzywoliniowym naj- ogólniejszym	91
§ 52. Wyrażenia analityczne prędkości i przyspieszenia	92
§ 53. Ruch środkowy (centralny)	95
§ 54. Ruch planet około Słońca	97
§ 55. Ruch okresowy	99
Ćwiczenia	103
III. Kinematyka ciała sztywnego.	105
§ 56. Określenie położenia ciała sztywnego	105
§ 57. Przesunięcie i ruch postępowy	106
§ 58. Ruch obrotowy. Prędkość kątowna i przyspieszenie kątowe.	107
§ 59. Ruch posuwisty, czyli ruch płaski.	111
§ 60. Toczenie się i ślizganie krzywej płaskiej	112
§ 61. Centrodie i aksoidy (walce centralne) ruchu posuwistego	113
§ 62. Kręcenie się, czyli ruch około punktu stałego	115
§ 63. Centrodie i aksoidy (stożki centralne) kręcenia się	116
§ 64. Ruch ogólny ciała.	117
§ 65. Skręt. Aksoidy ruchu ogólnego	119
§ 66. Składanie i rozkładanie ruchów. Związek między prędkościami. . .	121
§ 67. Rozmieszczenie prędkości w ciele sztywnym. Równanie pola prę- dkości	123
§ 68. Rozmieszczenie przyspieszeń w ciele sztywnym	125
§ 69. Zmiana układu odniesienia	127
§ 70. Układy obrotów chwilowych	128
§ 71. Własności układów obrotów chwilowych	130

§ 72. Elementarna metoda składania obrotów i przesunięć chwilowych . .	131
§ 73. Przyspieszenie Coriolisa	133
§ 74. Inny dowód wzoru Coriolisa	137
§ 75. Ruch względny dwu ciał (układów)	138
§ 76. Przykład ruchu posuwistego. Ruch eliptyczno-hypocykloidalny . .	140
§ 77. Przykład składania obrotów	141
§ 78. Przykład zamiany układu odniesienia	143
Ćwiczenia	144
IV. Podstawy dynamiki	147
§ 79. Określenie dynamiki	147
§ 80. Prawa podstawowe dynamiki. Pojęcia masy i siły	148
§ 81. Prawo wzajemności działania. Składanie sił	154
§ 82. Mierzenie masy i sił. Ciężkość	155
§ 83. Pomiar statyczny sił. Siły ciągłe i siły chwilowe	159
V. Środki mas	161
§ 84. Określenie i własności kinetyczne środka masy	161
§ 85. Ogólne własności środka masy	164
§ 86. Środek masy układu materialnego ciągłego. Środek geometryczny .	166
§ 87. Środki masy linii jednolitych	168
§ 88. Środki masy niektórych jednolitych figur płaskich	171
§ 89. Środki masy niektórych jednolitych powierzchni krzywych	178
§ 90. Środki masy niektórych jednolitych brył (ciał) geometrycznych . .	179
§ 91. Twierdzenie Pappusa—Guldina	183
§ 92. Przykłady wyznaczania środka masy figur płaskich	185
Ćwiczenia	187
VI. Praca, potencjał i energia kinetyczna	190
§ 93. Praca elementarna	190
§ 94. Praca całkowita. Jednostki pracy. Praca w jednostce czasu	192
§ 95. Wykres, czyli diagram pracy. Indykator	194
§ 96. Obliczenia pracy. Pole sił. Potencjał	196
§ 97. Potencjał siły ciężkości w pobliżu ziemi	197
§ 98. Powierzchnie równego potencjału	199
§ 99. Przykłady pól potencjalnych	200
§ 100. Pole siły ciężkości w większych obszarach nad powierzchnią ziemi	202
§ 101. Pola sił dla dwu lub więcej środków przyciągania lub odpychania	206
według prawa Newtona	208
§ 102. Energia kinetyczna	208
§ 103. Twierdzenie Koeniga. Energia kinetyczna ciała sztywnego	210
VII. Momenty bezwładności	213
§ 104. Określenia. Ramię (czyli promień) bezwładności. Masa zredukowana	213
§ 105. Momenty bezwładności względem osi równoległych. Biegunowy mo-	214
ment bezwładności	214
§ 106. Momenty bezwładności względem osi przecinających się w stałym	216
punkcie ciała. Momenty zboczenia (odśrodkowe)	216
§ 107. Elipsoida bezwładności. Główne osie bezwładności	218
§ 108. Twierdzenie o momentach zboczenia. Położenie głównych osi bez-	220
władności w przypadku symetrii	220
§ 109. Momenty bezwładności i zboczenia płaskich układów materialnych	222

§ 110. Culmannowska elipsa bezwładności	223
§ 111. Wyznaczanie głównych osi bezwładności. Konstrukcja Mohra	226
§ 112. Momenty bezwładności i zboczenia jednolitych ciał lub figur materialnych. Geometryczne momenty bezwładności i zboczenia	229
§ 113. Przykłady obliczenia J i D ciał jednolitych	230
§ 114. Wykreślny pomiar momentów bezwładności figur płaskich. Sposób Vojačka-Nehlsa	241
§ 115. Sposób Mohra	242
§ 116. Sposób Culmanna	244
§ 117. Wykreślnie wyznaczanie momentu zboczenia	245
Ćwiczenia	247
VIII. Zasady dynamiki punktu materialnego	249
§ 118. Zasady pracy i energii	249
§ 119. Ruch nieswobodny. Reakcja toru płaskiego	250
§ 120. Reakcja toru przestrzennego	252
§ 121. Zasada zachowania energii	253
§ 122. Siła odśrodkowa	255
§ 123. Równowaga punktu materialnego. Położenie równowagi. Zasada prac przygotowanych (wirtualnych)	256
§ 124. Równowaga punktu materialnego w polu potencjalnym. Stałość, czyli stateczność równowagi. Twierdzenie Mindinga i Lejeune-Dirichleta	258
§ 125. Zagadnienia równowagi i ruchu punktu materialnego nieswobodnego z uwzględnieniem tarcia. Prawidła tarcia	261
§ 126. Dynamika względna punktu materialnego	266
§ 127. Pole ciężkości względnej	267
§ 128. Względna równowaga ciężkiego punktu materialnego w układzie poruszającym się względem Ziemi	269
§ 129. Względna równowaga ciężkiego punktu materialnego na krzywej obracającej się jednostajnie około osi pionowej	272
Ćwiczenia	273
IX. Statyka układów materialnych	274
§ 130. Ogólne warunki równowagi	274
§ 131. Postać i położenie równowagi układu materialnego. Zasada prac przygotowanych	276
§ 132. Przypadek, w którym praca sił wewnętrznych jest równa zeru	279
§ 133. Równowaga ciała sztywnego swobodnego. Dynamiczna równoważność układów sił	280
§ 134. Składanie (redukcja) sił działających na ciało sztywne	281
§ 135. Ciała ciężkie (ważkie)	282
§ 136. Statyka ciała sztywnego nieswobodnego. Stopnie swobody. Równowaga w przestrzeni ciała podpartego lub zawieszonego	283
§ 137. Dwuwymiarowe zagadnienia równowagi ciała sztywnego nieswobodnego	286
§ 138. Przykłady wyznaczania reakcyj podpór w zadaniach płaskich. Belka na dwu podporach	288
§ 139. Równowaga ciała ciężkiego podpartego w trzech lub więcej punktach płaszczyzną poziomą	292
§ 140. Równowaga ciała obracalnego około stałej osi	294

§ 141. Tarcie statyczne (szepne)	297
§ 142. Przykłady równowagi z uwzględnieniem tarcia	299
§ 143. Równowaga ciała osadzonego na przegubie walcowym z uwzględnieniem tarcia	303
§ 144. Tarcie jako para sił. Tarcie wiertne (krętne)	305
§ 145. Tarcie toczne	307
§ 146. Tarcie cięgien	309
§ 147. O równowadze sił w maszynach	312
§ 148. Opory wywołane w maszynach sztywnością cięgien	314
§ 149. Równowaga na równi pochyłej	317
§ 150. Równowaga klina	320
§ 151. Śruba o gwincie płaskim	322
§ 152. Śruba o gwincie ostrym	324
§ 153. Tarcie w kołach zębatych	326
§ 154. Tarcie między ciałami smarowanymi	328
§ 154a. Redukcja pozorna tarcia	329
§ 155. Układy przegubowe prętów. Łańcuchy i kratownice	330
§ 156. Równowaga łańcucha prętów	331
§ 157. Równowaga układu materialnego ciężkiego. Zasada Torricellego	333
§ 158. Krzywa sznurowa	334
§ 159. Przypadek, w którym parabola jest postacią równowagi łańcucha	336
§ 160. Linia łańcuchowa	338
§ 161. Napięcia (siły wewnętrzne) w prętach kratownicy płaskiej. Pierwszy sposób ich wyznaczania	340
§ 162. Wykreślny sposób wyznaczania sił wewnętrznych kratownicy płaskiej	342
§ 163. Plany sił Cremony. Reguła Bowa	343
§ 164. Kratownice izostatyczne różnego rodzaju. Przypadek wyjątkowy	346
§ 165. O kinematycznej teorii kratownicy	348
§ 166. Kratownice płaskie złożone	352
§ 167. Kratownica przestrzenna	354
§ 168. Napięcia w prętach kratownicy przestrzennej	356
§ 169. Redukcja sił wewnętrznych w przekroju poprzecznym pręta (belki)	357
§ 170. Wielobok sznurowy jako wykres, czyli diagram momentów zgięcia belki prostej	359
§ 171. Siły tnące (poprzeczne) i momenty belki prostej przy obciążeniu ciągłym	361
Ćwiczenia	365
X. Kinetyka punktu materialnego w układzie bezwzględny	367
§ 172. Równania różniczkowe ruchu	367
§ 173. Ruch punktu materialnego w jednorodnym polu sił. Ruch pocisku w próżni (rzut ukośny)	368
§ 174. Ruch harmoniczny prosty	372
§ 175. Ruch harmoniczny krzywoliniowy	374
§ 176. Rzut i spadanie pionowe z uwzględnieniem oporu środowiska	375
§ 177. Rzut ukośny z uwzględnieniem oporu powietrza	380
§ 178. Krzywa balistyczna dla oporu $W = av^2$	384
§ 179. Ruch w polu sił centralnych	387
§ 180. Ruch nieswobodny ciężkiego punktu materialnego po okręgu pionowym. Wahnięcia nieskończone małe wahadła matematycznego	391

§ 181. Teoria wahań skończonych wahadła prostego	394
§ 182. Ruch nieswobodny ciężkiego punktu materialnego po powierzchni kuli. Wahadło sferyczne i wahadło stożkowe	396
XI. Kinetyka punktu materialnego w układzie względnym	400
§ 183. Ruch ciężkiego punktu materialnego w pobliżu Ziemi z uwzględnieniem jej obrotu	400
§ 184. Wahadło Foucault	404
§ 185. Ruch punktu materialnego na wirującej prostej	405
XII. Kinetyka układów materialnych	408
§ 186. Zasada ruchu środka masy	408
§ 187. Zasada momentów ilości ruchu (pędów), czyli zasada krętu	410
§ 188. Zasada d'Alemberta	411
§ 189. Ruch ogólny ciała sztywnego swobodnego. Warunki ruchu postępowego	412
§ 190. Obrót ciała sztywnego około osi stałej	413
§ 191. Redukcja sił odśrodkowych w ciele sztywnym obracającym się około osi stałej	416
§ 192. Redukcja stycznych sił d'Alemberta w ciele sztywnym obracającym się około osi stałej	419
§ 193. Reakcje łożysk osi stałej obracającego się ciała sztywnego	423
§ 194. O wielorakim znaczeniu nazwy „siła odśrodkowa“	425
§ 195. Zasada energii	426
§ 196. Ruch ciężkiego walca jedolitego lub kuli po płaszczyźnie pochylej	427
§ 197. Ruch kołowrotu z ciężarami	430
§ 198. Obliczenie krętu ciała sztywnego	432
§ 199. Przypadek, kiedy kręt układu materialnego jest stały. Płaszczyzna niezmienna. Zastosowania	434
§ 200. Obrót ciała sztywnego swobodnego pod wpływem pary sił	436
§ 201. Ruch bezwładnościowy ciała sztywnego dokoła punktu stałego	437
§ 202. Stateczność swobodnych osi obrotu	441
§ 203. Wahadło fizyczne	442
§ 204. Reakcje osi wahadła	444
§ 204a. Zagadnienie napędu korbowego	446
§ 204b. Równanie kinetyczne napędu korbowego i jego zastosowania	448
§ 205. Reakcje wywołane zmianą kierunku nieswobodnej osi obrotu. Działanie girostatyczne	451
§ 206. Działanie girostatyczne w przypadku ogólniejszym. Precesja regularna i pseudoregularna ciężkiego bąka	455
§ 207. Równania ruchu ciała sztywnego około punktu stałego	458
§ 208. Proste przypadki rozwiązań równań Eulera	461
§ 209. Ruch bąka. Teoria precesji regularnej	463
§ 210. Dalszy ciąg teorii bąka symetrycznego	469
§ 211. Teoria precesji pseudoregularnej i nutacji bąka symetrycznego	473
XIII. Kinetyka zespołów ciał sztywnych	479
§ 212. O więzach ograniczających swobodę ciał sztywnych	479
§ 213. Współrzedne i siły uogólnione	480
§ 214. Energia kinetyczna układu materialnego wyrażona przez jego współrzedne uogólnione	483

§ 215. Równania Lagrange'a	484
§ 216. Przykład zastosowania równań Lagrange'a	487
§ 217. Wahadło fizyczne pojedyncze i podwójne	491
§ 218. Drgania swobodne układów materialnych około położenia równowagi stałej	495
§ 219. Drgania wymuszone układów o n stopniach swobody	500
§ 220. Zastosowanie równań Lagrange'a do badania drgań układów o nieskończenie wielu stopniach swobody	501
§ 221. Drgania belki podpartej w obu końcach	503
§ 222. Zasada energii we współrzędnych uogólnionych	507
§ 223. Równania różniczkowe Whittakera	508
§ 224. Możliwości dalszej redukcji liczby równań Lagrange'a-Whittakera	510
Przykład	510
XIV. Zasady wariacyjne dynamiki	515
§ 225. Wiadomości z rachunku wariacyjnego. Brachistochrona	515
§ 226. Tautochrona	522
§ 227. Zasada Hamiltona	524
§ 228. Wywód równań Lagrange'a z zasady Hamiltona	526
§ 229. Zasady najmniejszego działania Maupertuis	528
§ 230. Zasada najmniejszego skrepowania Gaussa albo zasada najprostszego toru Hertza	530
§ 231. Współrzędne cykliczne. Metoda Routha zmniejszenia liczby równań Lagrange'a	532
§ 232. Związki między ruchami ukrytymi a jawnymi. Siły giroskopowe i siły odśrodkowe uogólnione	535
§ 233. Równania kanoniczne Hamiltona	538
§ 234. Uogólnienie zasady Hamiltona. Zasada działania wariacyjnego	540
§ 235. Znaczenie zasady działania wariacyjnego Hamiltona	545
XV. Teoria przyciągania newtonowskiego	547
§ 236. Przyciąganie punktu wewnętrznego	547
§ 237. Potencjał grawitacyjny materii ciągłej	548
§ 238. Potencjał kuli wydrążonej jednorodnej	551
§ 239. Równanie różniczkowe Laplace'a	554
§ 240. Równanie różniczkowe Poissona	555
§ 241. Przyciąganie elipsoidy	556
§ 242. Twierdzenie Poissona	558
§ 243. Twierdzenie Maclaurina-Laplace'a o przyciąganiu dwu elipsoid jednorodnych	561
§ 244. Przyciąganie elipsoidy jednorodnej	562
§ 245. Potencjał elipsoidy	566
§ 246. Przyciąganie sferoidy	569
§ 247. Przyciąganie Ziemi	571
§ 248. Siły przyływowe	576
§ 249. Twierdzenie Gaussa	579
§ 250. Wzory Greena	581
§ 251. Twierdzenie Stokesa	582
§ 252. Potencjał logarytmiczny	585
Skorowidz	587