

SPIS RZECZY TOMU 4-go.

DYNAMIKA UKŁADÓW.

I. Dynamika układu punktów masy.

A. Kinetyka układu punktów masy.

§§	Str
1. Określenie układu punktów masy	1
2. Ilość ruchu układu punktów masy. Określenie	2
3. Pochodna względem czasu ilości ruchu układu punktów masy	3
4. Moment ilości ruchu układu punktów masy	5
5. Energia kinetyczna układu punktów masy	4

B. Równania dynamiczne układu punktów masy.

6. Siły wewnętrzne	5
7. Prawo wzajemnego działania	5
8. Równanie dynamiczne	7
9. Równanie dynamiczne ruchu środka masy układu punktów	7
10. Równania dynamiczne momentów	9
11. Równanie dynamiczne równowagi pracy i energii kinetycznej	11
12. Zastosowanie metody d'Alembert'a do obliczenia równań dynamicznych	13

C. Kinetyka ruchu względnego.

13. Określenie ruchu względnego względem środka masy	15
14. Ilość ruchu względnego danego układu punktów masy	15
15. Moment ilości ruchu względnego	16
16. Energia kinetyczna ruchu względnego	17

D. Równania dynamiczne ruchu względnego.

17. Równanie dynamiczne momentów	18
18. Równanie równowagi pracy względnej i energii kinetycznej ruchu względnej	19
19. Przykład	20
20. Przykład	26

II. Dynamika brył masy.

A. Geometria masy.

21. Moment bezwładności bryły masy względem płaszczyzny .	29
22. Moment bezwładności bryły masy względem osi	30
23. Moment bezwładności bryły masy względem bieguny	30
24. Wymiary momentów bezwładności	31
25. Wzajemna zależność momentów bezwładności	32
26. Momenty odśrodkowe bryły masy	35
27. Momenty bezwładności brył masy względem płaszczyzn wzajemnie równoległych	36
28. Momenty bezwładności brył masy względem osi równoległych .	37
29. Szczególne wartości momentów bezwładności	38
30. Momenty odśrodkowe bryły masy względem płaszczyzn równoległych	39
31. Momenty bezwładności bryły masy względem osi, przecinających się w jednym punkcie	40
32. Elipsoida bezwładności danej bryły masy	43
33. Właściwości momentów bezwładności brył masy	45
34. Punkt bezwładności na danej prostej	46
35. Ogniska bezwładności	49
36. Przykład	52
37. Przykład	53
38. Przykład	53
39. Układy płaskie punktów masy	53
40. Uogólnienie twierdzeń o właściwościach momentów	55

B. Kinetyka brył masy.

41. Ilość ruchu i moment ruchu bryły masy	56
42. Energia kinetyczna bryły masy	64
43. Związek matematyczny pomiędzy wyrazem momentu ilości ruchu, a wyrazem energii kinetycznej	66

C. Równania dynamiczne ruchu brył masy.

44. Równanie dynamiczne	68
45. Związek pomiędzy równaniem dynamicznym momentów i równaniem pracy .	70

D. Obliczenie ruchu obrotowego bryły masy

46. Ruch bryły obracającej się około osi nieruchomej	71
47. Moment sił zewnętrznych równa się zero	72
48. Moment sił zewnętrznych jest wielkością stałą	73
49. Moment sił zewnętrznych jest zmienny	79

SS

Str.

E. Obliczenie ruchu płaskiego brył materalnych.

50. Warunki powstawania ruchu płaskiego brył materalnych	82
51. Równania dynamiczne ruchu płaskiego	83
52. Obliczenie ruchu swobodnego figury materalnej płaskiej, poruszającej się w swej płaszczyźnie, bez udziału sił zewnętrznych lecz z początkową prędkością	84
53. Obliczenie ruchu walca toczącego się	87
54. Obliczenie ruchu toczącego się wahadła	91
55. Obliczenie sił wewnętrznych poruszającej się bryły materalnej	93
56. Obliczenie ruchu początkowego i sił wewnętrznych, jakie występują w bryle, w chwili nagłego wyprowadzenia jej z równowagi	98
57. Obliczenie ruchu początkowego bryły w chwili nagłej zmiany ruchu	99
58. Przykład nagłej zmiany ruchu	101
59. Przyrząd Atwood'a	103
60. Obliczenie ruchu brył układu materalnego	107
61. Obliczenie ruchu układu brył o jednym stopniu swobody	109

F. O uderzeniu się brył materalnych.

62. Siły chwilowe	110
63. Przebieg uderzenia się brył	111
64. Określenie sposobów uderzenia się brył	112
65. Uderzenie się brył proste i środkowe	112
66. Uderzenie się środkowe i proste brył niesprężystych	113
67. Stracona energia kinetyczna	114
68. Uderzenie się środkowe i proste brył sprężystych	116
69. Uderzenie się środkowe i proste brył niezupełnie sprężystych	118
70. Wyznaczenie współczynnika η	119
71. Przykład uderzenia mimośrodkowego prostego	119
72. Przyrząd Robins'a	124
73. Uderzenie środkowe ukośne	126
74. Uderzenie się brył z uwzględnieniem tarcia	129

G. Przykład obliczenia ruchu układu brył o dwóch stopniach swobody.

75. Wahadło podwójne	134
76. Analiza równań ruchu	140
77. Ruch dzwonu	145

H. Ruch bryły materalnej obracającej się około osi nieruchomej.

78. Położenie wektora momentu ilości ruchu bryły, obracającej się około osi nieruchomej, względem bieguna, obranego na tej osi	147
79. Siły odporowe łożysk osi obrotu	149

**I. Ruch kulisty bryły masywnej bez udziału sił zewnętrznych,
lecz z prędkością początkową.**

80. Zadanie	156
81. Oś obrotu stateczne i niestateczne	161
82. Ruch swobodnej bryły masywnej	164

J. Giroskop.

83. Określenia i uwagi ogólne	165
84. Giroskop o jednym stopniu swobody	168
85. Nieścisłość wzorów powyższych	170
86. Giroskop o dwóch stopniach swobody	171
87. Ruchy bezwładności giroskopów	175
88. Giroskop o trzech stopniach swobody	177
89. Stabilizacje wozu na jednej szynie	177
90. Przykład. Ruch bąka	183
91. Dokładne równania dynamiczne ruchu bąka	195
92. Inne równania dynamiczne ruchu bąka	197
93. Ruch precesyjny i nutacyjny	198
94. Siła odporowa punktu podparcia bąka	199
95. Równania dynamiczne Euler'a	201
96. Równania geometryczne Euler'a	203
97. Inny sposób obliczenia równań dynamicznych Euler'a	205

K. Równania Lagrange'a.

98. Równania statyczne	206
99. Równania dynamiczne Lagrange'a	208
100. Przykład	210

L. Podstawy rachunku wektorowego.

101. Rodzaje wektorów	212
102. Spółrzędne wektorowe	214
103. Przyrost i pochodna wektora	215
104. Przyrost i pochodna wektora względem składowej	216
105. Znaczenie iloczynu wektorowego dwóch wektorów	217
106. Iloczyn wielomianów wektorowych	217
107. Pochodna iloczynu wektorowego	219
108. Wyrażenie iloczynu wektorowego dwóch wektorów za pomocą rzutów tych wektorów na oś współrzędnych	220
109. Iloczyn skalarny dwóch wektorów	221
110. Pochodna iloczynu skalarnego	224
111. Iloczyn z trzech wektorów	224

SKOROWIDZ NAZW.

Cyfry rzymskie oznaczają numery tomów;

Cyfry — arabskie paragrafy.

d'Alembert'a metoda III 71 i nast.,
IV 12.

Analiza równań ruchu IV 76.

Bąk IV 90.

Bezwładność I 18, III 1.

Biegun chwilowego obrotu = środek
chwilowego obrotu II 84.

„ momentu I 24, 58.

„ przekształceń I 57.

Błok = krążek I 142.

Bryła = układ sztywny punktów I 81,
IV 44 i nast.

„ swobodna III 33, IV 82.

„ nieswobodna I 50, 120, II 33.

Centrodye = tor ruchomy i nierucho-
my II 40, 48

Charakterystyka danej płaszczyzny
I 68.

Ciążenie powszechne III 31.

Ciężar I 99.

Cremony plan sił I 40, 70.

Czas, miara jego kinetyczna III 61.

„ drgania = okres III 7, 9, 42.

Čzopy I 134 i nast.

Drgania harmoniczne III 7

„ zanikające III 9.

Droga II 2, 9.

Dýnama = skrętnik I 60.

Dynamika III 2 i nast.

Elipsoida bezwładności IV 42.

„ (centralna) środkowa IV 32.

Energia kinetyczna I 100, IV 5, 42, 43.

„ potencjalna I 110.

Funkcya sił I 96, III 20.

Geometrya mas IV 21 i nast.

Giroskopy IV 85.

Guldin'a twierdzenie I 82, 84.

Hamulec I 138.

Herpolodya = tor nieruchomy IV 80

Hodograf II 21.

Iloczyn skalarny IV 109.

„ z trzech wektorów IV 111.

„ wektorowy I 46, II 29.

Ilość ruchu III 21, IV 2 i nast, IV 41.

Impuls = ilość ruchu=także moment
ilości ruchu.

Kąt tarcia I 129.

Kinematyka punktu II 1.

„ brył II 51.

Kinetyka I 35, II 53.

Kinetyczna miara czasu III 61.

„ układ odniesienia III 60

Koń mechaniczny I 93.

„ parowy=koń mechaniczny I 93

Kratownice I 50.

Kręcenie się=ruch kulisty II 45, IV 80.

Krążek I 122.

Krzywa łańcuchowa I 86.

„ prędkości II 5.

Krzywizna II 18.

Lagrange'a równania ruchu IV 99.

Linje łańcuchowe I 86 i nast.

„ śrubowe II 44.

„ sił I 105.

Lin tarcie I 137.

„ sztywność I 142.

Łożyska I 136.

Masa II 1, 2.

Mechanizmy I 132 i nast.

Mnożnik skalarny I 14.

Mnożenie wektorowe II 29, IV. 105 i nast.

Momenty bezwładności IV 21, 33, 41.

„ bezwładności biegunowe IV 23.

„ ilości ruchu III 23 i nast. oraz IV 4, 41, 43.

„ odśrodkowe IV 26.

„ pary sił I 29, 30.

„ siły względem bieguna I 24, 25, 48, 64.

„ — rzuty jego na osi I 44, 46, 47.

„ statyczne I 24, 25, 64.

„ siły wypadkowej I 26, 28, 57.

„ siły względem osi I 42.

Newton III 29.

Nutacja IV, 90, 93.

Obrót II 26.

„ składowy II 59.

„ wypadkowy II 59.

„ ziemi IV 94.

Ognisko bezwładności IV 35.

Okres wahnięcia III 7, 9, 43.

Oś bezwładności IV 22.

„ centralna ruchu II 48.

„ centralna układu sił I 59.

„ chwilowa II 46, 48.

„ główna bezwładności IV 32.

„ momentu I 42.

„ obrotu chwilowego II 45, 46, 48.

Osi samosprężone I 68.

„ sprężone I 68, 69.

Oś swobodna IV 81.

„ skrętu II 48.

„ stateczna IV 81.

„ zerowa I 67.

Para obrotów II 58.

Para sił I 29 i nast., 63.

Perpetuum mobile I 107, 115.

Płaszczyzna (niezmienna) nieruchoma IV 80.

„ pochyła I 131, III 42.

„ zerowa I 67.

Pochodna wektora IV 103.

„ iloczynu wektorowego IV. 107

„ „ skalarnego IV. 110

Podobieństwo przekształceń sił i prędkości kątowych II 62

Polodya IV 80.

Pola sił I 104 i nast.

„ wektorowe I 104.

„ skalarne I 109.

„ zachowawcze I 114.

Powierzchnia nieruchoma II 48.

„ ruchoma II 48.

Potencjał siły I 110, 113.

Praca sił I 89 i nast., 107, IV 11, 18, 45.

„ cząstkowa I 94.

„ mechaniczna I 89 i nast.

„ możliwa (wirtualna, przygotowana, przystosowana) I 120.

„ nadana I 132.

„ stracona I 128.

„ w mechanizmach I 132.

„ wyobrażalna I 116.

„ sił ciężkości I 103.

„ przystosowana=możliwa I 120

Prawa zasadnicze III 12.

Prawo bezwładności I 18, III 1.

„ superpozycji II 49, 51, III 3.

„ wzajemnego działania IV 7.

Precesja IV 90, 93.

Prędkość II, 5, 19, 27.

„ chwilowa II 6.

„ kątowa II 27, 28.

„ składowa II 50.

„ średnia II 7.

„ unosząca II 44.

„ wypadkowa II 50.

„ względna II 49.

Prędkość rzutu II 17.

Promień krzywizny II 18.

Przekształcenie ruchów II 61.

„ układów sił I 51 i nast., 57.

Przemienność dodajników I 5.

„ ruchów III 73.

Przesunięcie przygotowane = przystosowane=możliwe I 20.

Przestrzeń bezwzględna=kinetyczna III 60.

Przykłady i zadania równowagi na płaszczyźnie I 37.

Przykłady i zadania równowagi sił w przestrzeni I 49.

Przykłady i zadania równowagi sił, przyłożonych do bryły nieswobodnej I 50.

Przyrost wektora IV 103.

Przyspieszenie II, 8, 20, 27.

Przyspieszenie, rzut jego II 17.

" Coriolis'a II 74 i nast.

" dośrodkowe normalne II 23.

" kątowe II 27, 48.

" normalne II 23.

" ruchu złożonego II 74.

" styczne II 23.

" unoszące II 48.

Punkt bezwładności IV 34.

" masy III 1.

" zerowy I 67.

Redukcja sił=przekształcenie I 57, II 14.

" ruchów=przekształcenie II 61.

Rodzaje równowagi I 124, 125.

Roskładanie sił I 22, 51 i nast.

" wektorów I 16

Równania dynamiczne Légrange'a IV 99.

" " momentów IV 10.

" ruchu środka masy IV 9.

Równanie równowartości pracy i energii kinetycznej I 100, IV 11, 44.

Równanie dynamiczne ruchu względnego IV 17 i nast.

" dynamiczne IV 44.

" różniczkowe ruchu II 9.

" dynamiczne ruchu III 1, 3, IV 6, 17, 44.

" ruchu punktu II 3, 17.

Równowaga sił działających na jeden punkt I 23.

Równowaga sił działających na bryłę swobodną I 32, 33, 34.

Równowaga bryły nieswobodnej I 50.

" dwóch sił I 35.

" trzech sił I 35.

Równowaga sił na płaszczyźnie I 36.

" " w przestrzeni I 41, 49.

Równowaga sił, działających na bryłę nieswobodną I 50.

" " niestała I 124.

" " obojętna I 124.

" rodzaje I 124.

" stała I 124.

Równoważne=równowarte układy sił I 51, 58, 66.

Równoważne układy sił I 51, 58, 66.

Ruch I 1, II 31

" bryły z ograniczeniami jednostronnymi II 75.

" drgający III 7.

" harmoniczny III, 7, 9, 10, 12.

" izochroniczny III 7.

" rodzaje II 32.

" kulisty II 45, IV 80.

" krzywoliniowy III 14.

" możliwość II 33.

" płaski II 35.

" wypadkowy II 49.

" bryły, ogólny II 46.

" bryły, ciągły II 46, 48.

" prostoliniowy na płaszczyźnie II 36.

" ciągły na płaszczyźnie II 40.

" złożony punktu II 49.

" " bryły II 52.

" harmoniczny bez oporów III 7 i nast.

" " przytłumiony III 9.

" chwilowy II 6.

" jednostajnie zmienny II 8 i nast.

" jednostajny II 4, 22.

" krzywoliniowy punktu II 17

i nast., III 14 i nast.

" swobodny bryły masy, obliczenie IV 82.

" punktu nieswobodnego III 39 i nast., 54 i nast.

" obrotowy punktu II 22, 23, 26, 27.

" bryły I 42 i nast., II 48.

" płaski II 35 i nast.

" początkowy, obliczenie IV 56.

" postępowy II 32, IV 50 i nast.

" prostoliniowy II 2.

" śrubowy II 44.

Ruch toczzenia się II 40, 43.
 „ unoszący II 49.
 Ruch względny III 73 i nast., IV 13 i nast.
 „ punktu zmienny II 5, 23, 24.
 „ złożony II 49.
 Rzut wektora I 10, 16.
 „ przyrostu wektora IV 103.
 „ wektora momentu I 46 i nast.

Sila I 19 i nast., III 1.
 „ bezwładności III 71.
 „ bierna I 20.
 „ ciężkości III 31.
 „ chwilowa III 22.
 „ dośrodkowa III 18.
 „ normalna III 18.
 „ odśrodkowa II 49.
 „ odporowe I 20, 50, 120, III 39 i nast., 54, IV 78.
 „ oporowe I 128, III 37, 38.
 „ składowa I 21.
 „ środkowa III 16, 29, 32, 33.
 „ styczna III 18.
 „ wewnętrzna I 82, IV 6, 7.
 „ wypadkowa I 21.
 „ zewnętrzna I 20.
 „ żywa=energia kinetyczna.

Sil odporowych praca możliwa I 120.

Silę sprzężone I 68.

Składanie sil I 21.

„ wektorów I 3.
 „ prędkości II 50.
 „ przyspieszeń II 74.
 „ momentów I 26.
 „ prędkości kątowych II 54, 55, 58, 59, 60.

„ ruchów postępowych II 53.

Skreć II 48.

Skrećnik I 60.

Spadek potencjału I 112.

Stateczność brył I 85.

Spółczynnik tarcia I 128.

Spółrzędne niezależne IV 98.

„ wektorowe IV 102.
 „ siły I 65.

Sprawność I 132, 133.

Stabilizacja IV 89.

Stateczność równowagi I 124, 125, IV 82.

Statyka I 18 i nast.

Stopnie swobody ruchu II 31.

„ „ w statyce I 50.

„ „ siły I 65.

Stożek tarcia I 129.

Suma wektorów I 4, 5.

Superpozycja ruchów II 49, 51.

Swoboda I 20, II 31, 32, 33.

Środek obrotu II 84.

„ chwilowego obrotu II 35.

„ ciężkości I 143.

„ masy I 73 i nast.

„ sił równoległych I 71 i nast.

„ uderzenia IV 71.

„ wahań IV 49.

Tarcie I 128, 137, II 53.

Toczenie się I 139 II 40, 43.

Tor nieruchomy biegunów II 40, IV 80.

„ ruchomy biegunów II 40, IV 80.

„ względny III 73.

Uderzenie się brył materalnych IV 62 i nast.

Układ brył, równowaga I 44.

„ „ obliczenie ruchu IV 59.

„ punktów materalnych IV 1.

„ „ nieswobodnych i swobodnych I 50, II 31, 33.

„ niezmienny I 31.

„ sił I 51.

Układy sil równoważne I 51, 58, 66.

Wahadlo (fizyczne)=bryłowe pospolite IV 49.

„ kuliste III 56.

„ odśrodkowe III 40.

„ matematyczne płaskie III 42 i nast.

„ sferyczne=kuliste III 56 i nast.

„ stożkowe III 40.

„ toczące się IV 44.

„ podwójne IV 75.

Wektor jednostkowy I 14.

Wektora określenie I 2.

„ rzuty I 10, 16.

„ wzory algebracyjne I 13.

Wektor—znaczenie jego fizyczne I 15.

„ ilości ruchu III 61.

„ momentu ilości ruchu III 23.
IV 41.

„ prędkości kątowej II 28.

Wektorów dodawanie I 3, 5, 10, 11.

„ mnożenie II 24 IV 105, 106,
109, 111.

„ odejmowanie I 6.

Wektorowy iloczyn II 29, IV 105, 106,
109, 111.

Wielobok momentów I 28.

„ prędkości II 50.

„ sił I 21.

„ wektorów I 3.

Wieloboki wzajemne I 70.

Wielościanny sprzężone I 70.

Wir pola sił I 113.

Wóz jednoszynowy IV 89.

Wykres drogi II 5.

„ prędkości II 6.

„ przyspieszenia II 8.

„ wektorowy prędkości II 21.

Wymiar II 16.

„ momentu siły I 24.

„ pracy I 92.

„ prędkości II 16.

„ przyspieszenia II 16.

„ siły I 100.

Zachowanie energii I 115.

Zasada równowartości pracy i ener-
gii kinetycznej III 20, 72, IV 44.

Zasada momentu ilości ruchu III 21.
IV 44.

Zerowa oś,—płaszczyzna, zerowy
punkt I 67.

Zmiana nagła warunków ruchu IV
56 i nast.

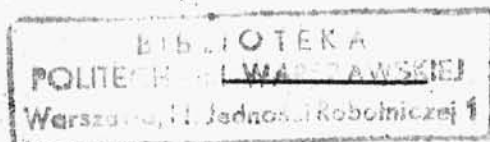


nr 421

WYKAZ DZIEŁ

z których korzystałem częściowo w niniejszej pracy.

- Paul Appel. *Traité de Mécanique rationelle*. Paryż 1909.
- Dr. Aug. Föppl. *Vorlesungen über technische Mechanik*. I, IV-ty i VI sty tom. Lipsk 1901, 1905, 1910.
- Jan Nep. Franke. *Mechanika teoretyczna*. Warszawa 1884.
- Andrew Gray and James Gordon Gray. *A treatise on Dynamics*. Londyn 1911.
- Georg Hamel. *Elementare Mechanik*. Lipsk 1912.
- W. Hofmann. *Bewegung u. Trägheit*. Wiedeń, Lipsk 1904.
- Dr. Wilhelm Hort. *Technische Schwingungslehre*. Berlin 1910.
- Dr. G. Jaumann. *Die Grundlagen der Bewegungslehre*. Lipsk 1905.
- F. Klein u. A. Sommerfeld. *Ueber die Theorie des Kreisels*. Lipsk 1903.
- A. E. H. Love. *Theoretical Mechanics*. Cambridge 1906.
- Maks Lorenz. *Technische Mechanik starrer Systeme*. Monachium 1902.
- Dr. Ernst Mach. *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*. Lipsk 1904.
- Dr. C. Neumann. *Ueber die Principien der Gallilei-Newton'schen Theorie*. Lipsk 1870.
- G. H. Niewęglowski. *Kurs mechaniki rozumowej*. Paryż 1873.
- Dr. Ing. Otto Mohr. *Technische Mechanik*. Zweite Auflage 1914.
- E. J. Routh. *Die Dynamik der Systeme starrer Körper*. Lipsk 1898.
- Dr. Wilhelm Schell. *Theorie der Bewegung und der Kräfte*. Lipsk 1879.
- Ludwik Silberstein. *Krótki zarys Mechaniki w języku wektorów*. 1908.
- Dr. Heinrich Streintz. *Die physikalischen Grundlagen der Mechanik*. Lipsk 1883.
- A. G. Webster. *The Dynamics of particles and of rigid, elastic, and fluid bodies*. Lipsk 1912.
- Dr. P. Volkmann. *Einführung in das Studium der theoretischen Physik insbesondere in das der analytischen Mechanik*. Lipsk 1900.



MP. 421