

MONOGRAFIE MATEMATYCZNE

KOMITET REDAKCYJNY:

S. BANACH, B. KNASTER, K. KURATOWSKI, S. MAZURKIEWICZ,
W. SIERPIŃSKI, H. STEINHAUS ; A. ZYGMUND

TOM VIII

SERIA POLSKA

Amplum

STEFAN BANACH

PROFESOR UNIWERSYTETU JANA KAZIMIERZA WE LWOWIE

MECHANIKA

W ZAKRESIE SZKÓŁ AKADEMICKICH

CZĘŚĆ PIERWSZA

Z SUBWENCJI FUNDUSZU KULTURY NARODOWEJ

JÓZEFA PIŁSUDSKIEGO

WARSZAWA — LWÓW — WILNO 1938

Biblioteka Uniwersytecka w Warszawie



Wszelkie prawa zastrzeżone — All rights reserved by
 "Monografie Matematyczne", Warsaw 1938.



E 34 1938
 PRINTED IN POLAND

DRUKARNIA UNIWERSYTETU JAGIELLONSKIEGO
 POD ZARZĄDEM JÓZEFA FILIPOWSKIEGO

PRZEDMOWA.

Na treść obu części tej książki złożyły się moje wieloletnie wykłady z zakresu mechaniki na Uniwersytecie Jana Kazimierza i Politechnice Lwowskiej.

Ograniczyłem się do mechaniki układu punktów materialnych i ciała sztywnego. Zakres materiału dostosowany jest na ogół do wymagań uniwersyteckich, ze względu jednak na potrzeby studentów politechniki, rozdział VI traktujący o statyce ciała sztywnego został tak opracowany, by mógł być dostępny bez znajomości kinematyki i dynamiki. Można go czytać zaraz po rozdziale I, uzupełnionym kilkoma wiadomościami podług wskazówek zawartych w odnośniku na str. 235. Dostosowując się do zakresu mechaniki na Politechnice, podałem w rozdziale VI również pewne wiadomości z mechaniki technicznej.

Wiadomości matematyczne, konieczne do zrozumienia całości, ograniczają się do początków geometrii analitycznej oraz rachunku różniczkowego i całkowego¹⁾. Inne potrzebne pojęcia i twierdzenia podałem w tekście, aby nie odsyłać czytelnika do dzieł zbyt specjalnych. W szczególności podaję w Dodatku (przy końcu części drugiej) metodę rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych rzędu drugiego o współczynnikach stałych, jako często występujących w mechanice.

Staralem się w książce o możliwie łatwy wykład. Trudniejsze rozważania objaśnione są na wielu przykładach. Zadań do rozwiązywania nie umieszczałem; znajdzie je czytelnik w większości podręczników i w zbiorach zadań, jakie niżej podaję. Nie uważałem też za potrzebne obciążać treści cytowaniem nazwisk autorów poszczególnych twierdzeń lub przykładów, ponieważ materiał objęty tą książką uważam za klasyczny.

¹⁾ Potrzebne wiadomości znaleźć można np. w książce: S. Banach, *Rachunek różniczkowy i całkowity*, 2 tomy, Lwów 1929.

Szczegółowe wskazówki bibliograficzne znajdzie czytelnik w odpowiednich artykułach tomu IV *Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften* (Teubner, Leipzig 1901-1935) oraz w tomie V dzieła *Handbuch der Physik* (Berlin 1927), a dane historyczne i uwagi krytyczne w dziele E. Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung* (9 Aufl., Leipzig 1933). Tutaj ograniczam się do podania z piśmiennictwa kilkunastu ważniejszych dzieł, mianowicie:

w języku polskim:

H. Czopowski, *Mechanika teoretyczna*, t. I-IV, wyd. 2, Warszawa 1921-22,

W. Pogorzelski, *Zarys teorii wektorów*, Lwów-Warszawa 1925,

A. Przeborski, *Wykłady mechaniki teoretycznej*, t. I, Warszawa 1930, t. II, Warszawa 1935,

E. J. Routh, *Statyka teoretyczna* (przekład z angielskiego), Warszawa 1916,

Z. Straszewicz, *Nauka o ruchu*, wyd. 2, Kraków-Lwów-Warszawa 1923,

S. Zaremba, *Zarys Mechaniki teoretycznej*, t. I, Kraków 1933;

w językach obcych:

P. Appell, *Traité de mécanique rationnelle*, vol. I, 5-ème éd., Paris 1926, vol. II, 4-ème éd., Paris 1931,

— et G. Dautheville, *Précis de mécanique rationnelle*, 5-ème éd., Paris, 1934,

A. Föppl, *Vorlesungen über technische Mechanik*, Bd. I, II, IV, VI, 4-8 Aufl., Leipzig 1921-1933,

G. Hamel, *Elementare Mechanik*, Leipzig 1912,

T. Levi-Civita e U. Amaldi, *Lezioni di meccanica razionale*, vol. I, Bologna 1922, vol. II, Bologna 1927,

A. E. H. Love, *Theoretical Mechanics*, 2nd ed., Cambridge 1921,

— *Theoretische Mechanik* (przekład niemiecki), Berlin 1920,

J. Nielsen, *Elementare Mechanik*, Berlin 1935,

Ch. de la Vallée-Poussin, *Leçons de mécanique analytique*, vol. I, 2-ème éd., Paris 1926,

E. J. Routh, *An elementary treatise on the dynamics of a system of rigid bodies*, 3rd ed., London 1877,

Cl. Schäfer, *Einführung in die theoretische Physik*, 3. Aufl., I. Bd., Berlin-Leipzig 1928,

— *Die Prinzipie der Mechanik*, Berlin-Leipzig 1919,

A. G. Webster, *The dynamics of particles and of rigid, elastic, and fluid bodies*, 3-rd ed., Leipzig 1925,

E. T. Whittaker, *A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies*, 3-rd ed., Cambridge 1927 (w przekładzie niemieckim, Berlin 1924);

zbiory zadań:

J. Sianożęcki-Wojnicz, *Zbiór zadań z mechaniki teoretycznej*, Warszawa 1916,

A. Wundheiler, *Zadania z mechaniki teoretycznej*, Warszawa 1937,

F. Wittenbauer, *Aufgaben aus der technischen Mechanik*,

6. Aufl., I. Bd., Berlin 1929.

Miło mi jest podziękować p. Docentowi Drowi Bronisławowi Knasterowi za wydatną pomoc przy wydaniu tej książki, p. Drowi Edwardowi Otto za wykonanie rysunków i p. Profesorowi Drowi Antoniemu Zygmundowi za pomoc w korekcie.

Stefan Banach.

Lwów, w styczniu 1938.

ERRATA.

stronica, wiersz:	jest:	ma być:
20 ⁸	wziętej	wzięty
89 ₉	mimośród	mimośród liniowy
93 ₁₃	V	v
„	2π/T	2π/T
103 ⁸	cos a	cos α
150 ¹⁵	1,3 m a 1,7 m	1,3 mm a 1,7 mm
„	ω=1,8 cm	ω=1,8 mm
163 ⁸	yz	ωz
165 ¹⁴	y=± a	y=± α
169 ₁₄	D _{xy}	D _z
173 ¹	statyczne bezwładności	statyczne i bezwładności
272 ₂	-R _{1y} d cos α	-R _{1y} l cos α
272 ₁	-R _{1y} d	-R _{1y} l
292 ¹⁷	(rys. 1) (rys. 2)	(rys. 2) (rys. 1)
305 ₁₁	A ₁ A ₂	A ₀ A ₁
359 ₄	r × ω̇	r̄ × ω̇
405 ²	str. 396	str. 403 (por. str. 396)
461 ¹⁴	(4)	(3)
523 ₄	$\int_{t_1}^{t_0}$	$\int_{t_0}^{t_1}$

ROZDZIAŁ I

TEORIA WEKTORÓW

I. Działania na wektorach

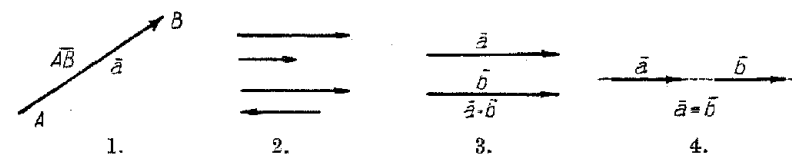
§ 1. Określenia wstępne. Wielkości, które możemy określić przy pomocy jednej liczby rzeczywistej, nazywamy *skalarami*. Skalarem jest więc masa, praca, energia kinetyczna i t. p.

Wektorem nazywamy odcinek, w którym wyróżniony jest początek i koniec. Do wektorów zaliczamy punkty i nazywamy je *wektorami zerowymi*.

Wielkości takie jak np. prędkość, przyspieszenie, siła, możemy przedstawić przy pomocy wektorów. Wektor oznaczamy bądź jedną literą z kreską u góry np. \vec{a} , bądź symbolem \overline{AB} , gdzie A oznacza początek, zaś B koniec (rys. 1). Na rysunku koniec wektora zaznaczamy strzałką. Początek wektora nazywamy także *punktem zaczepienia*.

Długością lub *wartością bezwzględną* wektora \overline{AB} nazywamy długość odcinka AB i oznaczamy ją przez $|\overline{AB}|$.

Dwa wektory mające ten sam kierunek (t. zn. równoległe) mogą mieć *zwroty* zgodne lub przeciwne (rys. 2).



Wektory \vec{a} i \vec{b} mające równe długości, kierunki i zwroty nazywamy *równymi* (rys. 3), pisząc

$$\vec{a} = \vec{b}.$$

Dwa wektory mające równe długości i kierunki, lecz zwroty przeciwne, nazywamy *przeciwnymi*. Wektor przeciwny do \vec{a} oznaczamy przez $-\vec{a}$ (p. str. 4, rys. 3).

„MONOGRAFIE MATEMATYCZNE”
wydawane są w językach polskim i obcych jako odrębne
tomy, liczące po 150 do 350 stron i 8^o, nie oprawne.

Ukazały się:

- Tom I. S. Banach, Théorie des opérations linéaires,
(1932) str. VIII+256 zł. 16,--
Tom II. S. Saks, Théorie de l'intégrale,
(1933) str. X+292 wyczerpane
Tom III. C. Kuratowski, Topologie I,
(1933) str. X+288 zł. 25,--
Tom IV. W. Sierpiński, Hypothèse du continu,
(1934) str. VI+194, (na wyczerpaniu) zł. 18,50
Tom V. A. Zygmund, Trigonometrical Series,
(1935) str. IV+332 zł. 25,--
Tom VI. S. Kaczmarz und H. Steinhaus, Theorie der
Orthogonalreihen, (1935) str. VI+300 zł. 25,--
Tom VII. S. Saks, Theory of the Integral,
(1937) str. VIII+348 zł. 25,--
Tom VIII. S. Banach, Mechanika (część pierwsza),
(1938) str. VI+254 zł. 9,50
Tom IX. S. Banach, Mechanika (część druga),
(1938) str. 235 do 556 zł. 8,50

Na ukończeniu:

- Tom X. S. Saks i A. Zygmund, Funkcje analityczne.

W przygotowaniu (wśród innych):

- S. Banach, Théorie générale des opérations.
C. Kuratowski, Topologie II.
S. Mazur, Allgemeine Limitierungstheorie.
J. Schauder, Partielle Differentialgleichungen vom elliptischen Typus.
W. Sierpiński, Axiom of Choice and Continuum Hypothesis.

Przy zamówieniach skierowanych wprost pod adresem

„MONOGRAFIE MATEMATYCZNE”
SEMINAR. MATEMAT. UNIWERS.

Oczki 3, WARSZAWA

i równoczesnym wpłaceniu należności do P. K. O. na konto
N^o 45.177, Prof. K. Kuratowski „Monografie Matematyczne”, Warszawa,
koszta przesyłki ponosi wydawnictwo.

Dla członków Polskiego Towarzystwa Matematycznego cena każdego
tomu polskiego zł. 7, obcojęzycznego zł. 15 (w ratach mies. po zł. 5).

MONOGRAFIE MATEMATYCZNE

KOMITET REDAKCYJNY:

S. BANACH, B. KNASTER, K. KURATOWSKI, S. MAZURKIEWICZ,
W. SIERPIŃSKI, H. STEINHAUS ; A. ZYGMUND

TOM IX

SERIA POLSKA

STEFAN BANACH

PROFESOR UNIWERSYTETU JANA KAZIMIERZA WE LWOWIE

MECHANIKA

W ZAKRESIE SZKÓŁ AKADEMICKICH

CZĘŚĆ DRUGA

Z SUBWENCJI FUNDUSZU KULTURY NARODOWEJ

JÓZEFA PIŁSUDSKIEGO

WARSZAWA — LWÓW — WILNO 1938

*02338

Wszelkie prawa zastrzeżone — All rights reserved by
"Monografie Matematyczne", Warsaw 1938.



F 31 II 1938

PRINTED IN POLAND

DRUKARNIA UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO
POD ZARZĄDEM JÓZEFA FILIPOWSKIEGO

ROZDZIAŁ VI ¹⁾

STATYKA CIAŁA SZTYWNEGO

I. Ciało swobodne

§ 1. Ciało sztywne. Ciało materialne, które mimo działania sił nie doznaje żadnych odkształceń (t.j. w którym odległości wzajemne punktów ciała nie ulegają zmianie), nazywamy *ciałem sztywnym*.

Ciał sztywnych w przyrodzie nie spotykamy, ponieważ każde ciało mniej lub więcej odkształca się pod wpływem działania sił. Jeżeli jednak jakieś ciało doznaje niewielkich tylko odkształceń pod wpływem sił nie przekraczających pewnej granicy, możemy za model takiego ciała przyjąć ciało sztywne i wnioski, jakie wyprowadzimy, będą w przybliżeniu zgadzały się z doświadczeniem (o ile siły są nieduże). Stąd pochodzi wielkie znaczenie teorii ciała sztywnego dla zastosowań praktycznych.

Zajmiemy się po kolei statyką, kinematyką i dynamiką ciała sztywnego.

Oprócz brył materialnych sztywnych spotkamy się w teorii ciała sztywnego z powierzchniami i liniami materialnymi sztywnymi (str. 171) jako modelami ciał, w których jeden lub dwa wymiary są małe w porównaniu z pozostałymi. Przykładami ciał takich są płyty, pręty, druty i t. p.

Układy sztywne punktów materialnych. Często okazuje się korzystnym uważać ciało sztywne za zbiór (układ) wielkiej liczby punktów materialnych. Zakładamy wówczas, że punkty materialne działają na siebie z pewnymi siłami, które sprawiają, że układ punktów jest sztywny, t. j. że wzajemne odległości jego punktów nie ulegają zmianie. Siły te nazywamy *siłami wewnętrznymi*.

¹⁾ Do zrozumienia tego rozdziału wystarczają wiadomości zawarte w rozdziałach I i III (od str. 70 do 76) oraz twierdzenia o środku ciężkości z rozdziału IV, zawarte w §§ 1, 2, 6, 7 i 8.

SKOROWIDZ NAZW

Liczby oznaczają strony.

Absolutny p. *Bezwzględny*.
Akceji i reakcji prawo 74.
Alembert p. *D'Alembert*.
Amplituda 112.
Anholonomiczny układ 472.
Anomalia mimośrodowa 92, praw-
 dziwa 92, średnia 93.
Atwooda maszyna 197, 376, (495).
B
Bineta wzór 88.
Bezwzględna prędkość 56, siła 137,
 wartość siły 71, — wektora 1, -e przy-
 spieszenie 59, -y czas 70, ruch 33, 70.
Bezładności elipsoida 166, moment 159,
 osie 166, prawo 73, ramie 160, siła 74.
Biegun wieloboku sił 254.
Brzęne położenie układu 422.
C
Całkowita energia 107, 220, masa 154,
 praca 211.
Cardana zawieszenie 414.
Centralny p. *Środkowy*.
Centymetr 75.
Cgs układ 75.
Charakterystyczne równanie 541.
Chasle'a twierdzenie 318.
Chropowata powierzchnia 368.
Chwila początkowa 32, 80, zwrotu 116.
Chwilowa prędkość ruchu postępowego
 325, — kątowna 325, -y ruch 325, — obro-
 towy (około punktu) 332, — postępowy
 325, — płaski 326, — przestrzenny 334,
 — śrubowy czyli skręt 335.
Ciało gładkie 263, jednorodne 170, nie-
 swobodne 261, płasko prowadzone
 276, (315), swobodne 235, sztywne 235.
Ciągłość funkcji wektorowej 14.
Ciążenia czyli grawitacji prawo 90, sta-
 ła 90, pole Newtonowskie 103.
Cieżar czyli siła ciężkości 75, (81),
 — ciała 244.
Cisnienie 263.
Coriolisa przyspieszenie 61, siła 137.
Culmanna metoda 304.
Cremony plan sił 302, odwrotny 303.
Cykliczna współrzędna 494.
Cykloida 44.
Czas 32, bezwzględny 70.

D
D'Alemberta zasada 74, (192, 365, 479).
Decymalna p. *Dziesiętna*.
Deviacja p. *Zboczenie*.
Diagram p. *Wykres*.
Dirichleta twierdzenie 121.
Długość wektora 1, wahadła zreduko-
 wana 378.
Doskonałe chropowata powierzchnia 368.
Drgający czyli harmoniczny ruch płaski
 114, prosty 112, tłumiony 115, wymu-
 szony 118.
Dwustronne p. *Obustronne*.
Dyna 75.
Dynamiczny sposób mierzenia sił 76,
 współczynnik tarcia 368.
Dynamometr 76.
Działająca siła 261, 438.
Działania na siłach 72, najmniejszego
 zasada 537.
Dzielenie wektora przez liczbę 5.
Dziesiętna waga 297.
Dźwignia 278.
E
Elementarne przekształcenia 29.
Elipsoida bezwładności 166, — środko-
 wa 166.
Energia całkowita punktu 107, — ukła-
 du 220, kinetyczna punktu 106, —
 układu 218, — ciała 364, potencjalna
 punktu 106, — układu 220.
Eulera kąty 355, równania 399, twier-
 dzenie 1 314, 11 316.
F
Fizyczne jednostki cgs 75, wahadło 377.
Forecałka giroskop 414, wahadło 150.
Funkcja Hamiltona 505, sił czyli po-
 tencjał 99, 214, wektorowa 13, -e nie-
 zależne 423.
G
Geodetyczna linia 529.
Gęstość 170, liniowa 172, powierzchnio-
 wa 171, w punkcie 170.
Giroskop Foucaulta 414.
Gładka krzywa 124, powierzchnia 124,
 (368), -i przegub 293, -ie ciało 263.
Główna prosta normalna 42.
Grafostatyka 253.
Gram 75.

Granica funkcji wektorowej 13.
Grawitacji (czyli *ciężenia*) powazoidalnej
 prawo 90, — pole Newtonowskie 103,
 — stała 90.
Guldina reguła pierwsza 177, druga 178.
Gwiazdy podwójne 227.
H
Hamiltona funkcja 505, równania ka-
 noniczne 505, zasada 522.
Hamująca p. *Tłumiąca*.
Harmoniczny p. *Drgający*.
Hipotezy równowagi sił 239.
Hodograf 39.
Holonomiczne więzy 421, 422, -y układ
 422, 470.
Höldera przekształcenie 535.
I
Iloczyn skalarowy 7, wektora przez
 liczbę 4, wektorowy 9.
Ilość ruchu czyli *ped* 73.
Impuls uogólniony 504.
Inercyjny układ odniesienia 70.
J
Jednorodne ciało 170, równanie 541.
Jednostajny ruch 42, (— prostoliniowy
 38), -ie przyspieszony ruch 43.
Jednostki cgs 75, techniczne 76.
Jednostkowe wektory 7.
Jednostronne więzy 422.
Jolly'ego waga 91.
Joule 97.
K
Kanoniczne równania Hamiltona 505.
Kąt obrotu 311, -y Eulera 355.
Kątowa prędkość 45, (322), — chwi-
 lowa 62, (325), -e przyspieszenie 45.
Keplera prawa 89, (227), równanie 93.
Kierowniczka płaszczyzna 276, (315).
Kierunek siły 71, wektora 1.
Kilogram masy 75, siły 76.
Kilogramometr 97.
Kinematyczna metoda 449.
Kinetyczna energia (ciała) 364, (punktu)
 106, (układu) 218, -y potencjał 493.
Konserwatywne czyli *zachowawcze* p.
Potencjalne.
Königa twierdzenie 218, (364).
Kratownica 298, statycznie wyznaczalna
 301.
Kręt układu 202, 204, — ciała 362, (394).
Krzywa gładka 124, Lissajous 120, łań-
 cuchowa 308.
Kulisty punkt 166.
L
Lagrange'a mnożniki 451, równania
 (pierwszego rodzaju) 486, (drugiego
 rodzaju) 492, 494, współrzędne uogól-
 nione 456.
Lewoskrętny układ współrzędnych 2.
Liczba stopni swobody 423, (456, 471).
Lina czyli *sznur* 306.

Linia geodetyczna 529, materialna 171,
 sił 97, środków chwilowych 340,
 śrubowa 56, 338, węzłów 355.
Liniowa gęstość 172, -y układ (punktów
 materialnych) 157.
Lissajous krzywe 120.
Ł
Łańcuch 305, -owa krzywa 308.
Łożysko sztywne 281.
Łukowa współrzędna 34.
M
Masa 71, całkowita 154, punktu 72,
 ziemi 91, zmienna 231, zredukowana
 160.
Maszyna Atwooda 197, 376, (495).
Materialna linia 171, powierzchnia 171,
 -y punkt 72.
Maupertuis zasada 537.
Maximum właściwe 121.
Metoda Culmanna 304, kinematyczna
 449, mnożników Lagrange'a 450, Rit-
 tera 304.
Mierzenie sił statyczne 76, dynamiczne
 76.
Mimośrodowa anomalia 92.
Mnożniki Lagrange'a 451.
Moment bezwładności ogólny 159, ilości
 ruchu czyli *pedu* (kręt) 85, 202, siły
 (względem osi) 237, (względem punk-
 tu) 236, 238, skracający 238, sta-
 tyczny bryły, linii, powierzchni 174,
 — ciała 173, — punktu 153, — układu
 154, stopnia drugiego 160, — pierwsze-
 go 154, wektora (względem punktu) 15,
 (względem prostej) 18, układu wektó-
 rów (ogólny) 19, zboczenia (ogólny)
 159, (względem osi) 169, zginający
 238.
Możliwa prędkość 424, -e przesunięcie
 424, 427, -y ruch 518, układ prędkości
 427.
N
Nadliczbowy pręt kratownicy 298.
Najmniejszego działania zasada czyli za-
 sada Maupertuis 537.
Napięcie 288, 292, — nici 194, 264.
Nateżenie pola 97.
Naturalne współrzędne 456.
Newtona pole grawitacyjne 103, prawa
 72, 73, 74, równania ruchu (79), 80,
 190.
Nieosiągnięta prędkość 424, -e przesun-
 ięcie 424, 427, -y układ prędkości 427.
Nieodwracalne przesunięcie 434.
Nieskończenie małe 511.
Niestala równowaga 121.
Nieswobodne ciało sztywne 261, -y punkt
 materialny 123, układ 193.
Niewyznaczalność statyczna 281.
Niezależne funkcje 423, parametry 456.
Niezmienna płaszczyzna 228.

Normalna prosta główna 42, reakcja 123, 263, 367, -e przyspieszenie 40, -y ciąg podziałów 95.

Obrot chwilowy 62, 325, 326, 332, 334, około osi 311, 322, — ciała (pod działaniem sił) 375, około punktu 313, 316, — ciała (pod działaniem sił) 401, 408.

Obrotowy ruch ciała 322.

Obustronne więzy 421.

Oddziaływanie p. Reakcja.

Odstęłość rzutu 83.

Odniesienia układ 32, 53.

Odpychanie 74.

Odsrodkowa czyli *unoszenia* siła 137, złożona czyli *Coriolisa* siła 137.

Odwraćalne przesunięcie 429.

Odwrotny plan sił 303.

Ogniw łańcucha 305.

Okres ruchu harmonicznego prostego 112, — tłumionego 117.

Oś bezwładności 166, obrotu 311, — chwilowego 62, 325, pola 104, skrętu 320, — chwilowego 336, środkowa układu wektorów 27, — obrotu chwilowego 336.

Para wektorów 23, zerowa (sił) 241, **Parametr** układu (wektorów) 21, (punktów materialnych) 456, -y niezależne 456.

Periodyczny p. *Ruch* okresowy.

Perturbacja p. *Zaburzenie*.

Pęd czyli *ilość ruchu* 73, ciała 361, ogólny układu 198.

Plan sił Cremony 302, odwrotny 303, prędkości (przesunięcie przygotowanych) 449.

Plaska kratownica 298, -i ruch 276, 313, 326, układ (punktów) 157, (sił) 242, (wektorów) 21, -o prowadzono ciało 276, 315.

Plaszczyna kierownicza 276, (315), niezmienna 228, ściśle styczna 42, środkowa 166, symetrii układu punktów 158.

Pochodna wektora 14, krętu (układu) 205, (ciała) 397.

Początek ruchu 34, — czyli *punkt zaczepienia* (siły) 71, 236, (wektora) 1.

Początkowa chwila 32, 80.

Podpora 263.

Podwójne gwiazdy 227.

Pole grawitacyjne ziemskie 78, — Newtonowskie 103, osiowe 104, potencjalne czyli zachowawcze 98, 214, stałe 102, sił 78, 214, środkowe 102.

Polowa prędkość 48.

Połączenie przegubowe 292.

Polożenie brzeżne układu 422, wektora 2.

Porównawczy ruch 511, 519.

Postępowy ruch (ciała) 320, — chwilowy 325.

Potencjalna energia (punktu) 106, (układu) 220, — powierzchnia 101, -e czyli zachowawcze pole 98, 214.

Potencjał czyli funkcja sił 99, 214, kinetyczny 493, sił wewnętrznych 215, siły ciężkości 102, 215, układu sił 214, uogólniony 493.

Powierzchnia doskonale chropowata 368, gładka 124, (368), materialna 171, osi środkowych 340, potencjalna 101.

Powierzchniowa gęstość 171.

Praca całkowita 211, przygotowana 436, siły 93, 95, równa zoru 94, 212, przy toczeniu 214, tarcia 368, względna 140, 221.

Prawdziwa anomalia 92.

Prawo akcji i reakcji 74, grawitacji powszechnej czyli ciężenia 90, ruchu planet Keplera 89, ruchu Newtona 72, bezwładności 73, akcji i reakcji 74, składania i rozkładania sił 240, składania przesunięć 311.

Prawoskrętny układ współrzędnych 2.

Precesja regularna 350, 357.

Prędkość 35, bezwzględna 56, kątowna 45, (322), chwilowa kątowna (62), 325, ruchu postępowego 321, — chwilowa 325, możliwa czyli zgodna z więzami 424, 427, połowa 48, ruchu średnia 35, unoszenia 56, (335), względna 56.

Pręty nadliczbowe 298, przegubowo połączone 292.

Promień wodzący 46.

Prosta normalna główna 42, symetrii układu punktów 158.

Prostopadłe wektory 9.

Prosty ruch harmoniczny czyli drgający 112.

Przeciwnie wektory 1.

Przegub 292, gładki 293.

Przekształcenia elementarne 29, Höldera 535.

Przeźrzenna kratownica 298, -y ruch ciała 332.

Przesunięcie punktu 34, ciała 310, możliwe (punktu) 424, (układu) 427, odwraćalne 429, przygotowane (punktu) 425, (473, 474), (układu) 427, 429, (473, 475), równoległe czyli translacja 310.

Przyciąganie 74.

Przygotowana praca 436, -e przesunięcie 425, 427, 429, (473, 474, 475).

Przyspieszenie 36, bezwzględne 59, Coriolisa 61, kątowne 45, normalne 40, punktów ciała 357, styczne 40, unoszenia 59, względne 59, ziemskie 75.

Punkt kulisty 166, materialny 72, — nieswobodny 123, — swobodny 123, zaczepienia (wektora) 1, (siły) 71, zwrotu 116.

Radialna składowa 47.

Rakieta 232.

Ramię bezwładności 160, — siły 237. **Reakcja** 123, (193), 261, 438, normalna 123, 263, 367, styczna czyli tarcie 123, 263, 271, 367.

Redukcja układu (wektorów) 24, (sił) 241.

Regularna precesja 350, 357.

Reguła Gulдина pierwsza 177, druga 178.

Reonomiczny układ 471.

Rittera metoda 304.

Rozciąganie 288, 292.

Rozkład wektora 6.

Równania charakterystyczne 541, Eulera 399, kanoniczne Hamiltona 505, jednorodne 541, Keplera 93, Lagrange'a pierwszego rodzaju 486, — drugiego rodzaju 492, — w polu potencjalnym 494, ruchu Newtona (79), 80, 190.

Równoległe przesunięcie 310, -y układ (wektorów) 21, (sił) 242.

Równowaga 74, niestała 121, stała 121, (134), względna 142, — sił (74), 238, (248), 438, 479.

Równoważności pracy i energii kinetycznej zasada 106, 219, 483.

Równoważne wektory 2, układy 22, — zera 23,

Różnica wektorów 4.

Ruch bezwzględny 33, 70, chwilowy 325, — obrotowy, postępowy 325, — przestrzenny 332, — względny 348, — śrubowy 335, harmoniczny czyli drgający płaski 114, — prosty 112, — tłumiony 115, — wymuszony 118, jednostajnie przyspieszony 43, jednostajny (38), 42, możliwy 518, — obrotowy 322, okresowy czyli periodyczny 112, planet 89, płaski 276, 313, porównawczy 511, 519, postępowy (138), 320, rzeczywisty 518, środkowy 86, śrubowy 55, 335, wypadkowy 58, 343, względem ziemi 146, względny 65, 348, zgodny z więzami 518, złożony 58.

Ruchoma linia środków chwilowych 340, powierzchnia osi środkowych 340, -y stożek osi chwilowych 340.

Rzeczywisty ruch 518.

Rzut wektora 2, 7.

Sekunda 75.

Siła 71, bezwładności 74, bezwzględna 137, ciężkości 75, Coriolisa czyli odśrodkowa złożona 137, działająca 261, 438, hamująca czyli tłumiąca 115, sprężysta 111, ściągająca czyli zginająca 288, unoszenia czyli odsrodkowa 137, uogólniona 460, wewnętrzna 191,

235, 288, 290, względna 137, zaburzająca 229, zerowa 71, zewnętrzna 191, 236, 290.

Skalar 1, -owy iloczyn 7.

Skleronomiczny układ 422.

Składania i rozkładania sił prawo 240, przesunięcie prawo 311, -e ruchów 58, 346.

Składowa normalna 123, 263, radialna 47, ściągająca 288, siły uogólnionej 460, styczna czyli tarcie 123, 263, transwersalna 47, zginająca 288.

Skok śruby 338.

Skręcający moment 288.

Skręt ciała 319, — chwilowy 335.

Skrętnik 27.

Sprężysta siła 111.

Stala ciężenia 90, linia (środków chwilowych) 340, powierzchnia osi środkowych 340, równowaga 121, (134), -e pole potencjalne 102, -y stożek osi chwilowych 340.

Stacyczna wyznaczalność kratownicy 301, zadania 281, -y moment (ciała) 173, (figur geometrycznych) 174, (punktu) 153, (układu) 154, współczynnik tarcia 271, sposób mierzenia sił 76.

Stopień swobody 423, (471).

Stożek tarcia 271, osi chwilowych 340.

Styczna ściśle płaszczynna 43, składowa reakcja czyli tarcie 123, 263, -e przyspieszenie 40.

Suma wektorów 3, układ wektorów 19.

Swobodne ciało sztywne 235, -y punkt materialny 123, układ 190.

Sznur 306, -owy wielobok 255.

Sztuczne ciało 235, -y układ 194.

Szyjne łożysko 281.

Ścinająca czyli *zginająca* siła 288.

Ściskanie 288, 292.

Ściśle styczna płaszczynna 42.

Ślizganie 339.

Średnia anomalia 93, prędkość 35.

Środek ciśnienia 264, (284), masy czyli środek ciężkości 154, 174, obrotu chwilowego 327, pola 86, przyspieszeń 358, sił 242, symetrii 158, redukcji 24, ruchu 86, uderzeń 386, układu wektorów 21, 28, wahań 378.

Środkowa elipsoida bezwładności 166, os 27, — bezwładności 166, — obrotu chwilowego 336, płaszczynna 166, -e pole 86, — potencjalne 102, -y czyli centralny ruch 86, układ wektorów 21.

Śruba 446.

Śrubowa linia 55, 338, -y ruch 55, 338, — chwilowy 335.

Tarcie 123, 263, 271, 367, 440.
Techniczny układ jednostek 76.
Teoria perturbacji (228).
Tumiąca czyli hamująca siła 115.
Tumiony ruch harmoniczny 115.
Toczenie 214, 339.
Tor 34.
Trajektorja 34.
Translacja p. **Przesunięcie**.
Transwersalna składowa 47.
Twierdzenie Chasle'a 318, Dirichleta 121, Eulera I 314, II 316, Königa 218, 364, o redukcji 24, 346.
Uderzeń środek 386.
Układ jednostek (fizyczny *cgs*) 75, (techniczny) 76, odniesienia 32, 53, inercjalny 70, par (sił) 244, prędkości możliwych 427, punktów materialnych 154, (190). — anholonomiczny 472, — holonomiczny 422, 470, — liniowy 157, — płaski 157, — nieswobodny 193, — reonomiczny 471, — skleronomiczny 422, 470, — swobodny 190, — symetryczny 158, — sztywny 194, sił (płaski) 242, (równoległy) 242, (równoważny zern) 248, wektorów 2, 19, — centralny czyli środkowy 21, — płaski 21, — równoległy 21, — równoważny 22, — zern 23, współrzędnych (prawoskrętny) 2, (leuoskrętny) 2.
Unoszenia prędkość 56, przyspieszenie 59, siła 137.
Uogólnione współrzędne Lagrange'a 456, siły 460, *-y* impuls 504, potencjał 493.
Waga 279, dziesiętna 297, Jolly'ego 91.
Wahadło matematyczne 131, fizyczne 377, Foucaulta 150.
Wariacja bez wariacji czasu 511, 515, — całki 512, 516, — funkcji 511, 515, — funkcji złożonej 514, — pochodnej 513, zmiennej niezależnej 511, — zależnej 511, czasu 531, z wariacją czasu (funkcji) 531, 533, (całki) 534.
Wariacyjne zasady (całkowe) 519.
Wartość bezwzględna (wektora) 1, siły czyli wielkość siły 71.
Warunki prostopadłości (wektorów) 9, równowagi (sił) 133, 248, 367, 439, 479, (momentów) 250, (rzutów) 250.
Wektor 1, jednostkowy 7, prędkości 35, — katowej 46, (322), — średniej 35, przesunięcia 34, 310, przyspieszenia 36, wypadkowy 25, zerowy 1.
Wektorowa funkcja 13.
Wewnętrzne siły 191, 235, 288, 290.
Węzeł kratownicy 298.
Wielkość siły 71.

Wielobok sił 254, sznurowy 255, zamykający się 256.
Wieży 123, (193), 261, holonomiczne 421, 470, — jednostronne 422, — niezależne od czasu 421, 422, 470, — obustronne 421, w postaci skończonej 422, 471, zależne od czasu 471.
Wiotka lina 306.
Wirtualny p. **Przygotowany**.
Wodzący promień 46.
Współczynnik tarcia dynamiczny 368, — statyczny 271.
Współrzędne cykliczne 494, łukowe 34, naturalne 456, wektora 2, uogólnione Lagrange'a 456.
Wykres ruchu 34.
Wymiar energii 107, potencjału 99, pracy 97, stałych 52, wielkości kinematycznych 50, — dynamicznych 77.
Wymuszony ruch harmoniczny 118.
Wypadkowa sił ciężkości czyli ciężar 244, układu wektorów 25, *-y* ruch 58, 343.
Wyznaczalność statyczna (kratownicy) 301, (zadań) 281.
Względna prędkość 56, — katowa 68, praca 140, równowaga 142, sił 137, — *e* przyspieszenie 59, *-y* ruch 65, — chwilowy 348.
Wzór Bineta 88.
Zaburzająca siła 229.
Zaburzeń teoria 228.
Zachowawcze pole 98, 214.
Zacznianie 273.
Zaczeplenia punkt 71.
Zagadnienie 2 ciał (109), 225, *n* ciał 228, statycznie niewyznaczalne 281.
Zasada d'Alemberta 74, (192, 365, 479), Hamiltona 522, krętu 206, 366, Maupertuis czyli najmniejszego działania 537, prac przygotowanych 430, równowartości pracy i energii kinetycznej 106, 219, 366, 483, zachowania energii (całkowitej) 107, 220, (kinetycznej) 106, 220, — krętu 206, (366), — pędu 200, — pól czyli momentu ilości ruchu 86, 206, *-y* wariacyjne (całkowe) 519.
Zawieszenie Cardana 414.
Zboczenia moment (ogólny) 159, (względem osi) 169.
Zewnętrzne siły 191, 236, 290.
Zerowa para sił 241, *-y* wektor 1.
Zginająca siła 288, składowa 288, *-y* moment 288.
Zgodna z więzami prędkość 424, *-y* z więzami 518.
Zmienna masa 231.
Zredukowana długość 378, masa 160.
Zwrot siły 71, układu wektorów 2, wektora 1, — *-u* chwila 110, punkt 116.

SPIS RZECZY.

CZĘŚĆ PIERWSZA.

PRZEDMOWA	III
ERRATA	VI

ROZDZIAŁ I. TEORIA WEKTORÓW.

I. Działania na wektorach.

§ 1. Określenia wstępne	1
§ 2. Współrzędne wektora	2
§ 3. Suma i różnica wektorów	3
§ 4. Iloczyn wektora przez liczbę	4
§ 5. Współrzędne sumy i iloczynu	5
§ 6. Rozkład wektora	6
§ 7. Iloczyn skalarny. Prawo rozdzielności. Prawo łączności. Kwadrat wektora. Przedstawienie analityczne iloczynu skalarnego	7
§ 8. Iloczyn wektorowy. Zmiana porządku czynników. Prawo łączności. Prawo rozdzielności względem sumy. Współrzędne iloczynu wektorowego	9
§ 9. Iloczyn kilku wektorów	12
§ 10. Funkcje wektorowe. Granica. Ciągłość. Pochodna. Funkcje wektorowe wielu zmiennych	13
§ 11. Moment wektora. Moment wektora względem punktu. Moment jako iloczyn wektorowy. Moment sumy wektorów o wspólnym początku. Współrzędne momentu. Moment wektora względem prostej	15

II. Układy wektorów.

§ 12. Moment ogólny układu wektorów	19
§ 13. Parametr	21
§ 14. Układy równoważne. Układy równoważne zern. Układ trzech wektorów równoważny zern	22
§ 15. Para wektorów	23
§ 16. Redukcja układu wektorów. Twierdzenie o redukcji. Tabela	24
§ 17. Oś środkowa. Skrętnik	26
§ 18. Środek wektorów równoległych	28
§ 19. Przekształcenia elementarne układu	29

ROZDZIAŁ II. KINEMATYKA PUNKTU.

I. Ruch względem układu odniesienia.

§ 1. Czas	32
§ 2. Układ odniesienia	32
§ 3. Ruch punktu	33
§ 4. Wykres ruchu	34
§ 5. Prędkość. Prędkość jako pochodna drogi	34
§ 6. Przyspieszenie. Ruch jednostajny prostoliniowy. Hodograf	36
§ 7. Rozkład przyspieszenia na styczne i normalne. Ruch po torze płaskim. Ruch po torze przestrzennym. Ruch jednostajny. Ruch jednostajnie przyspieszony. Ruch po cykloidzie	40
§ 8. Prędkość i przyspieszenie kątowe. Wektor prędkości kątowej	45
§ 9. Ruch płaski w układzie biegunowym	46
§ 10. Prędkość połowa	47
§ 11. Wymiary wielkości kinematycznych. Ogólne określenie wymiaru. Wyznaczanie wymiaru.	49

II. Zmiana układu odniesienia.

§ 12. Związek między współrzędnymi. Ruch po linii śrubowej	53
§ 13. Związek między prędkościami	56
§ 14. Związki między przyspieszeniami. Przyspieszenie Coriolisa	59
§ 15. Wyznaczanie ruchu względnego. Ruch względem punktu	65

ROZDZIAŁ III. DYNAMIKA PUNKTU MATERIALNEGO.

I. Dynamika punktu swobodnego.

§ 1. Podstawowe pojęcia dynamiki. Układ inercjalny, czas bezwzględny. Masa i siła. Punkt materialny	70
§ 2. Prawa dynamiki Newtona. Prawa ruchu. Równowaga punktu i sił. Siła bezwładności. Zasada d'Alemberta	72
§ 3. Układy jednostek dynamicznych. Układ fizyczny <i>egs</i> . Mierzenie mas i sił. Układ techniczny jednostek. Wymiary wielkości dynamicznych.	75
§ 4. Równania ruchu	78
§ 5. Ruch pod wpływem siły ciężkości. Rzut pionowy. Rzut ukośny	81
§ 6. Ruch w ośrodku stawiającym opór. Rzut pionowy. Rzut ukośny	83
§ 7. Moment ilości ruchu. Zasada zachowania pól	85
§ 8. Ruch środkowy. Wzór Bineta	86
§ 9. Ruchy planet. Prawa Keplera. Wnioski z praw Keplera. Prawo ogólnego ciężenia. Masa ziemi. Równanie Keplera	89
§ 10. Praca. Siła stała. Siła zmienna. Praca sumy sił. Wymiar i jednostki pracy	93
§ 11. Pole sił potencjalne. Natężenie pola. Linie sił. Określenie pola potencjalnego. Potencjał. Wymiar potencjału. Związek między siłą a potencjałem. Powierzchnie potencjalne	97

§ 12. Przykłady pól potencjalnych. Pole stałe. Pole środkowe czyli centralne. Pole grawitacyjne Newtonowskie. Pole osiowe. Suma pól potencjalnych	102
§ 13. Energia kinetyczna i potencjalna	105
§ 14. Ruch punktu przyciąganego przez masę nieruchomą. Ruch po krzywej rzędu drugiego. Ruch po linii prostej	107
§ 15. Ruch harmoniczny. Ruch harmoniczny prosty. Tabela położenia, prędkości i przyspieszenia punktu. Ruch harmoniczny płaski. Ruch harmoniczny tłumiony. Ruch harmoniczny wymuszony. Krzywe Lisajous	111
§ 16. Warunki równowagi w polu sił. Równowaga stała. Twierdzenie Dirichleta	120

II. Dynamika punktu nieswobodnego.

§ 17. Równania ruchu. Reakcja. Energia kinetyczna	123
§ 18. Ruch punktu nieswobodnego po krzywej. Ruch po krzywej płaskiej. Ruch po krzywej przestrzennej. Ruch punktu nieswobodnego ciężkiego.	125
§ 19. Ruch punktu nieswobodnego po powierzchni.	129
§ 20. Wahadło matematyczne	131
§ 21. Równowaga punktu nieswobodnego. Równowaga stała. Równowaga w polu potencjalnym	133

III. Dynamika ruchu względnego.

§ 22. Prawa ruchu	137
§ 23. Przykłady ruchu. Ruch postępowy układu. Ruch obrotowy układu	138
§ 24. Równowaga względna. Równowaga względna w układzie poruszającym się ruchem postępowym	142
§ 25. Ruch względem ziemi. Siła ciężkości. Wielkość i kierunek przyciągania ziemi. Siła Coriolisa. Zboczenie na wschód przy spadku. Wahadło Foucaulta	146

ROZDZIAŁ IV. GEOMETRIA MAS.

I. Układy punktów.

§ 1. Momenty statyczne. Moment statyczny punktu. Moment statyczny układu punktów	153
§ 2. Środek masy. Środek masy dwóch układów punktów. Układ płaski punktów. Układ liniowy punktów. Środek masy dwóch punktów. Układy punktów symetryczne	154
§ 3. Momenty stopnia drugiego. Moment bezwładności. Moment zboczenia (dewiacji). Ramię bezwładności. Masa zredukowana. Momenty bezwładności względem prostych i płaszczyzn równoległych	159
§ 4. Elipsoida bezwładności. Osie bezwładności. Wyznaczanie osi bezwładności	163
§ 5. Momenty kwadratowe układu płaskiego	169

II. Bryły, powierzchnie i linie materialne.

§ 6. Gęstość. Obliczanie masy. Powierzchnia materialna, linia materialna.	170
§ 7. Momenty statyczne i bezwładności. Środek masy. Bryły, powierzchnie i linie geometryczne. Reguły Guldina. Momenty bezwładności i momenty zbieżności	173
§ 8. Środki ciężkości niektórych linii, powierzchni i brył. Linia łamana. Łuk koła. Trójkąt. Trapez. Wielokąt. Wycinek koła. Odcinek koła. Graniastosłup. Walec. Ostrosłup. Stożek	179
§ 9. Momenty bezwładności niektórych linii, powierzchni i brył. Odcinek. Prostokąt. Kwadrat. Trapez. Trójkąt. Równoległobok. Prostopadłościan. Okrąg koła. Koło. Powierzchnia kuli. Kula. Walec obrotowy. Stożek obrotowy	182

ROZDZIAŁ V. UKŁADY PUNKTÓW MATERIALNYCH.

§ 1. Równania ruchu. Układy swobodne. Siły wewnętrzne i zewnętrzne. Równowaga układu punktów. Zasada d'Alemberta. Układy nieswobodne. Układ sztywny. Maszyna Atwooda	190
§ 2. Ruch środka masy. Własności kinematyczne środka masy. Wypadkowa sił ciężkości. Własności dynamiczne środka masy	198
§ 3. Moment ilości ruchu. Kręt względem punktu. Kręt w ruchu postępowym. Kręt w ruchu względem środka masy. Kręt względem osi. Dynamiczne własności krętu. Ruch w polu siły ciężkości. Obrót układu około osi. Kręt w ruchu względnym	202
§ 4. Praca i potencjał układu punktów. Praca. Praca równa zeru. Potencjał układu. Potencjał siły ciężkości. Potencjał sił wewnętrznych	211
§ 5. Energia kinetyczna układu punktów. Energia kinetyczna w ruchu postępowym. Energia kinetyczna w ruchu obrotowym około osi. Twierdzenie Königa. Zasada równowartości pracy i energii kinetycznej. Energia kinetyczna w ruchu względnym	218
§ 6. Zagadnienie dwóch ciał	225
§ 7. Zagadnienie n ciał. Zagadnienie trzech ciał	228
§ 8. Ruch ciał o masie zmiennej	231



CZĘŚĆ DRUGA.

ROZDZIAŁ VI. STATYKA CIAŁA SZTYWNEGO.

I. Ciało swobodne.

§ 1. Ciało sztywne. Układy sztywne punktów materialnych	235
§ 2. Siła. Punkt zaczepienia siły. Moment siły względem punktu. Moment siły względem osi. Równowaga sił	236
§ 3. Hipotezy równowagi sił	239
§ 4. Przekształcanie układów sił. Zmiana punktu zaczepienia siły. Prawo składania i rozkładania sił. Układy równoważne. Para sił. Redukcja układu sił. Układ płaski sił. Układ równoległy sił. Siły ciężkości. Układy par.	239
§ 5. Warunki równowagi sił. Postać analityczna warunków równowagi. Układ płaski sił	245
§ 6. Grafostatyka. Wielobok sznurowy. Składanie sił. Wielobok sznurowy. Wypadkowa części układu	238
§ 7. Niektóre zastosowania wieloboku sznurowego. Wyznaczanie reakcyj w punktach podparcia. Wyznaczanie momentu sił. Wyznaczanie środka ciężkości i momentu statycznego figur płaskich	256

II. Ciało nieswobodne.

§ 8. Warunki równowagi	261
§ 9. Reakcje ciał stykających się. Reakcja normalna i styczna. Podpory. Środek ciśnienia. Reakcje nici	262
§ 10. Tarcie	271
§ 11. Warunki równowagi nie zawierające reakcji. Ciało o punkcie nieruchomym. Ciało o osi nieruchomej. Ciało płasko prowadzone. Dźwignia. Wyznaczanie reakcyj działających na oś nieruchomą	274
§ 12. Równowaga ciał ciężkich podpartych. Ciało podparte w dwóch punktach. Ciało podparte w $n > 2$ punktach	282
§ 13. Siły wewnętrzne	288

III. Układy ciał.

§ 14. Warunki równowagi	290
§ 15. Układy prętów. Napięcia w prętach. Połączenia przegubowe. Układy prętów. Waga dziesiętna	292
§ 16. Kratownice. Kratownica płaska. Wyznaczanie napięć w kratownicy przy pomocy rachunku. Wyznaczanie napięć w kratownicy przy pomocy planów sił. Wyznaczanie napięć z pomocą przekrojów	298
§ 17. Równowaga lin ciężkich. Łańcuch. Lina. Lina obciążona	305

ROZDZIAŁ VII. KINEMATYKA CIAŁA SZTYWNEGO.

§ 1. Przesunięcie i obrót ciała około osi. Przesunięcie równoległe czyli translacja. Obrót około osi.	310
§ 2. Przesunięcia punktów ciała w ruchu płaskim. Obrót około punktu. I Twierdzenie Eulera. Ciało płasko prowadzone	313
§ 3. Przesunięcia punktów ciała. II Twierdzenie Eulera. Twierdzenie Chasle'a. Skręt	315
§ 4. Ruch postępowy i ruch obrotowy około osi. Ruch postępowy. Ruch obrotowy około osi.	320
§ 5. Rozmieszczenie prędkości w ciele sztywnym. Związki między prędkościami punktów ciała. Prędkości punktów linii prostej i płaszczyzny. Ruch chwilowy ciała sztywnego	323
§ 6. Ruch chwilowy płaski. Wyznaczanie środka obrotu chwilowego.	326
§ 7. Ruch chwilowy przestrzenny. Obrót około punktu. Ruch chwilowy w przypadku ogólnym. Prędkość unoszenia. Skręt chwilowy. Wyznaczanie ruchu ciała	332
§ 8. Toczenie i ślizganie. Linia środków chwilowych. Stożek osi chwilowych. Powierzchnia osi środkowych	339
§ 9. Składanie ruchów ciała. Dwa obroty równoczesne. Składanie kilku obrotów równoczesnych. Ruch względny ciała. Precesja regularna	343
§ 10. Przedstawienie analityczne ruchu ciała sztywnego. Prędkość chwilowa kątowna. Oś środkowa. Ruch płaski. Kąty Eulera. Kąty Eulera w precesji regularnej	351
§ 11. Rozkład przyspieszeń. Ruch płaski. Ruch w przestrzeni	357

ROZDZIAŁ VIII. DYNAMIKA CIAŁA SZTYWNEGO.

§ 1. Praca i energia kinetyczna. Wielkości dynamiczne. Praca. Energia kinetyczna	361
§ 2. Równania ruchu. Ruch środka masy. Zasada krętu. Zasada energii kinetycznej. Zasada d'Alemberta. Ruch postępowy ciała. Warunki równowagi. Reakcje ciał stykających się. Praca tarcia.	365
§ 3. Obrót około osi stałej. Maszyna Atwooda. Wahadło fizyczne. Wyznaczanie reakcji na oś obrotu. Oś obrotu osią środkową bezwładności. Środek uderzeń	375
§ 4. Ruch płaski. Ruch płaski figury płaskiej. Ruch płaski ciała.	387
§ 5. Kręt. Kręt względem środka masy ciała lub względem jego punktu nieruchomego. Pochodna krętu	394
§ 6. Równania Eulera. Ruch ciała sztywnego swobodnego	399
§ 7. Obrót ciała około punktu bez działania sił. Kręt i energia kinetyczna. Obrót około punktu kulistego. Obrót około punktu, którego elipsoida bezwładności jest elipsoidą obrotową. Wyznaczanie kątów Eulera. Obrót ciała około punktu w przypadku ogólnym	401
§ 8. Obrót ciała ciężkiego około punktu	408
§ 9. Ruch kuli po płaszczyźnie	411
§ 10. Girooskop Foucaulta. Ruch osi symetrii w płaszczyźnie południka. Ruch osi w płaszczyźnie poziomej	414

ROZDZIAŁ IX. ZASADA PRAC PRZYGOTOWANYCH.

§ 1. Układy holonomiczne skleronomiczne. Więzy obustronne. Więzy jednostronne. Stopień swobody układu	420
§ 2. Przesunięcia przygotowane. Punkt na powierzchni. Punkt na linii. Układy holonomiczne skleronomiczne. Więzy obustronne. Ciało sztywne swobodne. Punkt unieruchomiony. Oś unieruchomiona. Ruch figury w płaszczyźnie. Więzy jednostronne	424
§ 3. Zasada prac przygotowanych. Praca przygotowana. Ciało swobodne. Ciało mające punkt stały. Ciało płasko prowadzone. Ciało mające oś stałą. Ciało mające stałą oś skrętu. Śruba. Wyznaczanie napięć w prętach kratownicy.	436
§ 4. Wyznaczanie położenia równowagi w polu sił. Mnożniki Lagrange'a.	449
§ 5. Współrzędne uogólnione Lagrange'a. Parametry układu. Przesunięcia przygotowane. Praca przygotowana. Siły uogólnione. Warunki równowagi. Równowaga w polu potencjalnym	455

ROZDZIAŁ X. DYNAMIKA UKŁADÓW HOLONOMICZNYCH.

§ 1. Układy holonomiczne	470
§ 2. Układy anholonomiczne	472
§ 3. Przesunięcia przygotowane. Punkt na powierzchni. Punkt na linii. Przykłady. Układy punktów. Współrzędne uogólnione	473
§ 4. Zasada d'Alemberta. Równowaga sił. Zasada d'Alemberta.	478
§ 5. Praca i energia kinetyczna w układach skleronomicznych	483
§ 6. Równania Lagrange'a pierwszego rodzaju	485
§ 7. Równania Lagrange'a drugiego rodzaju. Równania Lagrange'a w polu potencjalnym. Współrzędne cykliczne. Ruch punktu na powierzchni obrotowej. Współrzędne biegunowe	488
§ 8. Równania kanoniczne Hamiltona. Układy skleronomiczne	504

ROZDZIAŁ XI. ZASADY WARIACYJNE MECHANIKI.

§ 1. Wariacja bez wariacji czasu. Wariacja funkcji. Wariacja całki. Wariacja pochodnej. Wariacja funkcji złożonej. Układy punktów	510
§ 2. Zasada Hamiltona. Ruch rzeczywisty. Ruch porównawczy. Zasada Hamiltona dla współrzędnych naturalnych. Zasada Hamiltona dla współrzędnych uogólnionych. Zasada Hamiltona w polu potencjalnym. Układy holonomiczne skleronomiczne w polu potencjalnym	518
§ 3. Wariacja z wariacją czasu. Wariacja funkcji. Układy punktów. Wariacja wraz z wariacją czasu całki	529
§ 4. Zasada Maupertuis (najmniejszego działania). Przekształcenie Höldera. Postać ogólniejsza zasady Hamiltona. Zasada Maupertuis	534
DODATEK. Równania różniczkowe zwyczajne rzędu drugiego o współczynnikach stałych	541
SKOROWIDZ NAZW	544

„MONOGRAFIE MATEMATYCZNE”

wydawane są w językach polskim i obcych jako odrębne tomy, liczące po 150 do 350 stron w 8^o, nie oprawne.

Ukazały się:

- Tom I. S. Banach, Théorie des opérations linéaires,
(1932) str. VIII+256 zł. 16,—
- Tom II. S. Saks, Théorie de l'intégrale,
(1933) str. X+292 wyczerpane
- Tom III. C. Kuratowski, Topologie I,
(1933) str. X+268 zł. 23,—
- Tom IV. W. Sierpiński, Hypothèse du continu,
(1934) str. VI+194, (na wyczerpaniu) zł. 18,50
- Tom V. A. Zygmund, Trigonometrical Series,
(1935) str. IV+332 zł. 25,—
- Tom VI. S. Kaczmarz und H. Steinhaus, Theorie der
Orthogonalreihen, (1935) str. VI+300 zł. 26,—
- Tom VII. S. Saks, Theory of the Integral,
(1937) str. VIII+348 zł. 25,—
- Tom VIII. S. Banach, Mechanika (część pierwsza),
(1938) str. VI+234 zł. 9,50
- Tom IX. S. Banach, Mechanika (część druga),
(1938) str. 235 do 556 zł. 8,50

Na ukończeniu:

- Tom X. S. Saks i A. Zygmund, Funkcje analityczne.

W przygotowaniu (wśród innych):

- S. Banach, Théorie générale des opérations.
C. Kuratowski, Topologie II.
S. Mazur, Allgemeine Limitierungstheorie.
J. Schauder, Partielle Differentialgleichungen vom elliptischen Typus.
W. Sierpiński, Axiom of Choice and Continuum Hypothesis.

Przy zamówieniach skierowanych wprost pod adresem

„MONOGRAFIE MATEMATYCZNE”

SEMINAR. MATEMAT. UNIWERS.

Oczki 3, WARSZAWA

i równoczesnym wpłaceniu należności do P. K. O. na konto
N^o 45.177, Prof. K. Kuratowski „Monografie Matematyczne”, Warszawa,
koszta przesyłki ponosi wydawnictwo.

Dla członków Polskiego Towarzystwa Matematycznego cena każdego
tomu polskiego zł. 7, obcojęzycznego zł. 15 (w ratach mies. po zł. 5).