

## 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 skalarowy. Prawo rozdzielności. Prawo łączności. Kwadrat wektora. Przedstawienie analityczne iloczynu skalarowego . . . . .	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 zeru. Układ trzech wektorów równoważny zeru . . . . .	22
§ 15. Para wektorów . . . . .	23
§ 16. Redukcja układu wektorów. Twierdzenie o redukcji. Tabelka . . . . .	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 polowa . . . . .	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 masy 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. <b>Przykłady pól potencjalnych.</b> Pole stałe. Pole środkowe czyli centralne. Pole grawitacyjne Newtonowskie. Pole osiowe. Suma pól potencjalnych . . . . .	102
§ 13. <b>Energia kinetyczna i potencjalna</b> . . . . .	105
§ 14. <b>Ruch punktu przyciąganego przez masę nieruchomą.</b> Ruch po krzywej rzędu drugiego. Ruch po linii prostej . . . . .	107
§ 15. <b>Ruch harmoniczny.</b> Ruch harmoniczny prosty. Tabela położenia, prędkości i przyspieszenia punktu. Ruch harmoniczny płaski. Ruch harmoniczny tłumiony. Ruch harmoniczny wymuszony. Krzywe Lissajous . . . . .	111
§ 16. <b>Warunki równowagi w polu sił.</b> Równowaga stała. Twierdzenie Dirichleta . . . . .	120

## II. Dynamika punktu nieswobodnego.

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

## III. Dynamika ruchu względnego.

§ 22. <b>Prawa ruchu</b> . . . . .	137
§ 23. <b>Przykłady ruchu.</b> Ruch postępowy układu. Ruch obrotowy układu . . . . .	138
§ 24. <b>Równowaga względna.</b> Równowaga względna w układzie poruszającym się ruchem postępowym . . . . .	142
§ 25. <b>Ruch względem ziemi.</b> 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. <b>Momenty statyczne.</b> Moment statyczny punktu. Moment statyczny układu punktów . . . . .	153
§ 2. <b>Środek masy.</b> Środek masy dwóch układów punktów. Układ płaski punktów. Układ liniowy punktów. Środek masy dwóch punktów. Układy punktów symetryczne . . . . .	154
§ 3. <b>Momenty stopnia drugiego.</b> Moment bezwładności. Moment zboczenia (dewiacji). Ramię bezwładności. Masa zredukowana. Momenty bezwładności względem prostych i płaszczyzn równoległych . . . . .	159
§ 4. <b>Elipsoida bezwładności. Oś bezwładności.</b> Wyznaczanie osi bezwładności . . . . .	163
§ 5. <b>Momenty kwadratowe układu płaskiego</b> . . . . .	169

## II. Bryły, powierzchnie i linie materialne.

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

## ROZDZIAŁ V. UKŁADY PUNKTÓW MATERIALNYCH.

§ 1. <b>Równania ruchu.</b> Układy swobodne. Siły wewnętrzne i zewnętrzne. Równowaga układu punktów. Zasada d'Alemberta. Układy nieswobodne. Układ sztywny. Maszyna Atwooda . . . . .	190
§ 2. <b>Ruch środka masy.</b> Własności kinematyczne środka masy. Wypadkowa sił ciężkości. Własności dynamiczne środka masy . . . . .	198
§ 3. <b>Moment ilości ruchu.</b> 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. <b>Praca i potencjał układu punktów.</b> Praca. Praca równa zeru. Potencjał układu. Potencjał siły ciężkości. Potencjał sił wewnętrznych . . . . .	211
§ 5. <b>Energia kinetyczna układu punktów.</b> 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. <b>Zagadnienie dwóch ciał</b> . . . . .	225
§ 7. <b>Zagadnienie <math>n</math> ciał.</b> Zagadnienie trzech ciał . . . . .	228
§ 8. <b>Ruch ciał o masie zmiennej</b> . . . . .	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 ciśnień. 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 kąтова. 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. Giroskop 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