POLIDOR BRATU

MECANICA TEORETICĂ

Editura IMPULS

in 18947

Prof. univ. dr. ing. POLIDOR BRATU
Membru al Academiei de Ştiinţe Tehnice
Doctor Honoris Causa al Universităţii Tehnice din Chişinău



MECANICA TEORETICĂ

240594
UNIVERSITATEA
"DUNĂREA DE JOS" GALAŢI
BIBLIOTECA 1

EDITURA IMPULS
Bucureşti, 2006

Recenzia ştiinţifică
Prof.Univ.Dr.Doc.Ing. Petre P. Teodorescu
Membru al Academiei de Ştiinţe Tehnice din România
Universitatea Bucureşti

Prof.Univ.Dr.Ing. Valentin Ceauşu
Membru al Academiei de Ştiinţe Tehnice din România
Universitatea Politehnica Bucureşti

Redactare
Ing. Maria Antoinette Ionescu

Procesare şi tehnoredactare computerizată
Ing. Valentin Ionescu

Copertă
Ing. Cătălin Zaharia



Editura IMPULS
Bucureşti, Şos. Pantelimon, nr. 266, sector 2
Tel. 255.31.49
Fax. 255.14.20
Recunoscută CNCSIS – cod 001/2006

Consilier editorial
Ing. Nicolae Clătici

Copyright © 2006, Editura IMPULS
Toate drepturile asupra acestei ediţii sunt rezervate editurii

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
BRATU, POLIDOR
Mecanica teoretică / prof. univ. dr. ing. dr. h. c.
Polidor Bratu... – Bucureşti : Impuls, 2006
Bibliogr.
Index
ISBN 973-8132-57-6

CUPRINS

Cuvânt înainte 5
Prefață 7

1. Introducere în mecanică 13
1.1. Concepte fundamentale ale mecanicii teoretice 13
1.2. Mărimi fundamentale și derivate în mecanica teoretică 16
1.3. Principiile mecanicii clasice 19
1.4. Model și modelare. Teorie și practică 21
1.5. Modele fundamentale ale mecanicii clasice 22
1.6. Mecanica teoretică și mecanica aplicată 26
1.7. Schiță istorică 26

2. Elemente de calcul vectorial 28
2.1. Definiții. Notații 28
2.2. Clasificarea vectorilor 31
2.3. Operații elementare cu vectori liberi 32
2.4. Vectori coliniari și coplanari 38
2.5. Produsul scalar a doi vectori 44
2.6. Produsul vectorial a doi vectori 48
2.7. Produsul a trei vectori 52
2.8. Elemente de analiză vectorială 57
2.9. Aplicații 60

Partea întâi: STATICA

3. Statica punctului material 70
3.1. Grade de libertate 70
3.2. Echilibrul punctului material liber 70
3.3. Echilibrul punctului material supus la legături 72
3.4. Aplicații 86

4. Statica solidului rigid 101
4.1. Proprietățile forței aplicate solidului rigid 101
4.2. Momentul unei forțe în raport cu un punct 102
4.3. Momentul unei forțe în raport cu o axă 105
4.4. Cuplu de forțe 107
4.5. Reducerea sistemelor de forțe 109
4.6. Centrul de greutate. Centrul maselor 132
4.7. Echilibrul solidului rigid 143
4.8. Aplicații 186

5. Statica sistemelor materiale 218
5.1. Statica sistemelor de puncte materiale 218
5.2. Statica sistemelor de rigide 222
5.3. Aplicații 229

6. Statica sistemelor de bare articulate 246
6.1. Generalități 246
6.2. Ipoteze simplificatoare 247
6.3. Condiția de determinare statică și de invariabilitate geometrică 250
6.4. Metode analitice pentru determinarea eforturilor din barele grinzilor cu zăbrele 251
6.5. Aplicații 254

7. Statica sistemelor unidimensionale 260
7.1. Echilibrul sistemului poligonal de bare articulate 261
7.2. Echilibrul firelor 266
7.3. Aplicații 279

8. Aplicații tehnice ale staticii 282
8.1. Dispozitive mecanice simple bazate pe efectul planului înclinat 283
8.2. Dispozitive mecanice simple bazate pe efectul pârghiei 291
8.3. Scripetele 308

Partea a doua: CINEMATICA

9. Cinematica punctului material 320
9.1. Variația mărimilor vectoriale ce definesc mișcarea 320
9.2. Elementele cinematice ale mișcării punctului material 328
9.3. Studiul mișcării punctului în diferite sisteme de coordonate 343
9.4. Mișcările particulare ale punctului material 370
9.5. Aplicații 386

10. Cinematica solidului rigid 401
10.1. Caracteristicile cinematice ale mișcării solidului rigid 401
10.2. Studiul vitezelor 404
10.3. Studiul accelerațiilor 407
10.4. Mișcări particulare ale solidului rigid 408
10.5. Aplicații 457

11. Cinematica mișcării relative 495
11.1. Mișcarea relativă a punctului material 497
11.2. Mișcarea relativă a rigidului 505
11.3. Aplicații 510

Partea a treia: DINAMICA

12. Noțiuni fundamentale 527
12.1. Interacțiunea mecanică 527
12.2. Bazele axiomatice ale mecanicii 530
12.3. Mărimi de proces 534

12.4. Mărimi de stare 545
12.5. Teoremele generale ale dinamicii punctului material 548

13. Dinamica punctului material 556
13.1. Problemele dinamicii punctului material 556
13.2. Ecuațiile diferențiale de mișcare a punctului material liber 557
13.3. Dinamica punctului material supus la legături 575
13.4. Aplicații 579

14. Dinamica mișcării relative a punctului material 615
14.1. Influența mișcării de rotație a Pământului asupra echilibrului sau a mișcării relative a punctului 620

Partea a patra: DINAMICA SISTEMELOR MECANICE

15. Momente de inerție 625
15.1. Distribuția masei sistemului mecanic discret 625
15.2. Definirea momentelor de inerție 627
15.3. Variația momentelor de inerție față de axe paralele 629
15.4. Variația momentelor de inerție față de axe concurente 630
15.5. Elipsoidul de inerție 632

16. Dinamica sistemelor de puncte materiale 636
16.1. Noțiunea de sistem material discret 636
16.2. Ecuațiile diferențiale de mișcare a sistemului de puncte materiale discrete 640

17. Teoreme generale 642
17.1. Teorema mișcării centrului de masă 642
17.2. Teorema cantității de mișcare (impulsului) 646
17.3. Teorema momentului cinetic pentru sisteme mecanice 648
17.4. Teorema energiei cinetice pentru sisteme mecanice 653
17.5. Energia mecanică 660

Partea a cincea: DINAMICA SOLIDULUI RIGID

18. Particularități ale dinamicii solidului rigid 664
18.1. Dinamica solidului rigid în mișcare de translație 664
18.2. Dinamica solidului rigid cu axă fixă 664
18.3. Dinamica solidului rigid în mișcare plan-paralelă 671
18.4. Dinamica solidului rigid cu punct fix 677
18.5. Aplicații 684

19. Ciocniri 698
19.1. Generalități 698
19.2. Teoreme generale în dinamica ciocnirii 699
19.3. Ciocnirea unei sfere cu o suprafață fixă. Coeficient de restituire 700
19.4. Ciocnirea centrică dreaptă a două sfere 702
19.5. Pierderea de energie cinetică la ciocnirea dreaptă a două sfere 705

19.6. Ciocnirea unei sfere cu un corp în mișcare de rotație. Pierderea de energie cinetică 707
19.7. Ciocnirea unui corp cu axă fixă. Centrul de percuție 710

Partea a șasea: MECANICA ANALITICĂ

20. Noțiuni preliminare de mecanică analitică 715
20.1. Generalități 715
20.2. Legături 717
20.3. Deplasări 723

21. Principiul lui d'Alembert 731
21.1. Principiul lui D'Alembert pentru punctul material 731
21.2. Principiul lui D'Alembert pentru sisteme materiale 735
21.3. Torsorul forțelor de inerție 738
21.4. Aplicații 743

22. Principiul lucrului mecanic virtual 747
22.1. Formulări ale principiului lucrului mecanic virtual 747
22.2. Analiza echilibrului sistemului de puncte materiale cu legături 750
22.3. Determinarea forțelor de legătură în cazul barei drepte folosind principiul deplasărilor virtuale 755
22.4. Principiul lucrului mecanic virtual exprimat în coordonate generalizate 759

23. Ecuațiile lui Lagrange 776
23.1. Ecuațiile lui Lagrange de speța întâi 776
23.2. Ecuațiile lui Lagrange de speța a doua 778
23.3. Ecuațiile lui Lagrange de spețe a doua pentru sisteme conservative Potențial cinetic. Coordonate ciclice 788

24. Ecuațiile lui Hamilton 793
24.1. Energia cinetică. Potențialul cinetic 793
24.2. Impulsuri generalizate 795
24.3. Funcția lui Hamilton 797
24.4. Ecuațiile lui Hamilton pentru sisteme conservative 799
24.5. Ecuațiile canonice pentru sisteme neconservative 801
24.6. Integrale prime 803

25. Principii variaționale 811
25.1. Traiectoria sistemului 811
25.2. Principiul lui Hamilton 812
25.3. Principiul acțiunii staționare (Hamilton) 815
25.4. Principiul variațional a lui Maupertuis 818

Bibliografie 820

Anexa I. Centre de greutate. Centre de masă 823
Anexa II. Momente de inerție ale corpurilor omogene 836