

Simona LACHE ■ Maria Violeta GUIMAN ■ Mihaela Violeta MUNTEANU

MECANICĂ (I)

STATICĂ

curs universitar

Braşov, 2023

Referenți:

Prof. dr. ing. Sorin VLASE

Şef lucr. dr. ing. Andrei BENCZE

Cuprins

1. Noțiuni fundamentale și principii ale mecanicii	9
1.1 Noțiuni fundamentale.....	9
1.2 Modele în mecanică.....	11
1.3 Principii ale mecanicii clasice	11
1.4 Calculul vectorial	12
2. Reducerea sistemelor de forțe	14
2.1 Forța – vector alunecător	14
2.2 Rezultanta unui sistem de forțe	15
2.3 Momentul forței	16
2.3.1 Momentul forței față de un punct	16
2.3.2 Modificarea momentului forței la schimbarea polului	18
2.3.3 Alunecarea unei forțe pe suportul ei.....	18
2.3.4 Determinarea suportului unei forțe	19
2.3.5 Momentul forței față de o axă.....	21
2.4 Momentul resultant	23
2.5 Torsorul de reducere al unui sistem de forțe	24
2.6 Teorema momentului	24
2.7 Axa centrală a unui sistem de forțe	25
2.8 Reducerea sistemelor de forțe.....	28
2.9 Sisteme de forțe.....	29
2.9.1 Sisteme de forțe concurente	29
2.9.2 Sisteme de forțe coplanare	32
2.9.3 Sisteme de forțe paralele	35
3. Centrul de greutate (de masă)	38
3.1 Centrul de greutate (de masă) al unui sistem de puncte materiale.....	38



3.2	Centrul de greutate (de masă) al unui solid	39
3.3	Momente statice	39
3.4	Formule de determinare a poziției centrelor de greutate (de masă)	40
3.5	Proprietățile centrelor de greutate	42
3.6	Calculul poziției centrelor de greutate (masă)	42
3.7	Teoremele lui Pappus-Guldin	51
3.8	Centrul de greutate (masă) al corpurilor compuse	54
4.	Statica punctului material	60
4.1	Echilibrul punctului material liber	60
4.1.1	Echilibrul punctului material liber supus la legături	60
4.1.2	Rezultanta unui sistem de forțe	61
4.1.3	Echilibrul punctului material liber	63
4.2	Echilibrul punctului material supus la legături	64
4.2.1	Legături. Axioma legăturilor	64
4.2.2	Echilibrul punctului material supus la legături ideale	65
4.2.3	Echilibrul punctului material supus la legături reale (cu frecare)	79
5.	Echilibrul rigidului	87
5.1	Echilibrul rigidului liber	87
5.2	Echilibrul rigidului supus la legături ideale (fără frecare)	89
5.2.1	Legăturile rigidului	89
5.2.2	Reazemul simplu	89
5.2.3	Articulația	93
5.2.4	Legătura cu fir	99
5.2.5	Încăstrarea	100
5.3	Legăturile reale ale rigidului (cu frecare)	102
5.3.1	Rigidul rezemat	102
5.3.2	Patrulaterul frecărilor	105
5.3.3	Frecarea de rostogolire	108



5.3.4 Frecarea de pivotare	111
6. Statica sistemelor de solide.....	115
6.1 Echilibrul sistemelor de solide	115
6.1.1 Sisteme de solide	115
6.1.2 Metoda izolării corpurilor.....	115
6.1.3 Metoda solidificării	116
6.1.4 Metoda echilibrului părţilor	116
6.2 Sisteme de bare articulate (grinzi cu zăbrele).....	123
6.2.1 Introducere	123
6.2.2 Metoda izolării nodurilor.....	124
6.2.3 Metoda secţiunilor (Ritter)	128
Bibliografie.....	134



1. Noțiuni fundamentale și principii ale mecanicii

1.1 Noțiuni fundamentale

Mecanica studiază acțiunile mutuale și mișcarea relativă a corpurilor materiale (solide, lichide și gazoase).

Cuvântul „**Mecanică**” provine din limba greacă: „**Mehanica**” și înseamnă „mașină”, „mecanism”.

Mișcarea se studiază față de un corp, considerat ca **referință**.

Un sistem de referință este considerat **fix** atunci când nu se mișcă în raport cu alt sistem de referință, considerat în mod convențional imobil.

Dacă sistemul de referință se mișcă în raport cu sistemul de referință considerat în mod convențional imobil, atunci acel sistem de referință este **mobil**.

Un reper este numit sistem de referință **inercial** dacă are o mișcare rectilinie și uniformă față de un sistem de referință considerat imobil (fix).

Mecanica este împărțită în:

STATICĂ: studiază echilibrul corpurilor sub acțiunea forțelor aplicate, în raport cu un sistem de referință fix;

studiază echilibrul sistemelor de forțe.

CINEMATICĂ: studiază mișcarea corpurilor fără a ține cont de masele acestora și forțele care acționează asupra lor;

DINAMICĂ: studiază mișcarea corpurilor, luând în considerare și masele și forțele care acționează asupra lor.

Mărimile fundamentale în Mecanică sunt:

- spațiul;
- timpul;
- masa.

Spațiul caracterizează geometric corpurile materiale.

Spațiul are următoarele **proprietăți** (modelul spațiului euclidian – permite aplicarea matematicii clasice):

- infinit;
- tridimensional;
- continuu;
- omogen;
- izotrop.

Timpul reflectă succesiunea evenimentelor și durata lor în raport cu **originea** și **unitatea de măsură**, alese arbitrar.

Timpul are următoarele **proprietăți**:

- infinit;
- unidimensional;
- continuu;
- uniform crescător;
- ireversibil.

În mecanica clasică, **timpul** este o mărime independentă: este același în orice punct al spațiului – timp **universal absolut** - două evenimente simultane într-un sistem de referință vor fi simultane în orice sistem de referință.

Masa reflectă proprietățile de inerție și gravitaționale ale materiei.

Masa este o mărime **scalară pozitivă**.

În mecanica clasică, masa nu depinde de modul în care se face mișcarea, viteza cu care se face mișcarea sau momentul de timp la care este considerată. Astfel, în ecuațiile de mișcare, masa se consideră o mărime **constantă**.

Mărimi derivate cu care se operează în Mecanică: viteza v ; accelerația a ; impulsul p ; momentul cinetic L , forța F , energia cinetică E_c , lucrul mecanic etc.

Forța caracterizează interacțiunea dintre corpuri.

Definește direcția și intensitatea interacțiunii mecanice dintre corpurile materiale, astfel se poate spune că forța este o mărime vectorială.

Aceasta caracterizează o pereche de acțiuni egale, opuse, simultane, acționând asupra unor corpuri diferite, care schimbă starea de mișcare a corpurilor sau forma lor.

1.2 Modele în mecanică

Modelul reprezintă reflectarea realităţii, stabilită cu un anumit grad de aproximare, în care se operează cu o serie de noţiuni şi axiome pentru a caracteriza cantitativ un fenomen.

Modele utilizate în Mecanică:

- **Punctul material:** este un corp ale cărui dimensiuni sunt neglijabile în raport cu celelalte corpuri înconjurătoare şi a cărui formă nu prezintă importanţă în mişcare. Acesta este reprezentat printr-un punct geometric căruia i se atribuie o anumită masă.
- **Sistemul discret de puncte materiale:** este alcătuit dintr-o mulţime finită de puncte materiale care interacţionează.
- **Mediul continuu** – este reprezentat de un corp în care orice element de volum, oricât de mic, conţine materie.
- **Solidul rigid** – este alcătuit dintr-o infinitate de puncte materiale legate între ele, astfel încât distanţele dintre două puncte oarecare să rămână constante în timp.

1.3 Principii ale mecanicii clasice

Mecanica clasică - Isaac Newton (1643-1727), Galileo Galilei (1564-1642)

Mecanica relativistă - Albert Einstein (1879-1955)

Mecanica cuantică - Werner Karl Heisenberg (1901 – 1976), Erwin Schrödinger (1887-1961), Louis de Broglie (1892-1987)

În **mecanica clasică**, se consideră că **spaţiul** este **euclidian** iar **timpul** este **universal absolut**.

Principiile lui Newton

1. Principiul inerţiei

Un corp îşi păstrează starea de repaus sau de mişcare rectilinie uniformă atâta timp cât nu intervin alte forţe care să îi modifice această stare.

2. Principiul acţiunii

Variaţia mişcării este proporţională cu forţa motoare şi este dirijată după linia în lungul căreia este imprimată forţa.

$$\mathbf{a} = \ddot{\mathbf{r}}$$

ecuația fundamentală a dinamicii

Accelerația are aceeași direcție și același sens cu forța.

3. Principiul acțiunii și reacțiunii:

Oricărei acțiuni îi corespunde întotdeauna o reacțiune egală și contrară; sau
Acțiunile reciproce a două corpuri sunt întotdeauna egale și dirijate în sens contrar; sau
Acțiunile reciproce a două puncte materiale sunt egale și de sens opus.

Corolar (completează principiile enunțate de Newton)

Dacă asupra unui punct material acționează două forțe simultan, efectul lor asupra mișcării punctului material este același ca atunci când asupra lui ar acționa o singură forță având mărimea, direcția și sensul diagonalei paralelogramului construit cu cele două forțe (**principiul paralelogramului**).

1.4 Calculul vectorial

Clasificarea vectorilor în mecanică

- **Vectori legați:** sunt vectorii pentru care poziția punctului de aplicație este determinată. Punctul de aplicație poate fi **fix** (de exemplu: momentul forței față de un punct) sau **mobil** (de exemplu: viteza unui punct pe traiectorie).
- **Vectori alunecători:** sunt vectorii al căror punct de aplicație se poate găsi oriunde pe dreapta suport a vectorului, fără ca efectul mecanic asupra corpului să se schimbe (de exemplu: forțele care acționează asupra unui rigid, sau viteza unghiulară).
- **Vectori liberi:** sunt vectorii al căror punct de aplicație nu este supus niciunei restricții, deci punctul de aplicație poate fi considerat orice punct al spațiului (de exemplu: cuplul de forțe - punctul de aplicație poate fi oriunde în spațiu iar mărimea, direcția și sensul rămân neschimbate).