

# 1. Mecanica punctului material

## Mișcarea rectilinie

---

- 1.1 Introducere în fizică
- 1.2 Definirea și măsurarea mărimilor fizice
- 1.3 Mărimi și unități fundamentale și derivate
- 1.4 Elemente de cinematica și dinamica punctului material
- 1.5 Vector de poziție și de deplasare
- 1.6 Vectorul viteză
- 1.7 Vectorul accelerație

### 1.1 Introducere în fizică

La început a fost mecanica. Încă din antichitatea îndepărtată s-a recunoscut importanța practică pe care pârghia, șurubul, scripetele, și planul înclinat o prezintă pentru înfăptuirea muncilor fizice grele. Noțiuni ca greutate specifică sau centru de greutate au fost dezvoltate de greci iar calculul acestora pentru corpuri de forme arbitrare constituia o problemă care cerea multă perspicacitate. Toate acestea dar și multe altele au căpătat denumirea de Fizică. Termenul Fizică vine de la cuvântul grecesc “*physics*” care înseamnă natură. A fost folosit de Aristotel<sup>1</sup> (384-322) ca domeniu de preocupări filozofice.

---

<sup>1</sup> Student al filozofului grec Platon, Aristotel a împărtășit concepția învățătorului sau pentru cunoașterea umană dar în același timp a revizuit multe din ideile pure, matematice ale lui Platon, în special cele legate de metodele care presupun observarea și experimentul. Aristotel a sistematizat cunoștințele din aproape toate ramurile cunoașterii, lăsând primele cunoștințe clasificate ca biologie, fiziologie, fizica precum și teorie literară. În plus, Aristotel a inventat domeniul cunoscut mai apoi ca logica formală. Cunoscut în epoca medievală de către intelectuali ca simplul *Filozoful*, Aristotel este probabil cel mai mare gânditor a epocii sale care a avut o mare influență în istoria dezvoltării intelectuale a civilizației europene.

**Fizica** este *știința majoră care are de-a face cu constituenții fundamentali ai universului, forțele pe care le exercită uni asupra altora, și rezultatele produse de aceste forțe*. Astfel, Fizica descrie lumea înconjurătoare de la macrocosm (structura galaxiilor, a nebuloaselor sau a sistemului solar) până la microcosm (structura moleculelor, a atomilor și nucleelor precum și a particulelor elementare). Universul este nemărginit atât în sensul dimensiunilor mari cât și în sensul dimensiunilor mici, de la  $\sim 10^{26}$  m (sau  $10^{10}$  ani-lumină) cât este considerată raza universului cunoscut până la  $10^{-15}$  diametrul nucleului.

**Fizica** este deseori definită ca știința care studiază: i) structura materiei; ii) proprietățile materiei prin mărimi fizice (M. F.), unități de măsură (U. M.) și instrumente de măsură; iii) legile de mișcare și iv) transformările (fenomenele) materiei. Cu toate acestea **mișcarea** este considerată proprietatea fundamentală a materiei, și care exprimă însuși modul ei de existență.

## 1.2 Definirea și măsurarea mărimilor fizice

*Definiție: Totalitatea procedeelor pe care le utilizează Fizica pentru a-și stabili legile se numesc metode de cercetare.* Câteva dintre acestea presupun: i) Observația directă unde se urmăresc numai fenomenele fizice în condiții naturale; și ii) Experimentul care presupune intervenția activă a cercetătorului, fenomenele sunt reproductibile, au ca rezultat stabilirea de legături între **mărimile fizice** și legile fizice precum și domeniu de valabilitate ale acestora. În schimb fenomenele empirice stabilesc relații matematice bazate numai pe rezultatele experimentale. Metodele de cercetare în Fizica sunt din cele mai diverse și complexe dar care presupun în același timp o rigoare științifică, astfel:

- **Legile Fizicii** – exprimă un adevăr care stabilește legătura dintre elementele esențiale definitorii ale fenomenelor și condițiile în care se realizează.
- **Ipoteza** – Este o presupunere cu privire la unele forme ale conexiunii fenomenelor sau la unele mecanisme interne care determină aceste mecanisme. La început se admite fără demonstrație.
- **Postulatul** – este un adevăr simplu pentru justificarea căruia nu putem folosi adevăruri mai simple.
- **Principiul** – O lege fizică ce definește anumite proprietăți fundamentale ale materiei. Se admite fără demonstrație. Se formulează matematic.
- **Teoria** – Dă o explicație unitară unui număr mare de fenomene care aparent nu au nici o legătură.

### ***Mărimi Fizice. Unități de Măsură***

**Definiție:** Prin Mărime Fizică se înțelege tot ceea ce se poate măsura și poate să varieze. Astfel mărimile fizice sunt acele proprietăți, caracteristici ale sistemelor fizice care pot fi măsurate sau măsurabile.

A **Măsura** o mărime fizică, ***M*** înseamnă a o compara cu altă mărime fizică de același fel luată ca etalon (unitate), **[M]**, și a stabili de câte ori unitatea este cuprinsă în mărimea fizică dată, ***M***.

$$M = m [M], \quad (1.1)$$

unde, ***M*** este mărimea fizică, ***m*** este valoarea numerică a mărimi fizice ***M***, iar **[M]** este unitatea de măsură a acesteia. Măsurătorile pot fi: i) Directe (X,Y,Z), și ii) Indirecte  $M = M(X,Y,Z)$

### 1.3 Mărimi și Unități Fundamentale și Derivate

Mărimile Fizice Fundamentale sunt cele care se definesc în mod direct, pentru care etalonul se alege în mod arbitrar, independent de alte mărimi fizice. Mărimile fizice au unități de măsură specifice și instrumente de măsură specifice. O aceeași mărime fizică poate să aibă mai multe unități de măsură, din categoria multiplii și submultiplii sau unități de măsură echivalente. De exemplu presiunea se poate măsura în  $\text{N/m}^2$ , Pa, atm., bar, mm coloană de mercur etc. O cantitate asociată cu unitatea de măsură este dimensiunea. Dacă numărul unităților de măsură a mărimilor fizice este foarte mare, practic fiecare mărime fizică având unitatea ei de măsură, dimensiunea acestora este o combinație a dimensiunilor mărimilor fizice fundamentale. În acest fel se poate aplica mai ușor principiului omogenității mărimilor fizice.

**Tabel 1.1 Mărimi fizice fundamentale, unități de măsură și dimensiunea lor.**

| Nr. Crt. | Mărimea Fundamentală             | Unitatea    | Simbolul | Dimensiunea |
|----------|----------------------------------|-------------|----------|-------------|
| 1        | Lungime                          | Metru       | m        | L           |
| 2        | Timp                             | Secunda     | s        | T           |
| 3        | Masa                             | Kilogramul  | kg       | M           |
| 4        | Intensitatea curentului electric | Amperul     | A        | I           |
| 5        | Intensitatea luminoasă           | Candela     | Cd       | J           |
| 6        | Temperatura                      | Kelvin      | K        | $\theta$    |
| 7        | Unghiul solid                    | Steradianul | Sr       | -           |
| 8        | Unghiul Plan                     | Radianul    | rad      | -           |

Mărimile Fizice Derivate sunt cele care se definesc în mod indirect, și unitățile de măsură se aleg în funcție de unitățile mărimilor fizice

fundamentale. Dacă avem o mărime fizică derivată care depinde de cele fundamentale:

$$U = U(L, T, M, I, J, \theta)$$

atunci se poate defini dimensiunea acesteia ca:

$$[U] = L^\alpha T^\beta M^\gamma I^\delta J^\epsilon \theta^\xi. \quad (1.2)$$

Formulele fizice se supun principiului omogenității formulelor care spune ca formulele sunt invariante la transformarea sistemului de unități de măsură. O altă interpretare practică a acestui principiu este acela ca nu se pot aduna sau scădea decât mărimi fizice de același fel.

## 1.4 Elemente de cinematica și dinamica punctului material

*Definiție: **Cinematica** este partea din mecanică în care se studiază mișcarea corpurilor fără a ne interesa natura lor, masa, cauzele și efectele mișcării. In cinematică se stabilesc formulele matematice care exprimă poziția, viteza și accelerația corpurilor aflate în mișcare, în orice moment de timp.*

### **Mișcarea și repausul**

*Definiție: Spunem că un corp este mobil, adică se află în mișcare, dacă el își schimbă, în timp poziția față de alte corpuri considerate „fixe”.*

*Definiție: Spunem că un corp se află în repaus dacă nu se schimbă în timp poziția lui față de alte corpuri considerate „fixe”.*

Nu se poate vorbi despre repaus absolut ci numai despre repaus relativ –față de un sistem de referință. Mișcarea mecanică și repausul sunt relative deoarece în natură nu putem găsi corpuri fixe; mișcarea mecanică și repausul se raportează la corpuri presupuse fixe, dar care în realitate se mișcă și ele față de alte corpuri.

## Sisteme de referință

*Definiție:* Corpurile în raport cu care precizăm poziția în spațiu a altor corpuri se numesc corpuri de referință. Corpul de referință împreună cu timpul inițial formează un sistem de referință spațio-temporal.



Sistemele de referință pot fi:

- Sisteme de referință inerțiale (SRI)
- Sisteme de referință neinerțiale (SRNI)



*Definiție:* Un punct oarecare dintr-un corp, în care se consideră concentrată toată substanța corpului dat, atribuindu-i-se toată masa corpului se numește **punct material**.

Fig. 1.1 Exemple de sisteme de referință inerțiale (SRI) și neinerțiale (SRNI).

## Elementele mișcării

### 1.5 Vectorul de poziție și de deplasare

Axelor unui sistem de coordonate rectangulare tridimensional li se poate da o orientare, asociind fiecărei axe un vector, care își are punctul de aplicație în originea sistemului de coordonate și direcția orientată de-a lungul axei respective. În particular, dacă vârfurile vectorilor sunt găsite în punctele care reprezintă valoarea unui a coordonatei axei respective acestea se numesc, versori. De-a lungul celor trei direcții,  $x$ ,  $y$  și  $z$ , se obișnuiește ca versorii să se noteze cu  $\vec{i}$ ,  $\vec{j}$  și respectiv  $\vec{k}$ .

*Definiție:* Vectorul  $\vec{r}(t)$  care specifică poziția în spațiu a punctului material, în orice moment de timp, se numește **vector de poziție**.

$$\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}, \quad (1.3)$$

Modulul sau distanța de la sistemul de referință la punctul material este:

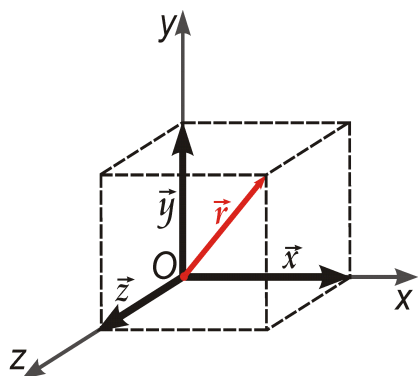


Fig. 1.2 Vectorul de poziție.

$$r(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2 + z(t)^2} \quad (1.4)$$

Dacă cel puțin una din coordonatele punctului material se modifică în timp atunci se poate spune că punctul material se mișcă.

A studia mișcarea punctului material înseamnă a găsi dependența explicită de timp a coordonatelor punctului sau, ceea ce este același lucru, a găsi legea de mișcare:

$$\vec{r} = \vec{r}(t). \quad (1.5)$$

*Definiție: Mulțimea punctelor din spațiu pe care le ocupă succesiv punctul material (vârful vectorului de poziție) în timpul mișcării acestuia, determină o linie numită **traietorie**.*

*Definiție: Lungimea drumului parcurs de punctul material în lungul traiectoriei se numește **spațiu**.*

Fig. 1.3 Traietoria unui corp în mișcare este în general o curbă.

Spațiul (care este o lungime) nu trebuie confundat cu traiectoria (care este o curbă). Un punct material poate parcurge același spațiu pe traiectorii diferite. Spațiul este o mărime fizică (se poate măsura) în timp ce traiectoria nu.

**Legea de mișcare împreună cu traiectoria formează elementele mișcării.**

Fie un punct material care are la momentul de timp  $t_1$  un vector de poziție  $\vec{r}(t_1) = \vec{r}_1$ , iar la momentul de timp  $t_2$  un vector de poziție  $\vec{r}(t_2) = \vec{r}_2$ . Variația vectorului de poziție în timpul  $\Delta t = t_2 - t_1$  este  $\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$  și se numește **deplasare**.

Spațiul parcurs de un punct material nu este deplasarea acelui punct. Acesta poate să fie egal (pentru o mișcare rectilinie) sau mai mare decât deplasarea (pentru o mișcare curbilinie sau oscilatorie).

$$s = |\Delta \vec{r}| = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1|, \quad \text{mișcare rectilinie} \quad (1.6)$$

$$s > |\Delta \vec{r}|, \quad \text{mișcare curbilinie} \quad (1.7)$$

$$s \geq |\Delta \vec{r}|. \quad \text{mișcare oscilatorie} \quad (1.8)$$

## 1.6 Vectorul Viteza

### Viteza medie

*Definiție:* Se numește viteza medie a punctului material în intervalul de timp  $\Delta t = t_2 - t_1$  raportul dintre deplasarea și intervalul de timp corespunzător.

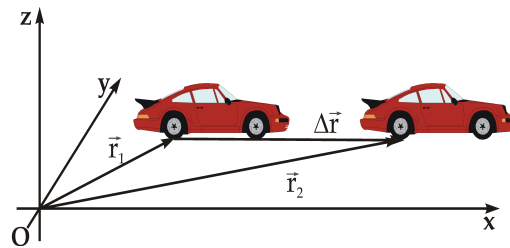


Fig. 1.4 Aflat în mișcare, un mobil își schimbă în timp poziția.

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}. \quad (1.9)$$

Viteza este o mărime vectorială care are aceeași orientare ca și deplasarea.

$$v_m = |\vec{v}_m| = \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \frac{s}{t}. \quad (1.10)$$

### Viteza instantanee

*Definiție:* Viteza instantanee este limita spre care tinde viteza medie când intervalul de timp tinde la zero.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (1.11)$$

Dimensiunea vitezei se poate stabili pe baza relației:



$$[v] = \frac{[r]}{[t]} = \frac{m}{s} = LT^{-1}. \quad (1.12)$$

### **Mișcarea rectilinie uniformă.**

*Definiție:* Mișcarea în care punctul material parcurge spații egale în intervale de timp egale se numește rectilinie uniformă. Pentru o astfel de mișcare viteza este constantă.

$$v = \frac{ds}{dt} \Rightarrow ds = v \cdot dt, \quad (1.13)$$

prin integrare se obține:

$$\int_{s(0)}^{s(t)} ds = \int_0^t v \cdot dt' \Rightarrow s(t) - s(0) = v \cdot t, \quad (1.14)$$

de unde spațiul parcurs în timp este:

$$s(t) = s(0) + v \cdot t. \quad (1.15)$$

## **1.7 Accelerația**

### **Accelerația medie**

*Definiție:* Se numește accelerația medie a punctului material în intervalul de timp  $\Delta t = t_2 - t_1$  raportul dintre variația vitezei și intervalul de timp corespunzător.

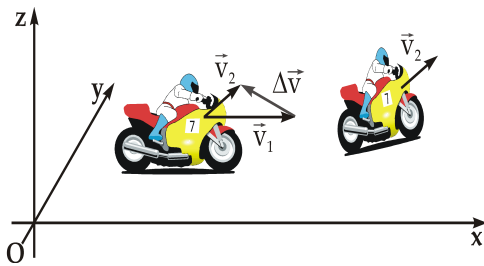


Fig. 1.5 Aflat în mișcare neuniformă, un mobil își schimbă în timp viteza.

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}. \quad (1.16)$$

Viteza este și ea o mărime vectorială. Orientarea ei nu coincide cu orientarea vitezei sau a deplasării.

$$a_m = |\vec{a}_m| = \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t}. \quad (1.17)$$

### **Accelerația instantanee**

*Definiție: Accelerația instantanee este limita spre care tinde accelerația medie când intervalul de timp tinde la zero.*

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}. \quad (1.18)$$

Dimensiunea accelerației se poate stabili pe baza relației:

$$[a] = \frac{[v]}{[t]} = \frac{m}{s^2} = LT^{-2}. \quad (1.19)$$

### **Mișcarea rectilinie uniform accelerată**

*Definiție: Mișcarea se numește rectilinie uniform accelerată, mișcarea în care accelerația punctului material rămâne constantă atât în mărime cât și în orientare.*

$$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow dv = a \cdot dt, \quad (1.20)$$

prin integrare se obține:

$$\int_{v(0)}^{v(t)} dv = \int_0^t a \cdot dt' \Rightarrow v(t) - v(0) = a \cdot t, \quad (1.21)$$

de unde viteza în funcție de timp este:

$$v(t) = v(0) + a \cdot t, \quad (1.22)$$

iar spațiul parcurs este:

$$\int_{s(0)}^{s(t)} ds = \int_0^t v(t') \cdot dt' \Rightarrow s(t) - s(0) = \int_0^t [v(0) + a \cdot t'] dt',$$

$$s(t) = s(0) + v(0) \int_0^t dt' + a \int_0^t t' dt',$$

$$s(t) = s(0) + v(0)t + a \frac{t^2}{2}, \quad (1.23)$$

care este ecuația spațiului în mișcarea variată cu spațiu inițial și viteză inițială.

**Ecuația lui Galilei** – exprimă legătura dintre viteza punctului material și spațiul parcurs de acesta la orice moment de timp.

Din ecuația (1.22) putem exprima timpul parcurs:

$$t = \frac{v(t) - v(0)}{a}, \quad (1.24)$$

de unde ecuația spațiului devine:

$$s(t) = s(0) + v(0) \frac{v(t) - v(0)}{a} + a \frac{\left( \frac{v(t) - v(0)}{a} \right)^2}{2}, \quad (1.25)$$

$$s(t) = s(0) + \frac{v^2(t) - v^2(0)}{2a}$$

de unde:

$$v^2(t) = v^2(0) + 2a[s(t) - s(0)]. \quad (1.26)$$