Cursul 2. Mecanica punctului material
Mişcarea rectilinie

1.3 Mărimi şi Unităti Fundamentale şi 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 unităţi de măsură specifice şi instrumente de măsură specifice. O aceeaşi mărime fizică poate să aibă mai multe unităţi de măsură, din categoria multiplii şi submultiplii sau unităţi de măsură echivalente. De exemplu presiunea se poate măsura în N/m^2, Pa, atm., bar, mm coloană de mercur etc.

Tabel 1.1 Mărimi fizice fundamentale, unităţi de măsură şi dimensiunea lor.

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

O cantitate asociată cu unitatea de măsură este dimensiunea. Dacă numărul unităţilor de măsură a mărimilor fizice este foarte mare, practic fiecare mărime fizică având unitatea ei de măsură, dimensiunea acestora este o combinaţie a dimensiunilor mărimilor fizice fundamentale. În acest fel se poate aplica mai uşor principiului omogenităţii mărimilor fizice.

Mărimile Fizice Derivate sunt cele care se definesc în mod indirect, şi unităţile de măsură se aleg în funcţie de unităţile 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 definii dimensiunea acesteia ca:

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

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

1.4 Elemente de cinematica şi dinamica punctului material

Definiţie: ***Cinematica*** *este partea din mecanică în care se studiază mişcarea corpurilor fără a ne interesa natura lor, masa, cauzele şi efectele mişcării. In cinematică se stabilesc formulele matematice care exprimă poziţia, viteza şi acceleraţia corpurilor aflate în mişcare, în orice moment de timp.*

Mişcarea şi repausul

Definiţie: Spunem că un corp este mobil, adică se află în mişcare, dacă el îşi schimbă, în timp poziţia faţă de alte corpuri considerate „fixe”.

Definiţie: Spunem că un corp se află în repaus dacă nu se schimbă în timp poziţia lui faţă de alte corpuri considerate „fixe”.

Nu se poate vorbi despre repaus absolut ci numai despre repaus relativ –faţă de un sistem de referinţă. Mişcarea mecanică şi repausul sunt relative deoarece în natură nu putem găsi corpuri fixe; mişcarea mecanică şi repausul se raportează la corpuri presupuse fixe, dar care în realitate se mişcă şi ele faţă de alte corpuri.

Sisteme de referinţă

Definiţie: Corpurile în raport cu care precizăm poziţia în spaţiu a altor corpuri se numesc corpuri de referinţă. Corpul de referinţă împreună cu timpul iniţial formează un sistem de referinţă spaţio–temporal.

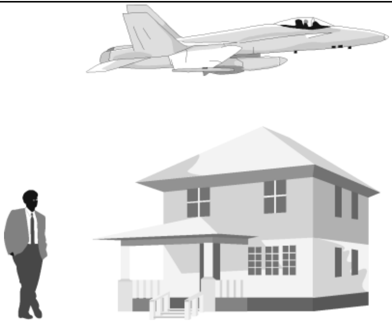

Fig. 1.1 Exemple de sisteme de referinţă inerţiale (SRI) şi neinerţiale (SRNI).

Sistemele de referinţă pot fi:

- Sisteme de referinţă inerţiale (SRI)
- Sisteme de referinţă neinerţiale (SRNI)

Definiţie: Un punct oarecare dintr-un corp, în care se consideră concentrată toata substanţa corpului dat, atribuindu-i-se toată masa corpului se numeşte ***punct material****.*

Elementele mişcării

1.5 Vectorul de poziţie şi de deplasare

Axelor unui sistem de coordonate rectangulare tridimensional li se poate da o orientare, asociind fiecărei axe un vector, care îşi are punctul de aplicaţie în originea sistemului de coordonate şi direcţia orientată dea lungul axei respective. În particular, dacă vârfurile vectorilor sunt găsite în punctele care reprezintă valoarea unu a coordonatei axei respective acestea se numesc, versori. Dea lungul celor trei direcţii, x, y şi z, se obişnuieşte ca versorii să se noteze cu $\vec{i}$, $\vec{j}$ si respectiv $\vec{k}$.

Definiţie: Vectorul $\vec{r}(t)$ care specifică poziţia în spaţiu a punctului material, în orice moment de timp, se numeşte ***vector de poziţie****.*

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

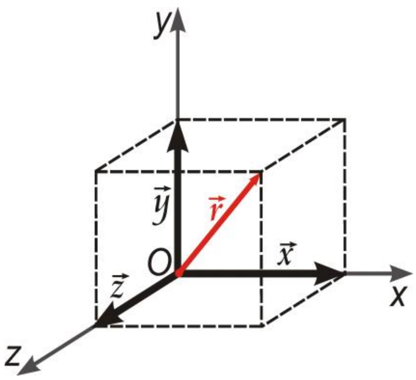

Fig. 1.2 Vectorul de poziţie.

Modulul sau distanţa de la sistemul de referinţă la punctul material este:

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

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

A studia mişcarea punctului material înseamnă a găsi dependenţa explicită de timp a coordonatelor punctului sau, ceea ce este acelaşi lucru, a găsi legea de mişcare:

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

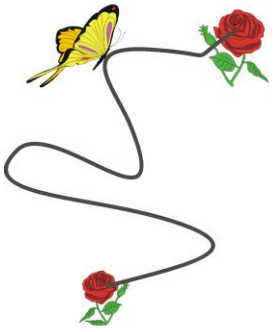

Fig. 1.3 Traiectoria unui corp în mişcare este în general o curbă.

*Definiţie: Mulţimea punctelor din spaţiu pe care le ocupă succesiv punctul material (vârful vectorului de poziţie) în timpul mişcării acestuia, determină o linie numită **traiectorie**.*

Definiţie: Lungimea drumului parcurs de punctul material în lungul traiectoriei se numeşte spaţiu.

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

Legea de mişcare împreună cu traiectoria formează elementele mişcării.

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

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

$$s = |\Delta\vec{r}| = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1|, \qquad \text{mişcare rectilinie} \tag{1.6}$$

$$s > |\Delta\vec{r}|, \qquad \text{mişcare curbilinie} \tag{1.7}$$

$$s \geq |\Delta\vec{r}|. \qquad \text{mişcare oscilatorie} \tag{1.8}$$

1.6 Vectorul Viteza

Viteza medie

Definiţie: Se numeşte viteza medie a punctului material în intervalul de timp $\Delta t = t_2 - t_1$ raportul dintre deplasarea şi intervalul de timp corespunzător.

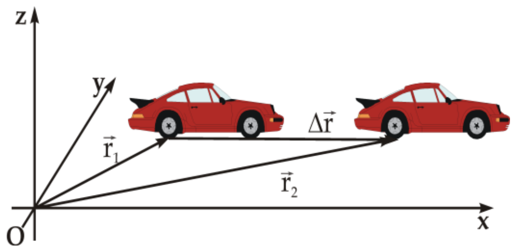

Fig. 1.4 Aflat în mişcare, un mobil îşi schimbă în timp poziţia.

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

Viteza este o mărime vectorială care are aceeaşi orientare ca şi deplasarea.

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

Viteza instantanee

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

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \tag{1.11}$$

Dimensiunea vitezei se poate stabili pe baza relaţiei:

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

Mişcarea rectilinie uniformă.

Definiţie: Mişcarea în care punctul material parcurge spaţii egale în intervale de timp egale se numeşte rectilinie uniformă. Pentru o astfel de mişcare viteza este constantă.

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

prin integrare se obţine:

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

de unde spaţiul parcurs în timp este:

$$s(t) = s(0) + v \cdot t. \tag{1.15}$$

1.7 Vectorul acceleraţie

Acceleraţia medie

Definiţie: Se numeşte acceleraţia medie a punctului material în intervalul de timp $\Delta t = t_2 - t_1$ raportul dintre variaţia vitezei şi intervalul de timp corespunzător.

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

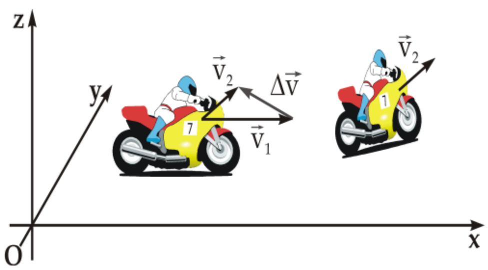

Fig. 1.5 Aflat în mişcare neuniformă, un mobil îşi schimbă în timp viteza.

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

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

Acceleraţia instantanee

Definiţie: Acceleraţia instantanee este limita spre care tinde acceleraţia medie când intervalul de timp tinde la zero.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}. \tag{1.18}$$

Dimensiunea acceleraţiei se poate stabili pe baza relaţiei:

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

Mişcarea rectilinie uniform accelerată

Definiţie: Mişcarea se numeşte rectilinie uniform accelerată, mişcarea în care acceleraţia punctului material rămâne constantă atât în mărime cât şi în orientare.

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

prin integrare se obţine:

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

de unde viteza in funcţie de timp este:

$$v(t) = v(0) + a \cdot t, \tag{1.22}$$

iar spaţiul parcurs este:

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

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

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

care este ecuaţia spaţiului în mişcarea variată cu spaţiu iniţial şi viteză iniţială.

Ecuaţia lui Galilei – exprimă legătura dintre viteza punctului material şi spaţiul parcurs de acesta la orice moment de timp.

Din ecuaţia (1.22) putem exprima timpul parcurs:

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

de unde ecuaţia spaţiului devine:

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

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

de unde:

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