

Notiuni de teoria relativității restrânse

1. Principiul relativității în mecanica clasică.

Principiile mecanicii clasice se bazează pe conceptele de timp absolut și spațiu absolut independente de prezența oricărui observator și de mișcarea acestuia.

Aceste supozitii conduc la observația lui Galilei conform căreia în nici un sistem de referință inerțial (SRI, sistemele de referință inerțiale sunt acelea considerate în repaus sau în mișcare rectilinie uniformă unele față de altele) prin nici un experiment de mecanică nu putem pune în evidență mișcarea rectilinie uniformă a acestuia. Ca de exemplu dacă ne aflăm pe o corabie care se mișcă în rectiliniu uniform și nu avem nici un contact cu mediul exterior (suntem închiși într-o cabină) atunci nu putem să ne dam seama dacă corabia se află în mișcare sau repaus (pentru că lucrurile se întâmplă la fel). Acesta este conținutul principiului relativității în mecanica clasică.

O consecință imediată a acestui principiu este relația de compunere a vitezelor în mecanica clasică și anume dacă avem două sisteme de referință, unul fix SR fix și unul mobil SR mobil aflat în mișcare rectilinie uniformă cu viteza \vec{v} față de primul și un obiect să zicem o bilă aflată în mișcare cu viteză constantă \vec{u} față de SR mobil atunci viteza bilei față de SR fix va fi: (Fig.1)

$$\vec{v}_1 = \vec{u} + \vec{v} \text{ adică } v_1 = u + v$$

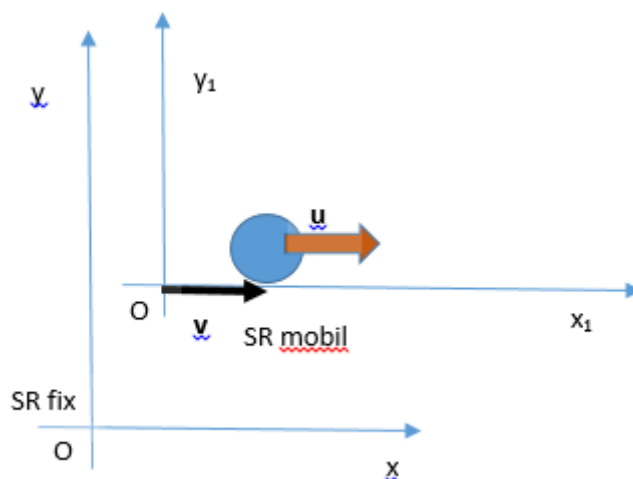


Fig. 1

Pe de altă parte în mecanica clasică se consideră că masele corpurilor nu depind de viteza acestora, masa este o constantă și din acest motiv **principiul II al mecanicii** se scrie $\vec{F} = m\vec{a}$.

Experimentele efectuate la sfașitul anilor 1800 și începutul anilor 1900 au arătat însă că lumina se comportă diferit față de corpurile obișnuite, și anume din ecuațiile Maxwell și experimentele efectuate de Fizeau, Michelson, Morley a rezultat că viteza luminii are tot timpul aceeași valoare și că ea nu respectă legea clasică de compunere a vitezelor descrisă mai sus.

Și anume dacă avem un bec aflat într-un SR ($Ox_1 y_1$) care se află în mișcare cu viteza v față de un SR fix (Oxy), și becul emite lumină (viteza luminii fiind c) atunci în conformitate cu mecanica clasică viteza luminii față de SR fix ar fi: $c + v$. **În realitate ea se dovedește a fi tot c .** (Fig.2)

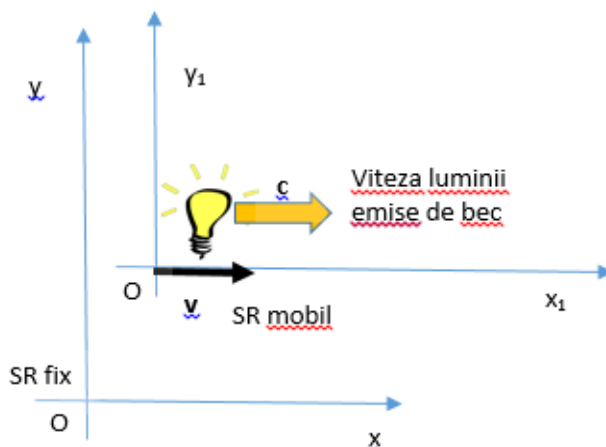


Fig. 2

Comportarea diferită a luminii legată de relația de compunere a vitezelor în mecanica clasică a condus la ideea că relațiile matematice din care derivă această compunere, relații numite transformări Galilei, nu se aplică în cazul luminii și atunci trebuie găsite relații mai generale care să includă și această situație. Aceste relații mai generale sunt transformările Lorentz.

2. Postulatele teoriei relativității restrânse - TRR.

Teoria relativității restrânse are la bază două principii stabilite de Albert Einstein în 1905 și care sunt următoarele:

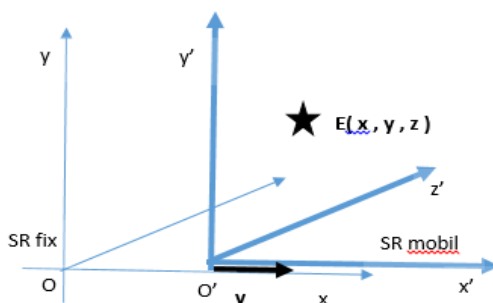
- I. Prin nici un experiment de fizică nu se poate pune în evidență mișcarea rectilinie uniformă sau repausul unui SR inerțial și prin urmare toate legile fizicii se formulează la fel în toate sistemele de referință inerțiale.
- II. Viteza luminii este o constantă universală, valoarea vitezei luminii este tot timpul aceeași ea fiind independentă de mișcarea sursei care o produce sau de mișcarea SR față de care se măsoară.

Viteza luminii are valoare maximă în vid sau aer, valoarea măsurată fiind de aproximativ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

3. Consecințe ale postulatelor TRR

I. Transformările lui Lorentz

Considerăm două sisteme de referință unul fix $Oxyz$ și unul mobil $Ox'y'z'$, cel fix se deplasează cu viteza \vec{v} față de cel mobil, inițial originile celor două sisteme de referință au coincis.



Fie un eveniment care se produce în raport cu sistemul de referință fix $E(x, y, z)$ coordonatele x, y, z fiind cunoscute, atunci coordonatele în raport cu SR mobil sunt x', y', z' și se calculează conform relațiilor :

$$\begin{aligned} t' &= \gamma \left(t - \frac{vx}{c^2} \right) \\ x' &= \gamma (x - vt) \\ y' &= y \\ z' &= z \end{aligned} \quad (1)$$

Unde $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ se numește factorul Lorentz, iar relațiile (1) se numesc relații Lorentz.

II. Contractia lungimilor

Dimensiunea obiectelor măsurată în direcția de deplasare a SR inerțiale depinde viteza acestora.

Să considerăm o riglă în repaus față de observatorul mobil. Acesta măsoară o lungime a riglei L_0 , aceasta numindu-se lungime proprie. Față de SR fix față de care rigla este în mișcare lungimea acesteia percepută de observatorul legat de SR fix este mai mică și anume este dată de relația:

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

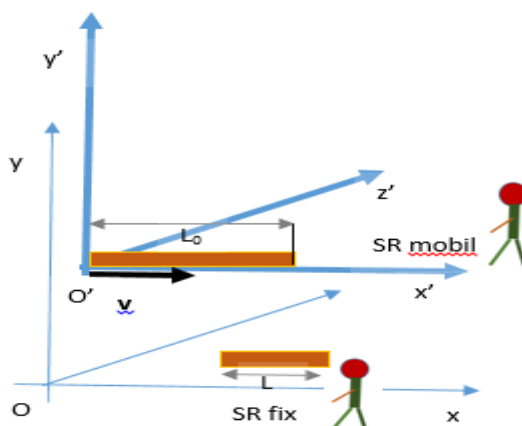


Fig. 3

În figura de mai jos este reprezentată o minge în repaus și apoi mișcându-se cu viteze din ce în ce mai mari comparativ cu viteza luminii. Observatorul fix percepe mingea nu sferică ci contractată pe direcția ei de mișcare, contractia este cu atât mai mare cu cât viteza se apropie de c .

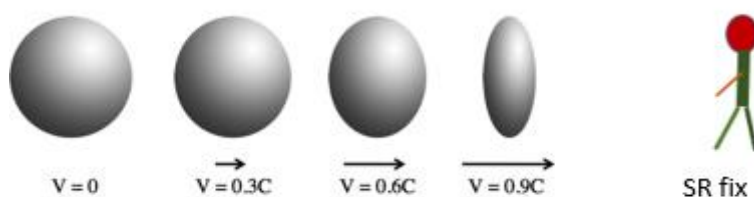


Fig. 4

III. Dilatarea duratelor

Durate diferitelor evenimente depind de SR față de care le măsurăm. Si anume să luăm exemplul miuonilor. Miuonii sunt niște particule elementare care se găsesc în atmosferă și provin din spațiul cosmic , miuonii au un timp de viață după care de dezintegrează. Timpul lor de viață însă depinde de faptul dacă sunt în repaus sau mișcare. În imaginile de mai jos este ilustrată situația pentru repaus, și viteze foarte mari , $0,9c$ înseamnă de exemplu $0,9$ din viteza luminii (90% din viteza luminii). Se observă ca timpul de viață poate crește și de 100 de ori. (Fig.4)

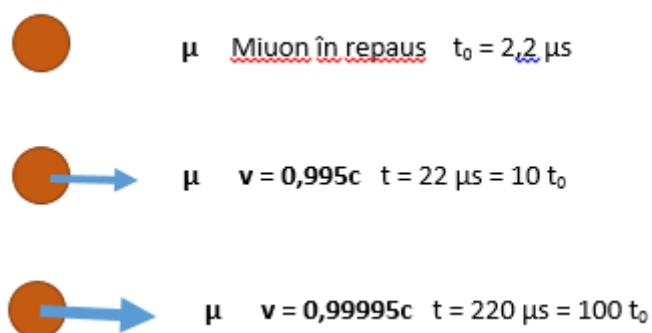


Fig. 5

Dacă notăm t_0 durata unui proces în SR față de care procesul e în repaus, numit și timp propriu, și măsurăm durata același proces în raport cu un SR aflat în mișcare cu viteza v , durata procesului crește conform relației:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Acest fenomen se numește dilatarea duratelor.

IV. Variația masei corpurilor cu viteza

În conformitate cu teoria relativității masa corpurilor nu este o constantă ea se modifică cu viteza conform relației:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Unde m_0 este masa de repaus , masa corpului măsurată în repaus, m reprezintă masa de mișcare care crește cu creșterea vitezei. La o viteză a corpului egală cu viteza luminii $m \rightarrow \infty$.

V. Relația masă-energie

Orice corp de masă m înglobează o cantitate de energie ,

$$E = mc^2 ,$$

unde m este masa de mișcare, c este viteza luminii.

Această cantitatea de energie este diferită de energia de repaus care este,

$$E_0 = m_0c^2 ,$$

unde m_0 este masa de repaus măsurată în SR față de care corpul e în repaus.

Energia cinetică este diferență dintre $E - E_0 = E_C$

Rezultatele teoriei relativității sunt aplicabile doar în cazul vitezelor foarte mari, apropiate de viteza luminii. În cazul vitezelor obișnuite folosim regulile mecanicii clasice.