

# 1 Cinematica relativistă. Consecințele cinematice ale transformărilor Lorentz

## 1.1 Constrația relativistă a lungimilor

În mecanica clasică, conform transformărilor Galilei, se aplică invarianța intervalului spațial, adică dimensiunile corpurilor rămân constante la trecerea de la un SRI la altul.

Intervalul temporal este de asemenea considerat invariant la trecerea de la un SRI la altul.

Însă timpul și spațiul nu mai pot fi considerate mărimi absolute în teoria relativității creată de Einstein.

Prin trecerea de la un SRI la altul, dimensiunile longitudinale ale corpurilor suferă modificări.

De exemplu, considerăm un corp de formă liniară, precum o riglă, aflată pe axa  $Ox$  în repaus și având lungimea  $l_0$  în sistemul  $S$ , numit *sistem de referință propriu* (SRP). Putem exprima  $l_0$  prin diferența absciselor capetelor sale:

$$l_0 = x_2(t) - x_1(t)$$

Mai departe, măsurăm lungimea riglei în sistemul de referință inerțial  $S'$ , care are o mișcare de translație uniformă de-a lungul  $Ox$  cu viteza  $V$  față de  $S$ . Fie  $x'_1$  și  $x'_2$  abscisele riglei măsurate la același moment de timp  $t'$ , măsurat cu un ceas solidar cu  $S'$ . Conform transformărilor Lorentz, obținem

$$l_0 = x_2 - x_1 = \frac{x'_2 + Vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}} - \frac{x'_1 + Vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{x'_2 - x'_1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{l'}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

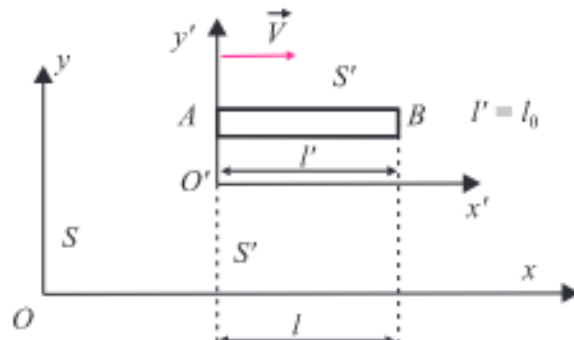
unde am notat  $\beta = \frac{V}{c}$ . De aici rezultă

$$l' = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$$

Se observă că lungimea  $l'$  măsurată în  $S'$  este mai mică decât lungimea proprie  $l_0$ . Rigla a rămas identică cu ea însăși, însă rezultatul măsurării lungimii diferă de la un SRI la altul.

## Problemă rezolvată

Fie o riglă aflată în repaus într-un SRI  $S'$ , care este aflat în translație uniformă față de un SRI  $S$ . Să se exprime lungimea riglei  $l = x_2(t) - x_1(t)$  în referențialul  $S$  în funcție de lungimea  $l' = l_0$  a riglei în sistemul  $S'$ .



**Fig. 1.4** Contractarea lungimilor. Rigla este solidară cu  $S'$

Din  $x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$  rezultă  $x = x' \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} + Vt$ . Atunci

$$l = x'_2 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} + Vt - x'_1 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} - Vt$$

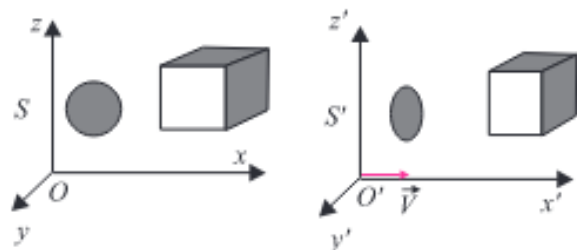
$$l = (x'_2 - x'_1) \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

Dimensiunile transversale ale corpurilor nu se modifică:  $y' = y$  și  $z' = z$ . Astfel, volumul corpului se modifică doar în direcția mișcării.

$$\mathcal{V}_0 = xyz$$

$$\mathcal{V}' = x'y'z' = x \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} yz = \mathcal{V}_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

Privind o sferă dintr-un sistem de referință față de care se mișcă, aceasta apare turtită în direcția mișcării. Un cub devine un paralelipiped. Aceste modificări reprezintă forma reală a obiectelor, nu doar ceea ce vede un observator. Imaginea adevărată a corpului poate fi obținută numai prin localizarea simultană a tuturor punctelor acestuia. Atunci când observăm un obiect în mișcare rapidă, în realitate înregistrăm fotonii emiși de obiect atunci când ajung pe retină. Fotonii nu au fost emiși simultan de toate punctele corpului, și astfel ochiul percepe o imagine deformată.



**Fig. 2** Sfera se turtește, iar cubul devine paralelipiped