

Relativistická kinematika

Vypracovala: B. Horváthová

Relativistická kinematika je časťou špeciálnej teórie relativity a popisuje pohyb fyzikálnych objektov vzhľadom na pohybujúce sa inerciálne vzťažné sústavy pre rýchlosti menšie alebo rovnajúce sa rýchlosti svetla.

Poznanie elektromagnetickej podstaty svetla, tým zjednotenie teoretickej optiky s elektrodynamikou v druhej polovici 19. storočia, patrí k najväčším objavom vo fyzike.

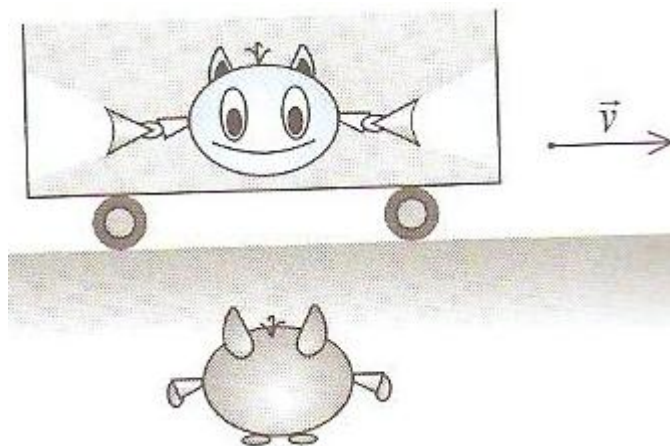
Vo fyzike bol veľký problém, že pre rýchlosť pohybu svetelného a elektromagnetického vlnenia neplatí klasický zákon o skladaní rýchlostí.

Albert Einstein v roku 1905 publikoval prácu, ktorá bola základom špeciálnej teórie relativity, ktorá vytvorila nový relativistický obraz sveta.

V experimente v roku 1964 fyzici v **CERNE** skúmali elementárne častice (neutrálne pióny) pohybujúce sa vzhľadom na laboratórium rýchlosťou $0,999c$. Každý pión vyslal pri svojom rozpade gama žiarenie s rýchlosťou c . Rýchlosť vyžiarenej častice vzhľadom na laboratórium by sa mala podľa zákona skladania rýchlostí v klasickej mechanike rovnať $1,999c$.

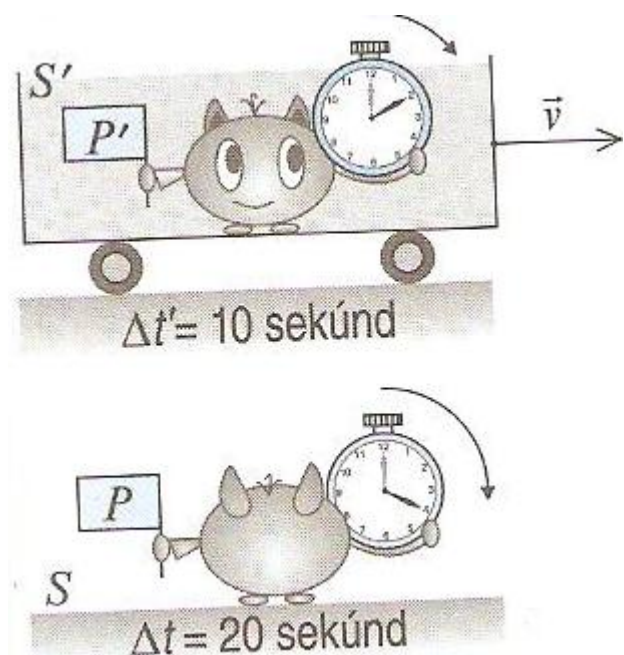
Tento aj iné experimenty potvrdili, že rýchlosť elektromagnetického žiarenia je v dvoch rôznych inerciálnych vzťažných sústavách vždy rovnaká bez ohľadu na to, akou rýchlosťou sa vzájomne voči sebe pohybujú.

Z princípu stálej rýchlosti svetla plynie **relatívnosť súčasnosti**. Dve súčasné udalosti, ktoré nastali na rôznych miestach zvolenej inerciálnej vzťažnej sústavy, obecne nie sú súčasné v inej inerciálnej vzťažnej sústave. Súčasnosť dvoch nesúmiestnych udalostí je relatívna. **Súmiestne udalosti** sú udalosti, ktoré sa stali v inerciálnej vzťažnej sústave na jednom mieste. Ak dve súčasné udalosti nastali na jednom mieste danej inerciálnej sústavy, potom sú súčasné vo všetkých inerciálnych vzťažných sústavách.



Na obrázku vidíme , že vo vlaku , ktorý ide stálou rýchlosťou , stojí uprostred napríklad človek s dvomi baterkami , jednu má namierenú na stenu v smere jazdy , druhú na stenu proti smeru jazdy. Obe žiarovky rozsvieti súčasne. Z jeho pohľadu dopadnú lúče svetla na steny súčasne (svetlo musí prejsť rovnakú vzdialenosť). Z pohľadu vonkajšieho pozorovateľa , ktorý sa nepohybuje , tieto dopady súčasné nie sú.

Oba lúče sa vzhľadom k nemu pohybujú opäť rovnakou rýchlosťou , ale jednému ide stena oproti a druhému lúču stena uteká. Udalosti pre vonkajšieho pozorovateľa nie sú súčasné.



Hodiny pohybujúce vzhľadom na stojaceho pozorovateľa P idú z jeho pohľadu pomalšie než hodiny , ktoré sú vzhľadom na tohto pozorovateľa v pokoji. Relativistické spomalenie chodu hodín , ktoré sa vzhľadom na pozorovateľa pohybujú sa nazýva **dilatácia času**.

Pozorovateľ P pozoruje určitý dej vo vzťažnej sústave S' , ktorá sa vzhľadom na sústavu S pohybuje rýchlosťou \mathbf{v} . Pozorovateľ P nameria dobu trvania tohto deja . Pozorovateľ P' nachádzajúci sa v sústave S' nameria dobu trvania tohto deja .

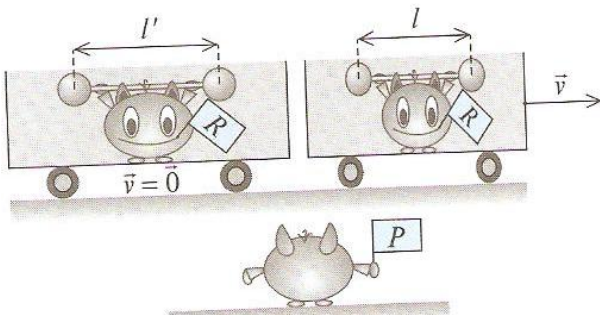
Pre namerané doby platí:

Pre časový interval platí:

Dilatácia času znamená , že časový interval medzi dvomi nesúmiestnymi udalosťami je vždy dlhší ako časový interval medzi týmito udalosťami meraný pozorovateľom , pre ktorého sú obe udalosti súmiestne. Z hľadiska pozorovateľa P sú udalosti vysielanie svetelného signálu a príjem svetelného signálu nesúmiestne , z hľadiska pozorovateľa P' sú tieto udalosti súmiestne.

Dilatácia času bola overená pomocou atómových hodín v roku 1971 . Atómové hodiny sa nachádzali na palube lietadla letiaceho okolo Zeme a vzhľadom na hodiny na Zemi sa oneskorili o 203 ns.

Pre rýchlosti oveľa menšie ako je rýchlosť svetla , čiže v klasickej mechanike , môžeme predpokladať , že čas plynie vo všetkých inerciálnych sústavách rovnako.



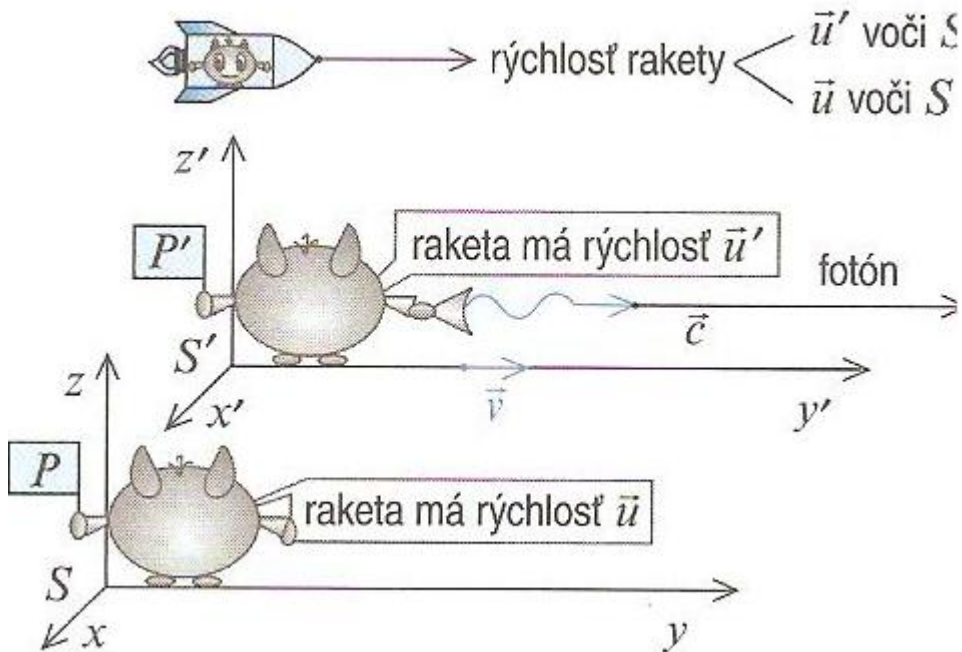
Kontrakcia dĺžky je relativistické skrátenie dĺžky predmetu v pohybujúcej sa sústave a je pozorovateľné iba pre rozmery predmetu v smere pohybu , ostatné rozmery zostanú nezmenené.

Ak dĺžka l' je dĺžka tyče meraná pozorovateľom R , vzhľadom na ktorého je tyč v pokoji , a l je dĺžka meraná pozorovateľom P , vzhľadom na ktorého sa tyč pohybuje , potom platí :

Ak v je rýchlosť pohybujúcej sa sústavy a c je rýchlosť svetla platí:

V klasickej mechanike , kde pracujeme s malými rýchlosťami , môžeme predpokladať , že rozmery

fyzikálnych objektov sú vo všetkých inerciálnych sústavách rovnaké.



Inerciálna vzťažná sústava sa pohybuje rýchlosťou \mathbf{v} voči inej sústave S . Teleso sa pohybuje rýchlosťou \mathbf{u}' vzhľadom na sústavu S' a rýchlosťou \mathbf{u} vzhľadom na sústavu S . Ak sú rýchlosti rovnobežné potom pre ich veľkosti platí Einsteinov vzorec :

✘

Tento vzorec bol experimentálne overený napríklad rozpade elementárnych častíc letiacich rýchlosťami blízky rýchlostiam svetla. V klasickej fyzike prechádza tento vzorec do vzťahu:

✘

Relativistickým skladaním rýchlostí nemožno prekročiť rýchlosť svetla.

Príklad :

Kozmická loď má na Zemi dĺžku 100m. Pri svojej ceste do stredu Galaxie letí rýchlosťou $0,9999999c$. Akú dĺžku by nameral pozorovateľ vo vzťažnej sústave v strede Galaxie napríklad v sústave Vegy?

✘

Po číselnom dosadení:

Hypotetický pozorovateľ vo vzťažnej sústave Vegy , voči ktorej letí kozmická loď rýchlosťou $0,999999c$, by nameral dĺžku lode $14,1\text{cm}$.

Otázky:

- 1)Kedy sú dve udalosti súmiestne?
- 2) Čo znamená dilatácia času?
- 3)Kedy môžeme pozorovať relativistické skrátenie dĺžky?

Použitá literatúra:

Kniha :Zmaturuj z fyziky, P. Tarábek a kol.

Vypracovala: B. Horváthová