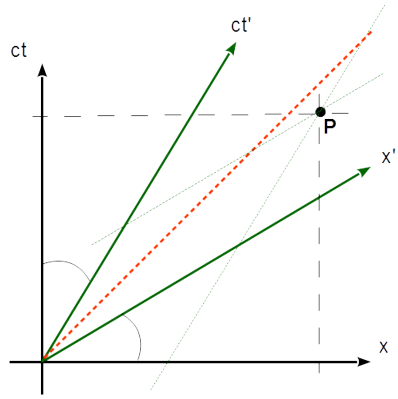
Základy fyziky (1) - Cvičenie 13

Akékoľvek otázky smelo smerujte na
`juraj(a)tekel(b)gmail(c)com`

Cvičenie bolo 14.12.2023



$\tan\alpha = \frac{v}{c}$

Príklad 1. Ukážte, že ak sa dve udalosti udiali v jednej sústave v tom istom čase ale na rôznom mieste, v pohybujúcich sa sústavách nastanú v rôznych časoch.

Príklad 2. Ukážte, že ak sa dve udalosti udiali v stojacej sústave na tom istom mieste v dvoch rôznych časoch, pre každého pozorovateľa s rýchlosťou $v < c$ sa udejú v tom istom poradí. Ukážte tiež, že pre pozorovateľa s rýchlosťou $v > c$ by sa udiali v opačnom poradí.

Čo to znamená pre kauzalitu a existenciu takýchto pozorovateľov.

Príklad 3 (Tachyóny)**.** Tachyóny sú fiktívne častice, ktoré sa hýbu rýchlejšie ako svetlo. Ukážte, že ak stojaci pozorovateľ posiela pohybujúcemu sa pozorovateľovi tachyón, ten ho (vo svojej sústave) prijme skôr, ako mu bol vyslaný.

Príklad 4 (Budúci a minulý svetelný kužeľ)**.** Majme udalosť P. Ako vyzerajú všetky udalosti, ktoré môže táto udalosť v budúcnosti ovplyvniť (tj. žiadny povolený pozorovateľ ich nemôže vidieť v opačnom poradí)? Ako vzyerajú všetky udalosti, ktoré naopak mohli ovplivniť P?

Príklad 5 (Najštandardnejší ŠTR príklad príklad na svete)**.** Majme vagón, ktorý sa po nástupišti pohybuje rýchlosťou v. V strede vagónu sa v čase $t = 0$ zapne lampa a vyšle dopredu aj dozadu svetelný signál. V akom poradí dorazia svetelné signály na zodpovedajúci koniec vagóna v sústave spojenej s

- vagónom,
- nástupištom,
- oproti idúcim vlakom?

Príklad 6 (Porovnávanie pravítok)**.** Majme dvoch pozorovateľov, ktorý každý nesie pravítko dĺžky $1\,m$ (v jeho sústave). Pohybujú sa vzhľadom na seba rýchlosťou v. Rozmyslite si, ako vyzerá jedno pravítko v sústave toho druhého.

Najmä si rozmyslite, ako to funguje s meraním dĺžky jedného pravítka druhým pozorovateľom. A naopak, druhého pravítka prvým pozorovateľom. Ako musia vyzerať výsledky, aby nebol porušený prvý postulát a teda sa nedalo povedať, že pohyb jedného z pozorovateľom je objektívne iný ako toho druhého?

Príklad 7 (Dilatácia času)**.** V predchádzajúcom príklade ste ukázali, že stojaci pozorovateľ vidí pohybujúce sa pravítko skrátené. Čo to znamená pre chod pohybujúcich sa hodín? Jedna sekunda je taký čas t, že platí $ct = 1/, m$.

Príklad 8 (Paradox dvojičiek)**.** Majme dvojičky, Alicu a Boba, ktoré sú pri narodení v čase $t = 0$ rozdelené. Bob zostal na Zemi, zatiaľ čo Alicu naložili na vesmírnu loď a 10 rokov (tak, ako ich videla ona) sa viezla rýchlosťou $c/2$ preč od Zeme. V tom momente sa ale jej loď otočila a opačným smerom, opäť rýchlosťou $c/2$ sa 10 rokov vracala späť na Zem. Vystúpila z lode a stretla Boba. Kto z nich za ten čas viac zostarol?

Príklad 9 (Rebríkový paradox)**.** Majme vlak dĺžky L, ktorý chce prejsť cez tunel dĺžky $l < L$. Problémom je, že na koncoch tunela sú dvere a naraz vedia byť otvorené iba jedny z nich.

To sa nezdá byť problém, v sústave spojenej s tunelom sa dôsledkom kontrakcie dĺžky vlak skráti a keď pôjde dostatočne rýchlo, do tunela sa vmestí. Avšak v sústave spojenej s vlakom sa skráti tunel a vlak sa do neho vmestí tým viac nie, čím rýchlejšie pôjde.

Tak ako je to? Prejde vlak cez tunel?

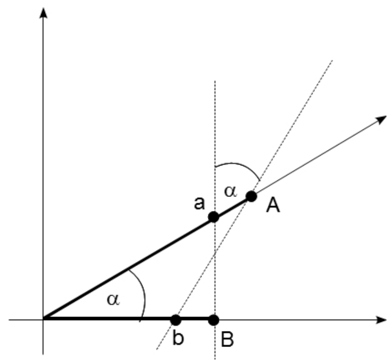
Vyberte si jeden z príkladov, druhý potom ako bonus.

Príklad 10. Od stojaceho pozrovateľa sú vo vzdialonosti $L, 2L, 3L$ tri lampy, ktoré sa v časoch postupne $ct_1 = 4L, ct_2 = 3L, ct_3 = 5L$ (tak ako ich odmeria tento stojaci pozorovateľ) rozsvietia. To znamená že na všetky strany začnú vysielať svetlo.

- Nakreslite tieto udalosti a šírenie následné šírenie svetla do diagramu.
- V akom poradí uvidí pozorovateľ rozvietenie lámp? V akých časoch?
- Po ceste popri lampách ide druhý pozrovateľ na aute. V akej vzdialenosti sú pre neho od seba lampy? V akom poradí nastane v jeho sústave rozvietenioe lámp? V akom poradí toto rozvietenie uvidí?
- Existuje pozorovateľ, pre ktorého by rozvietenie prvej a tretej lampy nastalo v opačnom poradí ako pre stojaceho pozorovateľa? Existuje pozrovateľ, ktorý ich uvidí rozvietiť sa v opačnom poradí?

Úlohu stačí riešiť graficky v časopriestorovom diagrame. V tomto príklade si treba rozmysliet rozdiel medzi časom, v ktorom rozvietenie lampy pre pozorovateľa nastane a časom, v ktorom toto rozvietenie uvidí (tj. k nemu dorazí jej svetlo).

Príklad 11. Na obrázku je situácia s koncami tyče, ktorej dĺžka má jeden meter, pre stojaceho a pohybujúceho sa pozorovateľa. Body A, a, B, b postupne označujú



- koniec jednometrovej tyče pohybujúceho pozorovateľa tak, ako ho vidí pohybujúci pozorovateľ,
- koniec jednometrovej tyče stojaceho pozorovateľa tak, ako ho vidí pohybujúci pozorovateľ,
- koniec jednometrovej tyče stojaceho pozorovateľa tak, ako ho vidí stojaci pozorovateľ,
- koniec jednometrovej tyče pohybujúceho pozorovateľa tak, ako ho vidí stojaci pozorovateľ.

Ak označíme vzdialenosti bodov od počiatku rovnako, ako samotné body, dokážte, že ak požadujeme[1]

$$\frac{A}{a} = \frac{B}{b} = \gamma, \tag{1}$$

a teda, že obaja pozorovatelia uvidia tyč toho druhého skrátenú o rovnakú časť, musí platiť

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \tag{2}$$

Spomeňte si, že platí $\tan\alpha = v/c$.

[1] γ je štandardné označenie tohto faktora, ktoré sa v literatúre používa.