

## Fizyka I (Mechanika)

### Zadania na ćwiczenia - seria 12

### Tydzień 08.01.24-12.01.24

#### Zadanie 1 (transformacja Lorentza położenia i czasu)

Podaj postać transformacji Lorentza czasu i położenia.

#### Zadanie 2 (równoczesność)

Równoodległe lampy rozmieszczone na nieskończenie długiej i prostoliniowej ulicy zapalają się równocześnie. Narysuj to wydarzenie na wykresie Minkowskiego. Jak widział będzie to wydarzenie pojedynczy widz stojący pod jedną z lamp? W jaki sposób powinny się lampy zapalać, aby tenże widz stwierdził, że zapaliły się one jednocześnie?

#### Zadanie 3 (widzieć i obserwować)

Pojedynczy widz znajdujący się w początku układu współrzędnych przygląda się prętowi oddalającemu się od niego się ze stałą prędkością wzdłuż osi  $Ox$ . Pręt jest zorientowany prostopadłe do wektora prędkości. Opisz jakościowo kształt pręta widziany przez widza.

#### Zadanie 4 (względność równoczesności)

Niech zdarzenie  $A$  określone będzie przez współrzędne  $(x_A, ct_A)$ . Gdzie na wykresie Minkowskiego musi się znajdować zdarzenie  $B$  określone przez współrzędne  $(x_B, ct_B)$ , abyśmy mogli, przechodząc do różnych układów odniesienia, dowolnie zmieniać relację czasową między tymi zdarzeniami?

Czy można znaleźć taki układ odniesienia, w którym koronację Chrobrego poprzedziłaby bitwa pod Grunwaldem? Czy istnieje taki układ odniesienia, w którym te zdarzenia odbyłyby się w tym samym miejscu?

#### Zadanie 5 (prędkość względna)

Przy drodze siedzi widz. Dwa samochody oddalają się od niego, jeden w lewo, drugi w prawo, każdy z prędkością  $0,8c$  względem niego. Ktoś mógłby rzec: dla widza samochody oddalają się od siebie z prędkością  $1,6c$ , co jest sprzeczne z teorią względności. Wyjaśnij tę pozorną sprzeczność.

#### Zadanie 6 (dylatacja czasu)

W eksperymentach fizyki wysokich energii wykorzystuje się wiązki naładowanych mezonów  $\pi^\pm$ , które są niestabilne i ulegają rozpadowi (głównie na mion i odpowiednie neutrino). Szybkość znikania mezonów opisuje wzór identyczny ze szkolnym wzorem zwanym prawem zaniku jąder promieniotwórczych:

$$N(t) = N_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right),$$

w którym parametr  $\tau$ , zwany własnym czasem życia i o wartości  $2,6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$  ( $c\tau = 7,8 \text{ m}$ ), wyznacza w układzie własnym cząstki czas, po którym liczba pierwotnych pionów zmniejsza się o czynnik  $e$  (w niektórych zastosowaniach wygodniej używać jest wielkości  $T_{1/2} = \tau \ln 2 \cong 0,69\tau$  określającej czas, po którym ubędzie połowa cząstek), natomiast  $N_0$  opisuje liczbę cząstek w chwili początkowej  $t = 0$ . W jednym z takich eksperymentów piony, poruszające się z prędkością  $\beta = 1 - 10^{-6}$ , musiały być doprowadzone do eksperymentu odległego o  $L = 100 \text{ m}$ .

- Jaki ułamek pierwotnej liczby pionów będzie wykorzystany w eksperymencie?
- Jaki byłby ten ułamek, gdyby szczególna teoria względności była fałszywa (nie obowiązywała w niej dylatacja czasu)?  
Przypuśćmy, że mezon rozpadł się, od momentu powstania, po czasie  $\Delta t_0 = 10^{-10} \text{ s}$  mierzonym w jego układzie własnym.
- Jaką drogę  $L$  przebył w laboratorium od chwili powstania do chwili rozpadu?
- Jaką drogę pokonał w jego układzie własnym?

#### Zadanie 7 (transformacja kąta)

Spoczywający w układzie  $U'$  pręt o długości  $L_0$ , nachylony pod kątem  $\varphi'$  do osi  $Ox'$  tego układu, porusza się względem układu  $U$  wzdłuż osi  $Ox$  z prędkością zadaną parametrem  $\beta$  transformacji Lorentza. Jaką jest długość  $L$  pręta w układzie  $U$  i pod jakim kątem  $\varphi$  jest on nachylony w tym układzie?

#### Zadanie 8 (radar)

Na ulicy, na której obowiązuje ograniczenie prędkości do  $60 \text{ km/h}$  na policyjnym radarze zmierzono przesunięcie ku fioletowi  $|z| = 6,02 \cdot 10^{-8}$  dla nadjeżdżającego samochodu. Czy kierowca złamał zakaz?