

# Zadania seria VIII rok 2013/2014

Przygotował: Jacek Ciborowski

1. Wykres Minkowskiego
2. Dany jest wykres Minkowskiego z odpowiednimi osiami dla układów odniesienia  $U$  i  $U'$ . Narysuj jakikolwiek punkt na płaszczyźnie - zdarzenie  $P_1$  - i pokaż na wykresie jakie są jego współrzędne czasoprzestrzenne w obu układach odniesienia. Narysuj inne zdarzenie,  $P_2$ . Wyjaśnij, co to jest interwał czasoprzestrzenny w geometrii Minkowskiego. Czy odcinek  $P_1 - P_2$  na rysunku obrazuje ten interwał?
3. W układzie odniesienia  $U$  dane są dwa zdarzenia:  $P_1$  i  $P_2$  oddzielone od siebie interwałem czasopodobnym,  $(c\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 > 0$ . Pytania: (a) czy istnieje układ odniesienia  $U'$ , w którym zdarzenia  $P_1$  i  $P_2$  są jednoczesne? (b) czy istnieje układ odniesienia  $U'$ , w którym zdarzenia  $P_1$  i  $P_2$  zachodzą w tym samym miejscu przestrzeni?
4. Zapisz transformację Lorentza przy pomocy macierzy. Pokaż, że transformacja odwrotna odpowiada zmianie znaku prędkości  $V \rightarrow -V$ .
5. Pewna nietrwała cząstka elementarna rozpadła się po czasie  $\Delta t_0 = 10^{-10}$  s od chwili powstania, mierzonym w układzie odniesienia, w którym ta cząstka przed rozpadem spoczywała. Cząstka pierwotna poruszała się w układzie laboratorium z prędkością  $V/c = 1 - 10^{-6}$ . Jaką drogę  $L$  przebyła w laboratorium od chwili powstania do chwili rozpadu? Jaką drogę pokonała cząstka jeśli mierzyć to w jej układzie odniesienia? Wyjaśnij różnice.
6. Relatywistyczny pociąg o długości  $l_0 = 200$  m porusza się po prostych torach z prędkością  $V = 0,6c$ . W tej samej chwili  $t' = 0$  obserwatorzy znajdujący się na obu końcach pociągu wykonują za pomocą strzałów laserowych znaki na torach. Jaką odległość między znakami



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt Fizyka wobec wyzwań XXI wieku współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

na torach zmierzy obserwator stojący przy torach? Jaką długość pociągu zmierzy ten obserwator? Jak należy wyjaśnić różnicę wyników tych pomiarów? Przedstaw sytuację na wykresie Minkowskiego.

7. Statek kosmiczny wroga porusza się radialnie ku Ziemi z prędkością  $V = 0.4c$ . Wrogowie wystrzelują do przodu (czyli ku Ziemi): (a) wiązkę laserową (oczywiście z prędkością  $u = c$  względem układu odniesienia związanego z tym statkiem) – pokaż, że prędkość światła w układzie odniesienia Ziemi wynosi również  $c$ ; (b) raketę z prędkością  $u = 0.8c$  względem układu odniesienia związanego z tym statkiem – jaka jest prędkość tej rakiety w układzie odniesienia Ziemi,  $u_Z$  (innymi słowy: z jaką prędkością rakietę ta uderzy w Ziemię)?
8. Niech dany będzie peron i związany z nim układ odniesienia  $\mathcal{U}$  oraz pociąg jadący z prędkością  $V = 100 \text{ m/s}$  i związany z nim układ odniesienia  $\mathcal{U}'$ . Na peronie ustawiono pionowo palmę, po której wspina się małpa ze stałą prędkością  $v_y = u = 1 \text{ m/s}$ . Jaką składową pionową prędkości małpy zaobserwuje osoba siedząca w wagonie? Jaka będzie całkowita prędkość małpy, widziana przez tego obserwatora?