

# Zadania seria IV rok 2010/2011

Przygotował: Jacek Ciborowski

## Streszczenie

Skrócenie Lorentza, problemy na zrozumienie zasady pomiaru długości. Dylatacja czasu. Rozpady cząstek z uwzględnieniem dylatacji czasu, zasięg, opis w różnych układach. Paradoks bliźniąt i jego pochodne. Relatywistyczny efekt Dopplera.

1. Dane są dwa zegary,  $A$  i  $C$ , identycznie odmierzające czas tzn. jednostki czasu (sekundy) na obu zegarach trwają tyle samo. Zegary można resetować, tzn. ustawiać na zero, przy pomocy sygnału świetlnego. Niech będzie dany układ odniesienia  $\mathcal{U}$  związany z układem współrzędnych, w którym zegar  $A$  umieszczony jest w punkcie  $x = 0$  a zegar  $C$  w punkcie  $x = L$ , gdzie  $L = 100$  m. Pośrodku, ustawiono działo laserowe emitujące w przeciwnych kierunkach dwie wiązki światła, docierające do obu zegarów. W pewnej chwili zegary zsynchronizowano w taki sposób, że wysłano jednocześnie do obu wiązki światła, które spowodowały ustawienie ich wskazań na zero. W tej samej chwili oba zegary zaczęły się poruszać w kierunku dodatnim osi  $X$  z prędkościami wynoszącymi odpowiednio  $V_A = 200$  m/s i  $V_C = 100$  m/s. Wyznacz wskazania obu zegarów w chwili znalezienia się w tym samym punkcie osi  $X$ .
2. 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 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.
3. Relatywistyczny pociąg z poprzedniego zadania, o długości  $l_0 = 200$  m porusza się po prostych torach z prędkością  $V = 0,6c$ . Z pociągiem wiążemy układ odniesienia  $U'$ . Z peronem wiążemy układ odniesienia  $U$ . W tej samej chwili  $t' = 0$  obserwatorzy znajdujący się na obu końcach pociągu wysyłają do obserwatora na peronie sygnał laserowy. Jaki odstęp czasu,  $\Delta T$ , między otrzymanymi sygnałami zmierzy obserwator stojący na peronie? Rozważyc dwa przypadki: gdy pociąg zbliża się do obserwatora na peronie i gdy pociąg oddala się od niego.



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

4. 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?
5. Józio i Małgosia niezależnie mierzą średni czas życia pewnego wolno rozpadającego się izotopu promieniotwórczego przy użyciu dwóch zestawów identycznej, kieszonkowej aparatury. Pomiar polega na zliczeniu rozpadów,  $\Delta N$  w ustalonym przedziale czasu,  $\Delta t$  (znając początkową liczbę rozpadających się jąder). Oboje uzgodnili, że pomiar trwać będzie 1 godzinę, tzn.  $\Delta t = 3600$  s i jednocześnie rozpoczęli zliczanie rozpadów. Po czasie  $t_1 = 1/2$  godziny Małgosi przypomniało się, że ma coś do załatwienia w nieodległym miejscu, wsiadła więc w swój statek kosmiczny i odbyła podróż w obie strony z prędkością  $V = 0.1c$ , wracając do laboratorium w momencie, gdy Józio kończył swój pomiar. Józio zliczył  $\Delta N = 10^6$  rozpadów w ciągu godziny. Niestety, Małgosia zabrała ze sobą zestaw pomiarowy! Ile zliczeń wskaże licznik Małgosi w chwili powrotu do Józia? Nie rozważamy zagadnienia fluktuacji statystycznych liczby zliczeń.
6. Dany jest układ odniesienia związany z Ziemią,  $U$ . W układzie tym spoczywają obok siebie bliźniacy Bolek i Lolek, którzy mają przy sobie zsynchronizowane zegary. W odległości  $L = 4$  ly (lat świetlnych), w spoczynku względem Ziemi, znajduje się stacja kosmiczna, będąca celem mającej się wkrótce rozpocząć podróży bliźniaków. W pewnej chwili Bolek rozpoczyna podróż do stacji kosmicznej z prędkością  $v_B = 0.6c$ . Lolek wyrusza po upływie  $t_0 = 1$  rok w tę samą podróż.
  - (a) Z jaką prędkością  $v_L$  musi poruszać się Lolek względem Ziemi aby do stacji kosmicznej dotrzeć równocześnie z Bolkem?
  - (b) Który z bliźniaków będzie młodszy od drugiego w chwili spotkania i o ile?
7. Niech będzie dany pociąg o długości  $L = 1.8 \times 10^6$  km i związany z nim układ odniesienia  $U'$ . Pociąg mija peron, z którym związany jest układ odniesienia  $U$ , jadąc z prędkością  $v = 0.8c$ . W ostatnim wagonie pasażer strzela z karabinu w kierunku lokomotywy z prędkością wynoszącą  $u = 0.6c$  w układzie pociągu. Po jakim czasie mierzonym w układzie pociągu pocisk doleci do lokomotywy i jaka drogę pokona? Po jakim czasie mierzonym w układzie obserwatora na peronie pocisk doleci do lokomotywy i jaka drogę pokona?
8. Pociąg o długości  $L$  jedzie po torze z prędkością  $V$ . Przy torach stoi nieruchomo zaciekawiony obserwator, ponieważ zadaje sobie i nam pytanie: ile czasu,  $T$ , będzie trwał przejazd pociągu obok mnie? Zinterpretuj ten wynik w kontekście lorentzowskiego skrócenia długości - prosi ponadto obserwator.
9. Pociąg o długości  $L$  jedzie po torze z prędkością  $V$ . Pociąg wjeżdża w tunel o długości wynoszącej również  $L$ . Przy torach, za wylotem z tunelu, stoi nieruchomo znudzony obserwator, ponieważ zna odpowiedź na pytanie, które nam zadaje: ile czasu,  $T$ , będzie trwał przejazd pociągu przez tunel? A co na ten temat powie pasażer w pociągu? - dorzuca obserwator.