

# Zadania wstępne seria IX rok 2013/2014

1. Dwaj kosmonauci oddalają się od Ziemi, w przeciwnych kierunkach, z różnymi prędkościami:  $0.6\ c$  i  $0.8\ c$ . Jaka jest ich prędkość względna?
2. Kosmonauta Wania, po zsynchronizowaniu swojego zegara z ziemskim, pędzi na Srebrny Glob z prędkością  $V = 0.6\ c$ . Jakie będzie wskazanie zegara Wani w chwili dolecenia do celu? Przyjmijmy, że odległość Srebrnego Globu od Ziemi wynosi w przybliżeniu  $L = 1.2$  sekundy świetlnej.
3. Kosmonauta Misza przeleciał z prędkością  $V = 0.8\ c$  nad stodołą w pewnym kołchozie w ZSRR. Jaka jest długość tej stodoły w tym kołchozie, jeśli na jego zegarze czas przelotu wyniósł  $T = 100\ ns$ ?



**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

# Zadania seria IX rok 2013/2014

Przygotował: Jacek Ciborowski

## Streszczenie

Skrócenie Lorentza, problemy na zrozumienie zasady pomiaru długości. Dylatacja czasu. Rozpady cząstek z uwzględnieniem dylatacji czasu, opis w różnych układach. Paradox 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. Pomiędzy nimi, 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  $V = 0.6c$ . 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? Rozważyć dwa przypadki: gdy pociąg zbliża się do obserwatora na peronie i gdy pociąg oddala się od niego.
3. 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?



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. 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.
5. 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?
6. Pociąg o długości  $L$  jedzie po torze z prędkością  $V$ . Przy torach stoi nieruchomo zaniepokojony 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.
7. 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 zdumiony 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.
8. Statek kosmiczny o długości  $L = 100$  m porusza się z prędkością  $V = 0.6c$  w układzie odniesienia bazy,  $U$ , w której znajduje się obserwator  $B$ . Ze statkiem wiążemy układ odniesienia  $U'$ . Niech pilot  $P$  znajduje się na początku statku a pilot  $K$  - na końcu. Pilot  $P$  i obserwator  $B$  zsynchronizowali swoje zegary w ten sposób, że w chwili mijania się pilota  $P$  i obserwatora  $B$  obydwoj ustawili wskazania swoich zegarów na zero.
  - Po upływie czasu  $\Delta T$  od momentu synchronizacji zegarów, obserwator  $B$  wysłał do pilota  $P$  sygnał radiowy. W jakiej odległości od niego znajdzie się pilot w chwili odebrania tego sygnału?
  - W chwili gdy koniec pociągu czyli obserwator  $K$  mijał obserwatora  $B$ , ten wysłał do pilota  $P$  sygnał radiowy. W jakiej odległości od niego znajdzie się pilot w chwili odebrania tego sygnału?
9. Bolek i Lolek zsynchronizowali zegary w układzie Ziemi,  $U$ . Bolek wyruszył w podróż z prędkością  $v_B = 0.625c$ . Po jakimś czasie wysłał do Lolka dwa sygnały w odstępie czasu  $\Delta T_B = 1$  s, przy pomocy monoenergetycznej wiązki elektronów o takiej energii, że odpowiadający tej energii relatywistyczny czynnik  $\gamma$  wynosi:  $\gamma_e = 4$  (w jego układzie odniesienia). W jakim odstępie czasu,  $\Delta T_L$ , sygnały te dotrą do Lolka na Ziemi? Rozważ przypadek szczególny, gdy Bolek wysłał sygnały świetlne. Zadanie rozwiązać geometrycznie.

10. **Zadanie fabularne dla rozrywki** Pewna zamożna kobieta, która z rozrzewnieniem wspominała swoje 20-te urodziny obchodzone 60 lat temu, przeczytała reklamę pewnej firmy, która obiecuje: "Podaruj sobie podróż życia - wrócisz odmłodzona o tyle ile zechcesz!!! Za jedyne £3 za każdy tuzin m/s!" Zaintrygowana udała się do biura firmy "Relativistic Travel Ltd." i dowiedziała się, że może wykupić sobie podróż relatywistyczna "tam i z powrotem" z wybraną przez siebie prędkością ( $< c$ ), płacąc w zależności od wartości prędkości, jak wskazano w reklamie, płatność oczywiście z góry. Uprzejmy pracownik zapoznał ją ze znaczeniem czynnika  $\gamma$  w transformacji Lorentza i babcia natychmiast przystała na warunki decydując się na  $V = 0.9 c$  ponieważ uzyskała rabat w formie naliczania opłaty dopiero powyżej  $V = 0.1 c$ . Po powrocie z dziesięcioletniej podróży, którą na szczęście przeżyła, babcia podała firmę do sądu. Jaki zarzut postawiła babcia firmie? Jakie było orzeczenie sądu i na jaką zasadę prawną powołał się sąd w uzasadnieniu wyroku?