

Zadania wstępne seria IX rok 2012/2013

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 2012/2013

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. 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 działło 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 .

Rozwiązanie:

2. **Zadanie fabularne** 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 γ 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?



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

3. 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, ΔT , 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.

4. 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.

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?

6. 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, ΔN w ustalonym przedziale czasu, Δt (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.

7. 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?

8. 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?

9. 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.
10. 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.
11. Statek kosmiczny o długości $L = 100$ m porusza się z prędkością $V = 0.6 c$ 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 obydwa ustawili wskazania swoich zegarów na zero.
 - Po upływie czasu ΔT 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?
12. Bolek i Lolek zsynchronizowali zegary w układzie Ziemi, U . Bolek wyruszył w podróż z prędkością $v_B = 0.625 c$. 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 γ wynosi: $\gamma_e = 4$ (w jego układzie odniesienia). W jakim odstępie czasu, ΔT_L , sygnały te dotrą do Lolka na Ziemi? Rozważ przypadek szczególny, gdy Bolek wysłał sygnały świetlne. Zadanie rozwiązać geometrycznie.
13. 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 $v = 0.8 c$. W ostatnim wagonie pasażer strzela z karabinu w kierunku lokomotywy z prędkością wynoszącą $u = 0.6 c$ 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?