

Ćwiczenia XI

(uzupełnienie materiału z ćwiczeń X)

M.Szymański

Zadanie 1.

Układ U' porusza się wzdłuż osi x układu U ze stałą prędkością v . W układzie U' wypromieniowana została pod kątem θ' do kierunku prędkości v wiązka światła. Znaleźć kąt θ , jaki tworzy będzie ta wiązka z osią x układu U . Zbadać w szczególności przypadek $\theta' = \pi/2$. Wyjaśnić na podstawie uzyskanego wyniku rozkład kątowy promieniowania synchrotronowego.

Zadanie 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?

Zadanie 3.

Bombardując w akceleratorze folię aluminiową protonami można produkować bardzo szybkie mezony π^+ . Załóżmy, że mezony wylatujące z folii osiągają średnią prędkość $v = \sqrt{(0,99)} \cdot c$.

- Zbadać, jaka część produkowanych mezonów doleci do detektora umieszczonego w odległości $d = 54$ m od folii, jeśli czas połowicznego rozpadu mezonu π^+ wynosi $T = 1,8 \cdot 10^{-8}$ s. Wynik ten porównać z wynikiem nierelatywistycznym.
- Rozpatrzeć powyższy problem z punktu widzenia obserwatora związanego z układem mezonu, dla którego odległość do detektora ulegnie skróceniu Lorentza.

Zadanie 4.

Automatyczna stacja kosmiczna została wysłana w celu zbadania planety, krążącej wokół gwiazdy X i powrotu na Ziemię. Zainstalowany na stacji komputer przez cały czas podróży przekazuje na Ziemię komunikaty w jednakowych odstępach czasu pokładowego. Po upływie kilkunastu lat częstość komunikatów odbieranych przez naziemną stację obsługi lotu zwiększyła się $k = 3$ razy.

- Obliczyć prędkość lotu rakiety. Zakładamy, że rakieta leciała w obie strony z tą samą prędkością, a czas jej pobytu na planecie był pomijalnie krótki.
- Stacja powróciła na Ziemię po czasie $t_2 = 6$ lat od chwili odebrania komunikatów z planety. Jak długo nie było stacji na Ziemi? Jaka była różnica wskazań zegara pokładowego i zegara pozostawionego na Ziemi?

Zadanie 5.

Dwaj bliźniacy – Jarek i Leszek, postanowili odbyć podróż do bardzo odległej planety, aby sprawdzić czy jest tam księżyc. Odważny Jarek wyruszył pierwszy lecąc relatywistyczną rakieta z prędkością $0,6c$. Bracia umówili się, że co rok – odmierzany ich własnymi zegarami będą wysyłać do siebie meldunki. Po 10 latach liczonych według własnego zegara, widząc, że Jarek dzielnie i spokojnie pokonuje Kosmos, Leszek wyruszył ultra relatywistyczną rakieta i lecąc z prędkością $0,9c$ po pewnym czasie dogonił Jarka.

- a) Który z braci był wtedy młodszy? Ile czasu od rozstania do spotkania odmierzyły zegary Jarka i Leszka?
- b) Narysować trajektorię Jarka w układzie Leszka na wykresie Minkowskiego. Zaznaczyć trajektorie sygnałów meldunkowych (sygnały mają prędkość c).
- c) Jakie były w różnych fazach lotu odstępów czasowe między meldunkami odbieranymi przez Jarka i Leszka?