

## Zestaw 1 / Szczególna Teoria Względności

1. Rakieta przemieszcza się pomiędzy dwoma planetami znajdującymi się w odległości jednego roku świetlnego (mierzonej w układzie związanym z planetami). Jaka powinna być prędkość rakiety aby czas podróży zmierzony przez załogę był równy jeden rok.
2. Pociąg o długości  $L_1$  porusza się w kierunku wschodnim z prędkością  $v_1$ , natomiast pociąg o długości  $L_2$  porusza się z prędkością  $v_2$  w kierunku zachodnim. Jak szybko musi poruszać się obserwator względem gruntu, aby zdarzenia “minięcie się początków pociągów” oraz “minięcie się końców pociągów” zaszło w jego układzie w tym samym miejscu?
3. Prostopadle do ściany ustawiona jest linijka wskazująca odległość od ściany. Wzdłuż linijki, przesłaniając jej fragment, porusza się z prędkością  $v$  pręt o długości własnej  $l_0$ . Pręt zatrzymuje się kiedy jeden z końców uderza w ścianę. W układzie związanym ze ścianą długość pręta jest krótsza niż  $l_0$ , w związku z czym w momencie zderzenia na linijce będzie widać podziałkę wskazującą mniejszą niż  $l_0$  odległość od ściany. Jednak w układzie związanym z prętem, to linijka ulega skróceniu (podziałki zbliżają się do siebie). W związku z tym, w momencie zderzenia ściany z jednym z końców pręta, podziałka najbliższa ścianie która nie będzie przesłonięta przez pręt, wskaże większą niż  $l_0$  odległość od ściany. Które wyjaśnienie jest poprawne i co jest niepoprawnego w błędnym rozumowaniu?
4. Pociąg i tunel mają długości spoczynkowe równe  $L_0$ . Pociąg, na którego początku umieszczona jest bomba, porusza się z prędkością  $v$  w kierunku tunelu. Bomba zaprojektowana jest tak aby wybuchła kiedy początek pociągu będzie mijał dalszy koniec tunelu. Na drugim końcu pociągu znajduje się system dezaktywujący bombę. Kiedy koniec pociągu mijają początek tunelu system ten wysyła do bomby sygnał rozbijający. Czy bomba wybuchnie?
5. Piony to cząstki elementarne rozpadające się na miony i neutrino. Czas życia pionu w układzie w którym pion spoczywa wynosi  $\tau_0 = 2.6 \times 10^{-8}$  s. W akceleratorze produkowana jest wiązka pionów o prędkości takiej, że  $\gamma(v) = 1400$ . Jaki procent pionów w wiązce rozpadnie się w czasie, w którym wiązka przebędzie odległość  $l = 300$  m od miejsca produkcji pionów? Jaki procent przewiduje fizyka klasyczna?
6. (a) Pociąg o długości własnej  $L$  porusza się z prędkością  $v$  względem ziemi. W chwili w której koniec pociągu mijają określone drzewo z końca pociągu zostaje wysłany foton w kierunku jego początku. Foton dociera do początku pociągu w chwili w której początek pociągu mijają określony dom. Jaka jest odległość pomiędzy drzewem i domem w układzie związanym z ziemią? Rozwiąż ten problem w całości w układzie związanym z ziemią.  
(b) Teraz przeanalizuj tę samą sytuację z punktu widzenia obserwatora znajdującego się w pociągu. Wykorzystując znalezioną w punkcie (a) odległość drzewo-dom, sprawdź, że dom mijają początek pociągu w tej samej chwili w której foton dociera do początku pociągu.
7. Pociąg o długości własnej  $L$  i prędkości  $v = 3c/5$  zbliża się do tunelu o długości  $L$ . W chwili w której początek pociągu wjeżdża do tunelu, człowiek zaczyna maszerować (szybko) z początku w kierunku końca pociągu. Dociera do końca pociągu dokładnie w chwili w której pociąg opuszcza tunel. (a) Jak długo to trwa w układzie związanym z ziemią?  
(b) Jaka jest prędkość człowieka względem ziemi?  
(c) Jaki upływ czasu zmierzy człowiek na swoim zegarku?
8. A i B wyruszają w chwili  $t = 0$  z tego samego punktu i podróżują w przeciwnych kierunkach ze względną prędkością  $4c/5$ . Kiedy zegar B pokazuje upływ czasu  $T$  wysyła on sygnał świetlny do A. Jakie jest wskazanie zegara A w momencie odbioru sygnału? Odpowiedz na to pytanie wykonując obliczenia (a) w całości w układzie A, (b) w całości w układzie B.