

SZCZEGÓLNA TEORIA WZGLĘDNOŚCI: ZAGADNIENIA NA EGZAMIN USTNY

Odpowiadający losuje trzy zagadnienia, każde z innego koloru. Podczas odpowiedzi można posługiwać się informacjami zapisanymi na dole strony.

1. Sformułować i przedyskutować postulaty szczególnej teorii względności oraz omówić problem synchronizacji odległych zegarów za pomocą sygnałów świetlnych.
2. Korzystając z postulatów szczególnej teorii względności oraz posługując się konkretnym przykładem wykazać, że równoczesność zdarzeń jest względna.
3. Wyprowadzić formułę $\Delta\tau = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 - (\mathbf{v}(t)/c)^2} dt$ wiążącą upływ $\Delta\tau$ czasu własnego cząstki z jej prędkością chwilową $\mathbf{v}(t)$ względem inercjalnego układu odniesienia w przedziale czasu $t \in \langle t_1; t_2 \rangle$ (gdzie t jest współrzędną czasową związaną z układem inercjalnym). Cząstka może poruszać się w dowolny sposób względem inercjalnego układu odniesienia (zatem niekoniecznie ruchem jednostajnym prostoliniowym). Korzystając z tej formuły wyjaśnić paradoks bliźniąt.
4. Korzystając z relatywistycznego prawa dodawania prędkości wyprowadzić i omówić formułę wyjaśniającą zjawisko aberracji światła.
5. Zdefiniować oraz omówić pojęcie stożka świetlnego zdarzenia oraz obszarów, na które stożek świetlny dzieli czasoprzestrzeń.
6. Posługując się niezmienniczością interwału czasoprzestrzennego oraz diagramami czasoprzestrzennymi (z niezmienniczymi hiperbolami), wyprowadzić oraz wyjaśnić formułę wyrażającą zjawisko dylatacji czasu.
7. Posługując się niezmienniczością interwału czasoprzestrzennego oraz diagramami czasoprzestrzennymi (z niezmienniczymi hiperbolami), wyprowadzić oraz wyjaśnić formułę wyrażającą zjawisko kontrakcji długości.
8. Korzystając z relatywistycznego równania ruchu oraz ze związku pomiędzy zmianą energii kinetycznej a pracą wykonaną nad cząstką, wyprowadzić wzór opisujący energię kinetyczną relatywistycznej cząstki.
9. Korzystając z prawa transformacyjnego współrzędnych czterowektora energii-pędu fotonu wyprowadzić i omówić ogólną formułę opisującą zjawisko Dopplera.
10. Wyprowadzić formułę na masę niezmienniczą układu swobodnych cząstek relatywistycznych oraz wykazać, że masa niezmiennicza jest niezmiennikiem transformacji Lorentza.
11. Zdefiniować układ środka masy dla układu swobodnych cząstek relatywistycznych oraz uzasadnić wzór na prędkość tego układu względem dowolnego inercjalnego układu odniesienia. Korzystając z pojęcia układu środka masy wykazać, że w próżni nie może się dokonać kreacji lub anihilacji pary cząstka-antycząstka z udziałem tylko jednego fotonu.
12. Wyprowadzić i wyjaśnić formułę na energię progową fotonu w zjawisku wzbudzenia przez foton spoczywającego początkowo atomu o masie spoczynkowej m_A . Energia wzbudzenia atomu wynosi $\Delta E > 0$.

-
- Jeżeli inercjalny układ odniesienia U' porusza się ruchem postępowym ze stałą prędkością $\mathbf{u} = u \mathbf{i}$ w kierunku osi x inercjalnego układu odniesienia U (wektor $\mathbf{i}$ jest wersorem osi x) oraz w chwili $t = t' = 0$ osie obu układów pokrywają się, to związek pomiędzy współrzędnymi czasoprzestrzennymi dowolnego zdarzenia w obu tych układach jest następujący: $t' = \gamma(t - ux/c^2)$, $x' = \gamma(x - ut)$, $y' = y$, $z' = z$, gdzie $\gamma := 1/\sqrt{1 - u^2/c^2}$. Jeśli $x^0 := ct$ jest współrzędną czasową o wymiarze długości, to $x'^0 = \gamma(x^0 - ux/c)$.
 - Energia całkowita E relatywistycznej cząstki o masie spoczynkowej m oraz pędzie $\mathbf{p} = \gamma m \mathbf{v}$ równa się $E = \sqrt{c^2 \mathbf{p}^2 + (mc^2)^2}$. Energia całkowita cząstki jest sumą jej energii kinetycznej i energii spoczynkowej.
 - Czerowektor energii-pędu cząstki (może nią być foton) ma współrzędne $(E/c, p_x, p_y, p_z)$, gdzie E jest energią całkowitą cząstki, zaś (p_x, p_y, p_z) są współrzędnymi kartezjańskimi wektora pędu $\mathbf{p}$ cząstki; przy zmianie inercjalnego układu odniesienia współrzędne $(E/c, p_x, p_y, p_z)$ transformują się tak, jak odpowiednie współrzędne czasoprzestrzenne $(x^0 = ct, x, y, z)$ (czyli E/c transformuje się tak jak x^0 , p_x tak jak x , p_y tak jak y , p_z tak jak z).
 - Relatywistyczne równanie ruchu cząstki można zapisać w postaci $\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{F}$, gdzie $\mathbf{p} = \gamma m \mathbf{v}$ jest pędem cząstki, $\mathbf{F}$ działającą na cząstkę siłą.