

Odpowiedzi do zadań - Relatywistyka, zestaw numer 1

Zadanie	Odpowiedź
1	Obaj obserwatorzy mierzą c . Długość wagonu na peronie wynosi 240 m, a przednia ściana jest początkowo 120 m od źródła, więc $t = 120 \text{ m}/(c - 0,60c) = 1,00 \mu\text{s}$.
2	Na peronie długość pociągu wynosi 480 m. $\Delta t' = -\gamma v \Delta x/c^2 = -1,20 \mu\text{s}$, zatem uderzenie w przód pociągu następuje w jego układzie 1,20 μs wcześniej.
3	Dla $\Delta t = 0$ i $\Delta x = 900 \text{ m}$ otrzymujemy $\Delta t' = -\gamma v \Delta x/c^2 = -4,00 \mu\text{s}$. Impuls zegara położonego z przodu w kierunku ruchu statku ma w jego układzie wcześniejszą współrzędną czasową o 4,00 μs .
4	$T_0 = 2L/c = 8,00 \text{ ns}$; $\gamma = 5/3$, więc $T = 13,3 \text{ ns}$. Jeden ukośny odcinek ma długość $cT/2 = 2,00 \text{ m}$.
5	$\gamma = 5,025$; średnia droga $l = v\tau_0 = 3,25 \text{ km}$. Udział ocalałych: $\exp(-10,0/3,25) = 4,61\%$.
6	W układzie Ziemi: 20,0 lat. $\gamma = 5/3$, więc czas własny w statku wynosi $20,0/\gamma = 12,0 \text{ lat}$.
7	W układzie tunelu statek ma 240 m; w układzie statku tunel ma 300 m. Sprzeczności nie ma, ponieważ równoczesność zamknięcia obu końców tunelu zależy od układu odniesienia.
8	$\gamma = 10,01$. W układzie Ziemi $t = 40,2 \mu\text{s}$; czas własny $\tau = 4,02 \mu\text{s}$; skrócona grubość atmosfery $L' = 1,20 \text{ km}$.
9	$u = (0,60c + 0,75c)/(1 + 0,60 \cdot 0,75) = 0,931c$.
10	$u' = (-0,70c - 0,80c)/(1 - 0,70 \cdot 0,80) = -0,962c$. Wartość prędkości względnej wynosi 0,962c.
11	$v/c = \sqrt{1 - 1/1,05^2} = 0,305$; $v = 9,15 \cdot 10^4 \text{ km/s}$.
12	Dla A: $c\Delta t = 600 \text{ m} < 900 \text{ m}$, więc odstęp jest przestrzenny i związek przyczynowy jest niemożliwy. Dla B: $c\Delta t = 900 \text{ m} > 600 \text{ m}$, więc odstęp jest czasowy i związek jest możliwy.
13	$\gamma = 5/3$; $p = \gamma mv = 1,333mc$. Klasycznie $p_k = 0,800mc$, więc wynik klasyczny jest 1,667 raza mniejszy.
14	Całkowity pęd jest zerowy. $\gamma = 1,25$, zatem $Mc^2 = 2\gamma mc^2$ i $M = 2,50m$. Przyrost energii wewnętrznej wynosi $(M - 2m)c^2 = 0,50mc^2$.
15	$\gamma = 2,294$; $E_k = (\gamma - 1)m_e c^2 = 0,661 \text{ MeV}$. Wzór klasyczny daje 0,207 MeV, czyli około 3,19 raza mniej.
16	$E_0 = 938 \text{ MeV}$; $\gamma = 1,25$; $E = 1172,5 \text{ MeV}$; $E_k = 234,5 \text{ MeV}$.
17	$E = \sqrt{(pc)^2 + (m_p c^2)^2} = 3,143 \text{ GeV}$; $E_k = 2,205 \text{ GeV}$; $v/c = pc/E = 0,954$.
18	Dla 1,00 kWh: $\Delta m = 3,60 \cdot 10^6/c^2 = 4,00 \cdot 10^{-11} \text{ kg}$. Dla 1,00 GWh: $\Delta m = 4,00 \cdot 10^{-5} \text{ kg} = 40,0 \text{ mg}$.
19	Powstają dwa fotony o energiach po 0,511 MeV, emitowane w dokładnie przeciwnych kierunkach, aby całkowity pęd pozostał równy zeru.
20	$E_{\text{min}} \approx 2m_e c^2 = 1,022 \text{ MeV}$. Pojedynczy foton w próżni nie może jednocześnie zachować energii i pędu; jądro przejmuje niezbędny pęd odrzutu.