

Nama : Ariyanti Dwi Wahyuningsih

NPM : 2213022062

Tugas pertemuan 5 Teori Relativitas

1. Waktu di Bumi ($\Delta t'$): 1 jam

Waktu di Roket (Δt_0): 1 jam dikurangi 1 detik, 59 menit 59 detik

Konversi waktu : $\Delta t'$: 1 jam = 3600 detik

$$\Delta t_0 = 1 \text{ jam} - 1 \text{ detik} = 3600 \text{ detik} - 1 \text{ detik} = 3599 \text{ detik}$$

Rumus yang digunakan Dilatasi waktu

$$\Delta t' = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \begin{array}{l} v \text{ adalah kecepatan roket} \\ c \text{ adalah kecepatan cahaya} \end{array}$$

Ditanya : Berapa kecepatan roket tersebut (v)?

Jawab :

$$\Delta t' = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{Hitung nilai } \frac{v}{c} = \frac{v}{c} = \sqrt{1 - \left(\frac{3599}{3600}\right)^2}$$

$$3600 = \frac{3599}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - 0.999444..}$$

$$\frac{v}{c} = \sqrt{0.000555..}$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{3599}{3600}$$

$$\frac{v}{c} = 0.02357$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{3599}{3600}\right)^2$$

Jadi kecepatan roket tersebut adalah sekitar 0.02357 kali kecepatan cahaya.

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{3599}{3600}\right)^2$$

2. Diketahui : $H = 200 \text{ km}$

$$v = 0.99 c$$

$$\Delta t_0 = 2.5 \times 10^{-8} \text{ detik}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Ditanya : Pada ketinggian berapa meson akan berintegrasi jika diamati dari Bumi?

$$\text{Jawab : } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (0.99)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.9801}} = \frac{1}{\sqrt{0.0199}} = 7.089$$

waktu hidup meson yang diamati dari Bumi akan mengalami dilatasi waktu.

$$\Delta t = \gamma \times \Delta t_0$$

$$\Delta t = 7.089 \times (2.5 \times 10^{-8} \text{ s}) = 1.77225 \times 10^{-7} \text{ s}$$

menghitung jarak yang ditempuh meson sebelum berintegrasi (L)

$$L = v \times \Delta t$$

$$L = (0.99 \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}) \times (1.77225 \times 10^{-7} \text{ s})$$

$$L = (2.97 \times 10^8 \text{ m/s}) \times (1.77225 \times 10^{-7} \text{ s}) = 5260 \text{ m}$$

Jarak ini setara dengan 5.26 km

ketinggian di mana meson akan berintegrasi adalah ketinggian awal dikurangi jarak yang telah ditempuh.

$$\text{Ketinggian akhir} = \text{ketinggian awal} - \text{Jarak tempuh}$$

$$= 200 \text{ km} - 5.26 \text{ km}$$

$$= 194.74 \text{ km} \quad \text{meson akan berintegrasi pada ketinggian } 194.74 \text{ km} \text{ diatas permukaan laut.}$$

3. Diketahui = laju pesawat (v) = $0.97c$

laju pulsa yang dipancarkan (F_0) = 104 Pulsa/s

Ditanya = laju pulsa yang diterima (F')?

Jawab : Rumus efek Doppler untuk sumber yang menjauhi pengamat:

$$F' = F_0 \sqrt{\frac{1-v/c}{1+v/c}}$$

$$F' = 104 \sqrt{\frac{1-0.97c/c}{1+0.97c/c}}$$

$$F' = 104 \cdot \sqrt{\frac{1-0.97}{1+0.97}}$$

$$F' = 104 \cdot \sqrt{\frac{0.03}{1.97}}$$

$$F' = 104 \cdot \sqrt{0.0152284}$$

$$F' = 104 \cdot 0.123403...$$

$$F' = 12.83 \text{ pulsa/s}$$

4. Diketahui - $v = 0.6c$

$L = 45 \text{ m}$ (Pengamat diam terhadap Peron)

$$L = 45 \text{ m}$$

$$\text{Jawab : } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-(0.6)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-0.36}} = \frac{1}{\sqrt{0.64}} = \frac{1}{0.8} = 1.25$$

a. Waktu yang diamati oleh pengamat di peron

Δt_{peron} Panjang yang diamati
kecepatan

$$= \frac{L_{\text{kereta-peron}}}{v} = \frac{45 \text{ m}}{0,6c} = \frac{45 \text{ m}}{0,6 \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}$$
$$= 2,5 \times 10^{-7} \text{ s}$$

B. Panjang sebenarnya (panjang diam) kereta

Rumus kontraksi panjang: $L = \frac{L_0}{\gamma} = L_0 \cdot \gamma$

$$L_{\text{kereta-0}} = \gamma \times L_{\text{kereta-peron}} = 1,25 \times 45 \text{ m}$$
$$= 56,25 \text{ m}$$

C. Panjang peron menurut pengamat dalam kereta

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

$$L_{\text{peron-kereta}} = \frac{L_{\text{peron-0}}}{\gamma} = \frac{45 \text{ m}}{1,25} = 36 \text{ m}$$

D. Waktu yang diperlukan suatu titik pada peron untuk melewati panjang kereta secara penuh, menurut pengamat dalam kereta

$$\Delta t_{\text{kereta}} = \frac{L_{\text{kereta-0}}}{v} = \frac{56,25 \text{ m}}{0,6c} = 3,125 \times 10^{-7} \text{ s}$$

e. Pengamat di kereta melihat kereta lebih panjang (56,25 m) daripada peron yang bergerak (36 m). Jarak antara ujung depan kereta dan ujung belakang peron

dari sudut pandang kereta $\Delta L_{\text{kereta}} = L_{\text{kereta-0}} - L_{\text{peron-kereta}} = 56,25 \text{ m} - 36 \text{ m} = 20,25 \text{ m}$

waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak ini $\Delta t_{\text{internal}} = \frac{\Delta L_{\text{kereta}}}{v} = \frac{20,25 \text{ m}}{0,6c}$

$$= 1,125 \times 10^{-7} \text{ s}$$

5. Diketahui: V_{AC} = kecepatan pesawat Amerika relatif terhadap Bumi = $0,9c$

V_{RA} = kecepatan pesawat Rusia relatif terhadap pesawat Amerika = $0,5c$

Ditanya: A. $V_{RE} = V_{AE} + V_{RA}$

$$= 0,9c + 0,5c = 1,4c$$

B. $V_{RE} = \frac{V_{AE} + V_{RA}}{1 + \frac{V_{AE} \cdot V_{RA}}{c^2}}$

$$V_{RE} = \frac{0,9c + 0,5c}{1 + \frac{(0,9c)(0,5c)}{c^2}}$$

$$v_{RE} = \frac{1.4c}{1 + \frac{0.45c^2}{c^2}}$$

$$= \frac{1.4c}{1.45}$$

$$= \frac{1.4}{1.45} c = 0.9655c$$

menurut mekanika klasik, kecepatan pesawat Rusia terhadap Bumi adalah 1,4c Sedangkan menurut teori relativitas Einstein, kecepatan pesawat Rusia terhadap Bumi adalah 0,9655c

⑥ Dik: $m_0 = 100 \text{ kg}$

$m = 101 \text{ kg}$

$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Dit: kelajuan roket (v)

Jawab, $\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{m_0}{m}$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{m_0}{m}\right)^2$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2$$

$$v^2 = c^2 \left(1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2\right)$$

$$v = c \sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2}$$

$$v = c \sqrt{1 - \left(\frac{100 \text{ kg}}{101 \text{ kg}}\right)^2}$$

$$v = c \sqrt{1 - (0.990099)^2}$$

$$v = c \sqrt{1 - 0.980296}$$

$$v = c \sqrt{0.019704}$$

$$v = c (0.14037)$$

$v = 0.14c$ atau 14 % dari kecepatan cahaya

⑦ Dik: Beda Potensial (V) = $5 \text{ mV} = 5 \times 10^6 \text{ V}$

Muatan elektron (e) = $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$

Massa diam elektron (m_0) = $9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$

kecepatan cahaya (c) = $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Jawab: A. Menghitung energi kinetik

$$K = eV = (1.602 \times 10^{-19}) \times (5 \times 10^6) = 8.01 \times 10^{-13} \text{ J}$$

B. Menghitung massa elektron saat bergerak (m):

$$E_0 = m_0 c^2 = (9.109 \times 10^{-31}) \times (3 \times 10^8)^2 = 8.1981 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$E = E_0 + K = 8.1981 \times 10^{-14} + 8.01 \times 10^{-13} = 8.8298 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{8.8298 \times 10^{-13}}{(3 \times 10^8)^2} = 9.81 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

C. Menghitung kecepatan elektron.

$$\gamma = \frac{m}{m_0} = \frac{9.81 \times 10^{-30}}{9.109 \times 10^{-31}} = 10.77$$

$$v = c \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = (3 \times 10^8) \sqrt{1 - \frac{1}{(10.77)^2}} = 2.987 \times 10^8 \text{ m/s}$$