

Nama : Julia Krsnawati  
NPM : 223022023  
Materi : Teori Relativitas

### "Tugas Pertemuan 5"

- 1). Waktu di bumi ( $\Delta t'$ ) : 1 jam  
Waktu di roket ( $\Delta t_0$ ) : 1 jam dikurangi 1 detik, 59 menit 59 detik  
Konversi Waktu :  $\Delta t' = 1 \text{ jam} = 3600 \text{ detik}$   
 $\Delta t_0 : 1 \text{ jam} = 1 \text{ detik} : 3600 \text{ detik} - 1 \text{ detik} : 3599 \text{ detik}$

Rumus yang digunakan dilatasi waktu

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

Alanya, Berapa kecepatan roket tersebut ( $v$ )?  
Jawab :

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

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

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

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

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

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

$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - 0,999444}$$

$$\frac{v}{c} = \sqrt{0,000555}$$

$$\frac{v}{c} = 0,02357 \text{ c}$$

Jadi, Kecepatan roket tersebut adalah sekitar 0,02357  
dari kecepatan cahaya.

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

$$V : 0,99c$$

$$\Delta t_0 : 2,5 \times 10^{-8} \text{ detik}$$

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

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

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

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{\sqrt{1 - (0,99)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,9801}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{0,0199}} \end{aligned}$$

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

$$L : v \times \Delta t$$

$$L : (0,99 \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}) \times (1,77225 \times 10^{-7} \text{ s})$$

$$L : (2,97 \times 10^8 \text{ m/s}) \times (1,77225 \times 10^{-7} \text{ s}) = 5260 \text{ m}$$

Jarak ini setara dengan  $5,26 \text{ km}$

Ketinggian dimana meson akan berintegrasi adalah ketinggian awal dikurangi jarak yang telah ditempuh.

Ketinggian akhir : Ketinggian awal - Jarak tempuh

$$= 200 \text{ km} - 5,26 \text{ km}$$

$$= 194,74 \text{ km, Meson akan berintegrasi}$$

Pada ketinggian  $194,74 \text{ km}$  diatas permukaan laut.

3). Diketahui : Laju Pesawat ( $v$ ) =  $0,97c$

Laju pulsa yang di pancarkan ( $f_0$ ) =  $104$  Pulsa / s

Ditanya : Laju pulsa yang diterima ( $f'$ ),

Jawab : Rumus efek Doppler untuk sumber yang menjauhi Pengamat :

$$f' = f_0 \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}}$$

$$f' = 104 \sqrt{\frac{1 - 0,97c}{1 + 0,97c}}$$

$$f' = 104 \cdot \sqrt{\frac{1 - 0,97}{1 + 0,97}}$$

$$f' = 104 \cdot \sqrt{\frac{0,03}{1,97}}$$

$$f' = 104 \cdot \sqrt{0,0152284}$$

$$f' = 104 \cdot 0,123403 \dots$$

$$f' = 12,83 \text{ Pulsa/s}$$

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

$\Delta t_{\text{peron}} = \frac{\text{Panjang yang diamati}}{\text{kecepatan}}$

$$= \frac{L}{\text{kecepatan peron}} = \frac{45 \text{ m}}{0,6 \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 2,5 \times 10^{-7} \text{ s}$$

b). Panjang Sebenarnya (Panjang diam) kereta.

Rumus Kontraksi Panjang:  $L = \frac{L_0}{\gamma}$

$$\begin{aligned} \therefore L_{\text{Kereta}} &= \gamma \times L_{\text{Kereta-Pern}} \\ &= 1,125 \times 45 \text{ m} \\ &= 50,625 \text{ m} \end{aligned}$$

c). Panjang Peron Menurut pengamat dalam Kereta

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

$$L_{\text{Peron-Kereta}} = \frac{L_{\text{Peron}}}{\gamma} = \frac{45}{1,125} = 36 \text{ m}$$

d). Waktu yang diperlukan suatu titik pada Peron untuk melewati Panjang Kereta secara penuh, menurut pengamat dalam Kereta

$$\Delta t_{\text{Kereta}} = \frac{L_{\text{Kereta}}}{v} = \frac{50,625 \text{ m}}{0,6c} = 3,125 \times 10^{-7} \text{ s}$$

e) Pengamat di Kereta melihat Kereta lebih Panjang (50,625 m) dan pada Peron yang bergerak (36 m) Jarak antara ujung depan Kereta dan ujung belakang Peron dan sudut pandang antara di Kereta:  $L_{\text{Kereta}} - L_{\text{Peron}} = 50,625 \text{ m} - 36 \text{ m} = 14,625 \text{ m}$

Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak

$$\Delta t_{\text{Interval}} = \frac{L_{\text{Kereta}}}{v} = \frac{14,625 \text{ m}}{0,6c}$$

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

5). Diketahui :  $V_{AG}$  = Kecepatan Pesawat amerika relatif terhadap Bumi :  $0,9c$ .

$V_{PA}$  = Kecepatan Pesawat Rusia relatif terhadap Pesawat Amerika :  $0,5c$

Ditanya :

$$\begin{aligned} \text{A. } V_{PE} &= V_{AE} + V_{PA} \\ &= 0,9c + 0,5c = 1,4c \end{aligned}$$

$$\text{B. } V_{PE} = \frac{V_{AE} + V_{PA}}{1 + \frac{V_{AG} \cdot V_{PA}}{c^2}}$$

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

$$V_{PE} = \frac{1,4c}{1 + \frac{0,45c^2}{c^2}}$$

$$= \frac{1,4c}{1,45}$$

$$= \frac{1,4c}{1,45} = 0,9655c$$

6). Diketahui :  $M_0 = 100 \text{ kg}$

$M = 101 \text{ kg}$

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

Ditanya : Kuatiran roket (V)

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

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

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

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

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

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

(7) Diketahui : Beda Potensial (V) = 5 mV =  $5 \times 10^6$  V  
Muatan elektron (e) =  $1.602 \times 10^{-19}$  C

Jawaban :

A. Menghitung energi kinetik

$$K : eV = (1.602 \times 10^{-19}) \times (5 \times 10^6) = 0.01 \times 10^{-13}$$

B. Menghitung massa elektron - saat bergerak ( $m$ )  
 $E_0 : m_0 c^2 = (9.109 \times 10^{-31}) \times (3 \times 10^8)^2 = 0.1901 \times 10^{-13}$

$$E = E_0 + K = 0.1901 \times 10^{-13} + 0.01 \times 10^{-13} = 0.0290 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$m : \frac{E}{c^2} = \frac{0.0290 \times 10^{-13}}{(3 \times 10^8)^2} = 9.01 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

C. Menghitung kecepatan elektron

$$\gamma : \frac{m}{m_0} = \frac{9.01 \times 10^{-30}}{9.109 \times 10^{-31}} = 10.77$$

$$V : c \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = (3 \times 10^8) \sqrt{1 - \frac{1}{(10.77)^2}} = 2.907 \times 10^8 \text{ m/s}$$