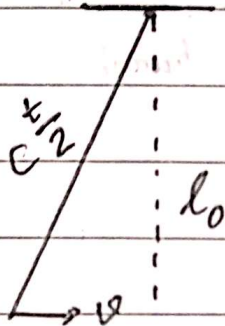


Tinjau kembali ke Pemuaian Waktu, roket bergerak dengan kecepatan v menembakkan cahaya dg kec. c , maka



$$l_0^2 = \left(c \frac{t}{2}\right)^2 - v^2 \left(\frac{t}{2}\right)^2$$

$$l_0^2 = \frac{t^2}{4} (c^2 - v^2)$$

$$t^2 = \frac{4l_0^2}{c^2 - v^2} = \frac{4l_0^2/c^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$= \frac{4l_0/c}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{l_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow \text{Pemuaian Waktu}$$

Contoh: Sebuah roket bergerak dengan kecepatan besar. Jika dalam satu jam waktu di roket teramati 1 detik dibandingkan dg waktu di bumi, hitung kec. roket

Diket: $t = 3601$

$t_0 = 3600$ detik

Jawab:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{t}{t_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\frac{t_0}{t} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{t_0^2}{t^2}$$

$$v^2 = c^2 \left(1 - \frac{t_0^2}{t^2}\right)$$

$$v = c \sqrt{1 - \frac{t_0^2}{t^2}} = 3 \cdot 10^8 \sqrt{1 - \left(\frac{3600}{3601}\right)^2}$$

Efek Doppler:

f = frekuensi yang diterima Pengamat

$$f = f_0 \left(\frac{1 + v/c}{1 - v/c} \right)$$

f_0 = frekuensi sumber

v = kecepatan pengamat

c = kecepatan bunyi

Efek Doppler Transversal Cahaya

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\frac{1}{t} = \frac{1 - \frac{v^2}{c^2}}{t_0}$$

$$f = f_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

→ efek doppler transversal

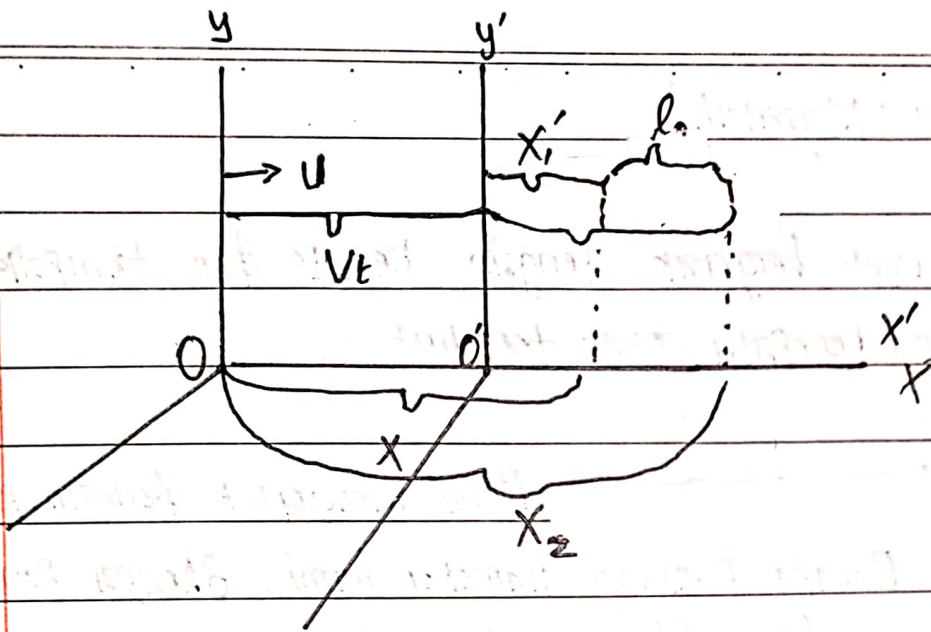
v = kec. pengamat

Secara umum

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

Pengukuran Panjang

Benda yang bergerak dengan kec. v akan nampak lebih pendek dari panjang awalnya L_0



$$l_0 = x'_2 - x'_1$$

$$l = x_2 - x_1$$

$$x'_1 = \frac{x_1 - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad x'_2 = \frac{x_2 - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\begin{aligned} x_1 &= vt + x'_1 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} & \Rightarrow & & x_2 &= vt + x'_2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ x_2 &= vt + x'_2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} & & & x_1 &= vt + x'_1 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ x_2 - x_1 &= (x'_2 - x'_1) \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ l &= l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \end{aligned}$$

Kesimpulan: Benda akan nampak lebih Pendek dari panjang aslinya saat benda tersebut bergerak dengan kecepatan v relatif thd Pengamat.

Problem (Masalah)

1. Sebuah roket bergerak dengan kec. V dan timpak memendek 2%. Berapa kecepatan roket tersebut

2. Diameter bumi 12.740 km. Bumi mengorbit dengan kecepatan 3×10^4 m/s. Berapa panjang diameter bumi. Berapa panjang diameter bumi ($l_0 \rightarrow l$) saat diamati?

Gunakan Pendekatan

$$(1 \pm x)^n \approx (1 \pm nx)$$

3. Sebuah batang Pipa PVC Panjangnya 1m membentuk Sudut 60° terhadap Sumbu x . Berapakah Panjang Pipa PVC tsb jika ia bergerak dg kec. $0,9c$? Apakah sudutnya berubah

Jawaban:

1. Diketahui Panjang = 2%

Panjang terukur

$$l = 0,98 l_0$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$0,98 l_0 = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$0,98^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - 0,98^2 \Rightarrow v = 0,199c$$

☐ 2. $l_0 = 12,740 \text{ km} = 1,274 \times 10^7 \text{ m}$

☐ $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

☐ $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

☐ $L = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

☐ $L = (1,274 \times 10^7) \times \sqrt{1 - \left(\frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}$

☐ $L = 1,274 \times 10^7 \times \sqrt{1 - 1}$

☐ $L = 1,274 \times 10^7 - 6,37 \text{ cm}$

☐ bumi hanya berkurang sekitar 6,37 cm

☐ 3. $l_0 = 1 \text{ m}$ $v = 0,9c$

☐ $\theta_0 = 60^\circ$

☐ $l_x = l_0 \cos 60^\circ = 1 \times 0,5 = 0,5 \text{ m}$

☐ $l_y = l_0 \sin 60^\circ = 1 \times 0,866 = 0,866 \text{ m}$

☐ $l'_x = l_x \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

☐ $l'_x = 0,5 \times \sqrt{1 - 0,81}$

☐ $l'_x = 0,5 \times 0,435$

☐ $L' = \sqrt{l'^2_x + l_y^2}$

☐ $L' = \sqrt{0,047 + 0,75}$

☐ $L' = 0,892 \text{ m}$

☐ $\tan \theta' = \frac{l_y}{l'_x}$

☐ $\tan \theta' = 3,99$

☐ $\theta' = 75,9^\circ$

Problem:

4. Sebuah Pesawat bergerak dengan kecepatan $0,1c$ seorang Penumpang berjalan di dalam Pesawat dg kec 2 m/s ke depan Pesawat. Berapa kec Penumpang thd bumi menurut:

- a. Garis selertif non-relativistik
b. Relativistik

5. Seorang pengamat di bumi melihat A dan B kutung dr arah berlawanan, masing-masing dg $0,8c$ dan $0,6c$

- a. Bp kec A dan B menurut pengamat kupai B?
b. kec A menurut B
c. kec B menurut A

Jawaban:

4. a.) $u = u' + v = 2\text{ m/s} + 0,1c$

b.)
$$v = \frac{2\text{ m/s} + 0,1c}{1 + \frac{2\text{ m/s} (0,1c)}{c^2}}$$

$$v = 0,1c + 2\text{ m/s}$$

5.
$$v' = \frac{0,8c + 0,6c}{1 + \frac{0,8 (0,6)}{c^2}} = 0,946c$$

No. _____

Date: _____

b.) 0,946C Karena pergerakannya simetris

c.) 0,946C zat yang berwujud