

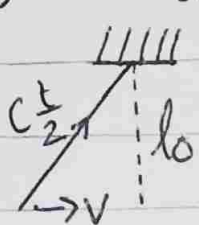
Resume Fisika Modern

No.

Date: 25-02-2025

Tinjau kembali ke pemuaian waktu.

Kasusnya roket bergerak dengan kec. v lalu menembak cahaya dengan kec. c , maka.



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

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

$$t^2 = \frac{4 l_0}{c^2 - v^2} = \frac{4 l_0^2}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

$$= \frac{2 l_0 / c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow \text{Pemuaian waktu}$$

c = Selang waktu pada lonceng yang diam relatif terhadap pengamat

t = Selang waktu pada lonceng dalam keadaan gerak relatif terhadap pengamat

v = Kecepatan gerak relatif (kec roket).

Contoh: Berapa kelajuan roket yang loncengnya berjalan berjalan 1 detik terlambat dalam 1 jam relatif terhadap lonceng di bumi.

Dik: lonceng dalam keadaan gerak, berarti $t = 3601$

$t_0 = 360$ detik, maka.

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

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

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

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



Sekarang mari kita bahas efek doppler.

Pengamat mendekati sumber, maka:

Efek doppler $t = t_0 \left(\frac{1 + v/c}{1 - v/c} \right)$ $v = \text{kecepatan pengamat}$
 $v/bunyi$ $V = \text{kecepatan sumber}$

Efek doppler transversal cahaya

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

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

$$t = t_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \rightarrow \text{Efek doppler transversal cahaya}$$

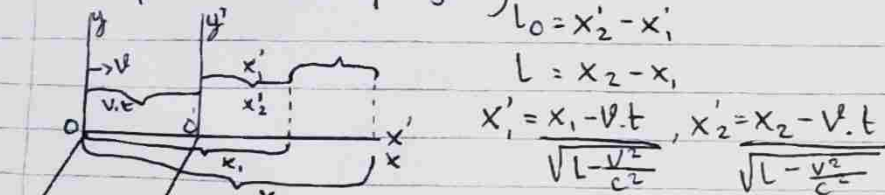
$v = \text{kec. pengamat}$

Selanjutnya secara umum

$$t = t_0 \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}} \rightarrow \text{pelajari kembali efek doppler}$$

Penyusutan panjang

Benda yang bergerak dengan kec. v akan nampak lebih pendek dari panjang mula² (l_0)



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

$$L = x_2 - x_1$$

$$x'_1 = x_1 - vt, \quad x'_2 = x_2 - vt$$

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

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

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

$$x_2 - x_1 = (x'_2 - x'_1) \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

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

Jadi akan nampak lebih pendek dari panjang mula² kalau benda tersebut bergerak dengan kec. v

Pendahuluan masalah

1. Sebuah roket bergerak dengan kec. v . Itu nampak memendek 2%. Berapa kec. roket tersebut?
2. Diameter bumi 12.740 km. Bumi mengorbit dengan kec. 3×10^4 m/s. Berapa penyusutan bumi ($l_0 - l$) saat ini? gunakan pendekatan $(1 \pm x)^n = (1 \pm nx)$.
3. Sebuah batang pipa pvc panjangnya 1m membentuk sudut 60° terhadap sumbu x . Berapa panjang pvc tersebut jika bergerak sepa-sapa sumbu x dgn kec. 0.95

1. Diketahui: $L = 2\% = L = 0.98 \times l_0$
 $V = v$

Ditanya: kec roket (v)

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

$$0.98 \times l_0 = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$0.98 = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow (0.98)^2 = \frac{1 - v^2}{c^2}$$

$$0.9604 = \frac{1 - v^2}{c^2}$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - 0.9604 \Rightarrow 0.0396$$

$$V = c \times \sqrt{0,0396}$$

$$V = c \times 0,199, \text{ jadi kec roket adalah } 0,199c / \text{ sekitar } 19,9 \%$$

2. Diketahui: $l_0 = 12.740 \text{ km} = 1,274 \times 10^7 \text{ m}$

$$v = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

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

Ditanya: ΔL ?

$$\frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{2 \times 10^8}{3 \times 10^8} \right)^2 \rightarrow \left(\frac{2}{3} \right)^2 = \frac{4}{9} = 0,4444$$

$$L = l_0 \sqrt{1 - 0,4444} \rightarrow L = l_0 \sqrt{0,5556} \rightarrow 1,274 \times 10^7 \times 0,7454$$

$$L = 9,49 \times 10^6 \text{ m}$$

Penyusutan panjang

$$\Delta L = l_0 - L \rightarrow 1,274 \times 10^7 - 9,49 \times 10^6$$

$$= 3,25 \times 10^6 \text{ m}$$

$$\Delta L = 3,250 \text{ km}$$

3. Diketahui: $l_0 = 1 \text{ m}$ $v = 0,8c$ $\theta = 60^\circ$

Ditanya: L ?

Komponen sejajar sumbu $x = L_x = l_0 \cos \theta = 1 \cdot \cos 60^\circ = 0,5 \text{ m}$

tegak lurus sumbu $x = l_y = l_0 \sin \theta = 1 \cdot \sin 60^\circ = 1 \cdot \sin 60^\circ = 0,866 \text{ m}$

Konsentrasi pd komponen sejajar: $L_x' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$
 $= 0,5 \sqrt{1 - (0,8)^2}$

$$= 0,5 \sqrt{1 - 0,64}$$

$$= 0,5 \sqrt{0,36} \Rightarrow 0,5 \times 0,6$$

$$= 0,3 \text{ m}$$

komponen tegak lurus yg tetap: $l_y' = 0,866 \text{ m}$

panjang total setelah konsentrasi

$$L' = \sqrt{(L_x')^2 + (l_y')^2} = \sqrt{(0,3)^2 + (0,866)^2} = \sqrt{0,09 + 0,75} = \sqrt{0,84} = 0,916 \text{ m}$$

perubahan sudut:

$$\tan \theta' = \frac{l_y'}{L_x'} = \frac{0,866}{0,3} = 2,887$$

$\theta = \tan^{-1}(2,887) = 70,9^\circ$, jadi panjang batang adalah $0,916 \text{ m}$ sudut batang terhadap sumbu x dari 60° menjadi $70,9^\circ$

4. Diketahui: $v_1 = 15c$

$$v_2 = 2c$$

Ditanya: Non re dan relatif

Jawab:

a. $v = v_1 + v_2$

$$= 15 \text{ m/s} + 2 \text{ m/s} = 17 \text{ m/s}$$

b. $v = v_1 + v_2 = \frac{15 + 2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}} = \frac{17}{1 + \frac{15 \cdot 2}{(3 \times 10^8)^2}} = 17 \text{ m/s}$

$$= \frac{17}{1 + \frac{30}{9 \times 10^{16}}} \approx 17 \text{ m/s}$$

5. Diketahui: $v_A = 0,8c$

$$v_B = 0,6c$$

Ditanyai: a, b, c?

Jawab:

a. kec A menurut pengamat = $0,8c$

kec B ————— " ————— = $0,6c$

b. kec pengamat A menurut B

$$V' = \frac{V_A - V_B}{1 - \frac{V_A V_B}{c^2}} = \frac{0,8c - (-0,6c)}{1 - \frac{(0,8)(-0,6)}{c^2}} = \frac{0,8c + 0,6c}{1 + 0,48} = \frac{1,4c}{1,48} = 0,946c$$