

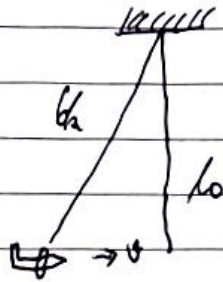
Nama : Miftahul Huda

NPM : 2313022053

kelas : 23 a

Kasus 3 : Teorema kendali ke pemroses waktu

misalkan sebuah roket bergerak dengan kecepatan v , jika ada cahaya yang dipancarkan didalam roket dan diukur oleh pengamat di luar roket. maka :



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

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

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

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

Di mana : t_0 = waktu yg di ukur

t = waktu yg di ukur dlm kerangka bergerak

v = kecepatan relatif antara 2 kerangka

c = kecepatan cahaya

Syarat - syarat dalam transportasi waktu

- 1) pengamat diam akan melihat waktu dalam roket mengalami dilatasi
- 2) Gerak relatif antara roket dan pengawas harus konstan
- 3) Kecepatan v harus lebih kecil dari kecepatan cahaya c , yaitu $v < c$

Contoh soal : Berapa kecepatan roket, jika roket bergerak dengan waktu $t_0 = 3600$ detik dan dalam kerangka diam. Berapa kecepatan v roket tersebut

$$\rightarrow t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Substitusi nilai: } \frac{t_0}{t} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ \text{Kuadratkan kedua sisi: } \left(\frac{t_0}{t}\right)^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2} \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} V = c \sqrt{1 - \left(\frac{3600}{9600}\right)^2} \\ v^2 = c^2 \left(1 - \frac{t_0^2}{t^2}\right) \end{array} \right.$$

Efek dopler relativistik

Terdjadi ketika sumber cahaya atau pengamat bergerak relatif satu sama lain dengan kecepatan mendekati c .

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

Dimana: f_0 = frekuensi sumber dalam kerangka diam

f = frekuensi yang diterima pengamat

v = kecepatan termu antara sumber dan pengamat

c = kecepatan cahaya

Jika sumber mendekati pengamat, frekuensi meningkat dan jika sumber menjauhi pengamat, frekuensi menurun.

Efek dopler transverse cahaya

Perambatan cahaya

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

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

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

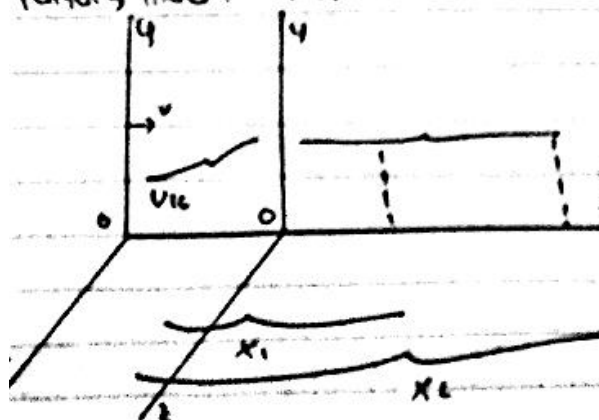
$$f' = \frac{f_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Terdjadi ketika kecepatan v adalah kecepatan pengamat relatif terhadap sumber cahaya.

Persamaan Lorentz

$f = f_0 \frac{1 \pm \frac{v}{c}}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ → Persamaan frekuensi akibat gerak relatif antara sumber dan pengamat.

Benda yang bergerak dg kecepatan v akan nampak lebih pendek dari panjang muas $L_0 = (L_0)$



$$\left. \begin{aligned} L_0 &= x_2 - x_1 \\ L &= x'_2 - x'_1 \end{aligned} \right\} \text{ dg transformasi Lorentz}$$

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

$$\text{dikurangkan} \rightarrow x_1 - vt' = x_2 - vt' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

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

Sehingga

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Penyelesaian masalah

1. Sebuah objek bergerak dg kecepatan v , dan waktu memendek 2%.

Berapa kecepatan objek tersebut?

2. Di antara bumi (6.3740 km) dan bulan yang bergerak dg $v = 2 \times 10^6 \text{ m/s}$,

berapa penyusutan panjang menurut pengamat bergerak.

3. Sebuah pipa panjang pvc panjangnya 1 m membentuk sudut 60° terhadap sumbu.

Berapa panjang pvc tsb jika bergerak sepanjang sumbu x dg kecepatan

$0.9c$. Apakah sudutnya berubah?

1. Penyelesaian

$$\Delta t = \Delta L = 2\% = 0.02$$

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$L = (1 - 0.02) L_0 = 0.98 L_0$$

Penyelesaian :

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

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

$$0,9604 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - 0,9604 = 0,0396$$

$$v = c \sqrt{0,0396}$$

$$v = c \times 0,199$$

jadi, v roket = $0,199 c$ atau $19,9 \%$

2) Dik : $l_0 = 12,740 \text{ km} = 1,274 \times 10^4 \text{ m}$

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

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

Penyelesaian :

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

$$L = L_0 \sqrt{1 - 0,4444}$$

$$L = L_0 \sqrt{0,5556}$$

$$L = 1,274 \times 10^4 \times 0,7454$$

$$L = 9,49 \times 10^3 \text{ m}$$

Pemilihan panjang

$$\Delta L = L_0 - L$$

$$\Delta L = 1,274 \times 10^4 - 9,49 \times 10^3$$

$$\Delta L = 3,25 \times 10^3 \text{ m} = 3,250 \text{ km}$$

3) Dik : $L_0 = 1 \text{ m}$

$$v = 0,8c$$

$$\theta = 60^\circ$$

komponen searah sumbu $x = L_x = L_0 \cos \theta = 1 \times \cos 60^\circ = 0,5 \text{ m}$

komponen tegak lurus sumbu $x = L_y = L_0 \sin \theta = 1 \times \sin 60^\circ = 0,866 \text{ m}$

konstruksi pada komponen searah :

$$L_x' = L_x \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$= 0,5 \sqrt{1 - (0,8)^2}$$

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

$$= 0,5 \sqrt{0,36}$$

$$L' = \sqrt{(L_x')^2 + (L_y')^2}$$
$$= \sqrt{(0,3)^2 + (0,866)^2}$$
$$= \sqrt{0,09 + 0,75}$$

$$= 0,94$$

$$L' = 0,916 \text{ m}$$