

A. Pertanyaan

① a) Dilatasi waktu dapat kita tuliskan sebagai

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

Δt_0 = waktu sejati (proper time)

= waktu yang di ukur oleh pengamat yang diam terhadap peristiwa

Δt = waktu relatif

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

Karena peristiwa nya adalah bergerakanya kerangka S' ,

maka jam yang menunjukan nilai pengukuran waktu lebih kecil adalah $C_1' (\Delta t_0)$

b) proper time (waktu sejati) atau Δt_0 di ukur oleh C_1'

② a) $E_0 = mc^2$

(1) $A = mc^2 \rightarrow m = \frac{A}{c^2}$

(3) $3A = mc^2$

$$m = \frac{3A}{c^2}$$

(2) $A = mc^2 \rightarrow m = \frac{A}{c^2}$

Jadi, urutannya 3, kemudian 1 dan 2 sama

b) Energi kinetik,

$$K = (\gamma - 1) E_0$$

$$(1) \quad K = (2 - 1) A = A$$

$$(2) \quad K = (3 - 1) A = 2A$$

$$(3) \quad K = \left(\frac{4}{3} - 1\right) 3A = A$$

Jadi, Urutannya adalah 2, kemudian 1 dan 3 sama

c) faktor Lorentz,

$$(1) \quad E = \gamma E_0$$

$$2A = \gamma A$$

$$\gamma = 2$$

$$(2) \quad E = \gamma E_0$$

$$3A = \gamma A$$

$$\gamma = 3$$

$$(3) \quad 4A = \gamma 3A$$

$$\gamma = \frac{4}{3}$$

Jadi, urutannya adalah 2, 1, 3

d) kelajuan.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \rightarrow \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}}$$

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

$$v = \beta c$$

$$(1) \quad \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \sqrt{\frac{3}{4}}$$

$$(2) \quad \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \sqrt{\frac{8}{9}}$$

$$(3) \quad \beta = \sqrt{1 - \frac{9}{16}} = \sqrt{\frac{7}{16}}$$

Jadi, Urutannya 2, 1, 3

3

Pada percobaan efek fotolistrik,

$$E = W_0 + K$$

$$E = \text{energi foton} = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

$$W_0 = \text{fungsi kerja logam} = hf_0 = h \frac{c}{\lambda_0}$$

$$K = \text{energi kinetik elektron}$$

Syarat terjadi fotolistrik adalah

$$E_{\text{foton}} > W_0$$

$$hf > hf_0$$

$$f > f_0$$

sehingga terjadi fotolistrik (arus fotolistrik) tergantung frekuensi

Jawab: b

4 Elektron akan terlepas dari logam bergantung dari W_0 .

$W_0 = \text{fungsi kerja logam} \Rightarrow \text{material atau bahan penyusun plat}$

Jadi tiap material mempunyai W_0 tertentu

5 panjang gelombang de broglie, $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \rightarrow \lambda \sim \frac{1}{m}$

$$m_{\text{elektron}} < m_{\text{neutron}} < m_{\text{partikel alfa}}$$

Jadi, urutan panjang gelombang de broglie adalah elektron, neutron, partikel alfa.

B. Soal

- ① Dari grafik, kita ketahui saat $\beta = 0$ (benda dalam keadaan diam) maka $\Delta t_0 = 8 \text{ s}$,

$$\text{Sehingga } \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$\text{Kita ambil, } \beta = 0,98$$

$$\Delta t = \frac{8 \text{ s}}{\sqrt{1 - (0,98)^2}}$$

$$\Delta t = 40 \text{ s}$$

- ② a) laju penjelajah adalah $v = 0,99c$

$$\text{laju ini ekuivalen dengan } v = \frac{0,99 \text{ tahun} \cdot c}{\text{tahun}}$$

kita misalkan d adalah jarak yang ditempuh penjelajah.

Sehingga, waktu yang ditempuh penjelajah diukur kerangka bumi adalah,

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{26 \text{ tahun} \cdot c}{\frac{0,99 \text{ tahun} \cdot c}{c}} = 26,26 \text{ tahun}$$

- b) Sinyal diasumsikan gelombang radio, berjalan dengan laju c , dan mencapai 26 tahun ke bumi. total waktu tempuh sinyal diukur kerangka bumi = $26,26 \text{ tahun} + 26 \text{ tahun} = 52,26 \text{ tahun}$

- ② c) Waktu sejati (proper time) diukur menurut jam yang ada di pesawat.

Sehingga $\Delta t_0 = \frac{\Delta t}{\gamma}$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-(0,99)^2}} = 7,09$$

maka $\Delta t_0 = \frac{26,26 \text{ tahun}}{7,09} = 3,705 \text{ tahun}$

- ③ a) kerangka lampu pijar berada di S, dan pengamat lain berada di kerangka S'.

Waktu pijaran kecil dalam kerangka S'.

$$t'_s = t'_{\text{small}} \quad t'_s = \gamma \left(t_s - \beta \frac{x_s}{c} \right) \quad \text{dimana } \beta = \frac{v}{c} = 0,250$$

$$\text{dan } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-(0,250)^2}} = 1,0328$$

dengan cara yang sama, waktu dari pijaran besar dalam kerangka S'.

$$t'_b = \gamma \left(t_b - \beta \frac{x_b}{c} \right)$$

$t'_b = t'_{\text{big}}$ karena $t_s = t_b$ (karena pijaran simultan (bersamaan) dalam S)

$$t'_s - t'_b = \gamma \left[t_s - \beta \frac{x_s}{c} \right] - \left(\gamma \left(t_b - \beta \frac{x_b}{c} \right) \right)$$

$$\Delta t' = \frac{\gamma \beta (x_s - x_b)}{c} = \frac{(1,0328)(0,250)(30 \times 10^3)}{3 \times 10^8}$$

$$\Delta t' = 2,58 \times 10^{-5} \text{ s}$$

③ b) karena $\Delta t'$ negatif, t_b' lebih besar dari t_s' .

sehingga pijaran kecil terjadi pertama kali dalam kerangka S' .

④ a) Dalam kerangka diam pembawa pesan, kita tulis S_m

S_m ($S_{\text{messenger}}$).

kecepatan armada adalah

$$V' = \frac{V - V_m}{1 - \frac{VV_m}{c^2}} = \frac{0,80c - 0,95c}{1 - \frac{(0,80c)(0,95c)}{c^2}}$$

$$V' = -0,625c$$

panjang armada yang di ukur dalam S_m adalah

$$L' = \frac{L_0}{\gamma} = L_0 \sqrt{1 - (-0,625)^2} \\ = (1,00 \text{ tahun } c) \sqrt{1 - (-0,625)^2}$$

$$L' = 0,781 \text{ tahun } c$$

Lama waktu perjalanan menurut pembawa pesan,

$$t' = \frac{L'}{|V'|} = \frac{0,781 \text{ tahun } c}{0,625c} = 1,25 \text{ tahun}$$

b) Dalam kerangka diam armada (kita sebut S_a)

kecepatan pembawa pesan adalah,

$$V' = \frac{V - V_a}{1 - \frac{VV_a}{c^2}} = \frac{0,95c - 0,80c}{1 - \frac{(0,95c)(0,80c)}{c^2}} = 0,625c$$

④ b) Selanjutnya,

lama perjalanannya adalah

$$t' = \frac{L_0}{V} = \frac{1,0 \text{ tahun } c}{0,625c} = 1,60 \text{ tahun}$$

c) Pengukuran dalam kerangka S, (stasiun).

Panjang armada menurut pengamat kerangka S,

$$L = \frac{L_0}{\gamma} = 1 \text{ tahun } c \sqrt{1 - (0,80)^2} = 0,60 \text{ tahun } c$$

lama perjalanannya menurut S,

$$t = \frac{L}{V_m - V_a} = \frac{0,60 \text{ tahun } c}{0,95c - 0,80c} = 4 \text{ tahun}$$

⑤ kita misalkan Laju B relatif terhadap stasiun adalah V_{BO} .

kita inginkan V_{AB} (kecepatan A relatif B) dengan laju sama

Seperti V_{BO} . maka kita tuliskan,

$$V_{AB} = \frac{V_{AO} - V_{BO}}{1 - \frac{V_{AO} V_{BO}}{c^2}} = V_{BO}$$

$$V_{AO} - V_{BO} = V_{BO} - \frac{V_{BO}^2 V_{AO}}{c^2}$$

$$V_{AO} - 2V_{BO} = - \frac{V_{BO}^2 V_{AO}}{c^2} = 1 - \frac{2V_{BO}}{V_{AO}} = - \frac{V_{BO}^2}{c^2}$$

⑤

$$c^2 - \frac{2V_{B0}c^2}{V_{A0}} = -V_{B0}^2$$

$$V_{B0}^2 - \frac{2V_{B0}c^2}{V_{A0}} + c^2 = 0$$

$$V_{B0}^2 - \left(\frac{2c^2}{V_{A0}} \right) V_{B0} + c^2 = 0$$

Dengan menyelesaikan persamaan kuadrat ini, maka diperoleh

$$V_{B0} = 0,50c \quad \text{dgn} \quad V_{A0} = 0,80c \text{ (disoal)}$$

⑥ a) kita ketahui bahwa

$$k = (\gamma - 1) E_0$$

$$2E_0 = (\gamma - 1) E_0$$

$$2 = \gamma - 1$$

$$2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1$$

$$\frac{3}{2} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \rightarrow \frac{1}{3} = \sqrt{1 - \beta^2}$$

$$\frac{1}{9} = 1 - \beta^2$$

$$\beta^2 = \frac{8}{9}$$

$$\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3} = 0,943 //$$

⑥ b) $E = 2E_0$

$$\gamma E_0 = 2E_0$$

$$\gamma = 2$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = 2$$

$$\frac{1}{2} = \sqrt{1-\beta^2}$$

$$\frac{1}{4} = 1-\beta^2 \rightarrow \beta^2 = \frac{3}{4} \rightarrow \beta = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,866$$

- ⑦ a) kita misalkan R adalah laju emisi foton (jumlah foton yang dilepaskan per satuan waktu) dan E adalah energi dari satu foton.

Daya keluaran lampu $P = RE$ jika seluruh daya diberikan ke dalam produksi foton.

Sekarang, $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$,

$$P = RE = \frac{Rhc}{\lambda}$$

$$R = \frac{\lambda P}{hc}$$

maka lampu yang mengemisikan cahaya dengan λ lebih panjang (700nm infrared) akan mengemisikan foton/waktu lebih banyak.

- ⑧ a) Energi kinetik K_m adalah energi kinetik maksimum atau elektron tercepat yang dikeluarkan, diberikan oleh:

$$K_m = hf - W_0$$

$$K_m = \frac{hc}{\lambda} - W_0$$

$$K_m = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{200 \text{ nm}} - 4,20 \text{ eV} = 2,00 \text{ eV}$$

kita gunakan $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$

- b) elektron paling lambat lepas dari permukaan dan memiliki energi kinetik nol.

- c) Potensial henti V_0 dapat kita tulis,

$$K_m = eV_0$$

$$V_0 = \frac{K_m}{e} = \frac{2 \text{ eV}}{e} = 2 \text{ V}$$

- d) nilai ambang panjang gelombang adalah ketika $K_m = 0$

$$\text{jadi } \frac{hc}{\lambda} = W_0$$

$$\lambda = \frac{hc}{W_0} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{4,2 \text{ eV}} = 295 \text{ nm}.$$

jika panjang gelombang lebih panjang, energi foton lebih sedikit dan foton tidak akan cukup energi untuk melepaskan elektron keluar dari aluminium.

9) a) karena ada dua eksperimen, maka dapat kita tulis.

$$\frac{hc}{\lambda_1} = W_0 + K_{m1} \quad , \quad \frac{hc}{\lambda_2} = W_0 + K_{m2}$$

Persamaan pertama menghasilkan

$$W_0 = \left(\frac{hc}{\lambda_1} \right) - K_{m1} \quad \text{kita terapkan } W_0 \text{ ini ke pers}$$

kedua, maka diperoleh

$$\left(\frac{hc}{\lambda_2} \right) = \left(\frac{hc}{\lambda_1} \right) - K_{m1} + K_{m2}$$

$$\lambda_2 = \frac{hc \lambda_1}{hc + \lambda_1 (K_{m2} - K_{m1})}$$

$$= \frac{(1240 \text{ eV} \cdot \text{nm})(491 \text{ nm})}{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm} + (491 \text{ nm})(1,43 \text{ eV} - 0,710 \text{ eV})}$$

$$\lambda_2 = 382 \text{ nm}$$

dengan $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$

b) Dari persamaan pertama,

$$W_0 = \frac{hc}{\lambda_1} - K_{m1} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{491 \text{ nm}} - 0,710 \text{ eV}$$

$$W_0 = 1,82 \text{ eV}$$

10 a)

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mec} (1 - \cos\theta)$$

$$\Delta\lambda = 2,43 \text{ pm} (1 - \cos(180^\circ)) = +4,86 \text{ pm}$$

b) dengan menggunakan nilai $hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$, maka perubahan energi foton

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda'} - \frac{hc}{\lambda} = (1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}) \left(\frac{1}{0,01 \text{ nm} + 4,86 \text{ pm}} - \frac{1}{0,01 \text{ nm}} \right)$$

$$\Delta E = -40,6 \text{ keV}$$

c) Dari konservasi energi, kita ketahui

$$\Delta K + \Delta E = 0$$

$$\begin{aligned} \Delta K &= -\Delta E \\ &= -(-40,6 \text{ keV}) \end{aligned}$$

$$\Delta K = 40,6 \text{ keV}$$

d) Elektron akan bergerak lurus ke depan setelah tumbukan, karena sesuai dengan momentum linear dari foton^(ke depan), jadi sudut antara $+x$ dan arah gerakan elektron adalah nol.

good luck

oleh: Ka Wawan

Chanel: Berfisika.Com