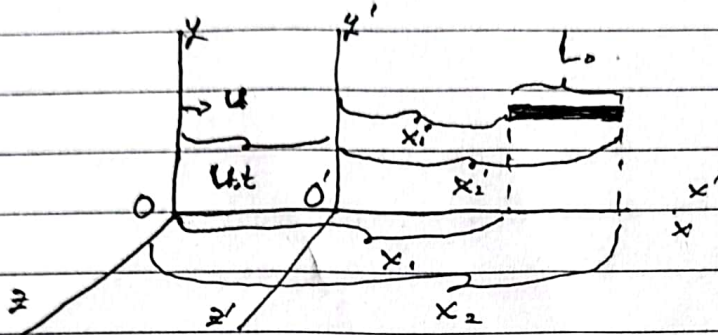


1. 1 Sebuah meteran yang panjangnya L_0 memanjang dalam kerangka acuan O' dari x_1 hingga x_2 . Seorang pengamat O (O' bergerak relative terhadap O dengan laju u) mengukur panjang meteran $L = x_2 - x_1$ secara bersamaan. Gunakan transformasi Lorentz untuk menurunkan penyusutan panjang yang mengaitkan L dan L_0 .



Diketahui :

$$L_0 = x'_2 - x'_1$$

$$x'_1 = \frac{x_1 - ut}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

$$x'_2 = \frac{x_2 - ut}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

$$L = x_2 - x_1$$

$$x_1 = ut + x'_1 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$x_2 = ut + x'_2 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

• eliminasi $x_2 - x_1$

$$x_2 = ut + x'_2 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$x_1 = ut + x'_1 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

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

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

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

Jadi panjang L dalam kerangka yang bergerak terlihat lebih pendek dari panjang mula-mula L_0 kalau benda bergerak dengan kecepatan relatif u

2. Akselerator sepanjang 3000 m di Universitas Stanford mempercepat elektron hingga 25 GeV.

- a. Hitung kecepatan elektron yang energinya 25 GeV. Nyatakan selisih kecepatan elektron itu dengan kecepatan cahaya dalam meter per detik

$$E = \gamma mc^2 \quad \Rightarrow \quad \gamma = \frac{E}{mc^2}$$

$$mc^2 = 0,511 \text{ MeV} = 0,511 \times 10^6 \text{ eV}$$

$$25 \text{ GeV} = 25 \times 10^9 \text{ eV}$$

$$E = 25 \times 10^9 \text{ eV}$$

$$\gamma = \frac{E}{mc^2} = \frac{25 \times 10^9 \text{ eV}}{0,511 \times 10^6 \text{ eV}} = 4,89 \times 10^4$$

$$v = c \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \sqrt{1 - \frac{1}{(4,89 \times 10^4)^2}}$$

$$= 3 \times 10^8 \text{ m/s} \sqrt{1 - \frac{1}{23,912 \times 10^8}}$$

$$= 3 \times 10^8 \text{ m/s} \sqrt{1 - 4,182 \times 10^{-10}}$$

$$= 3 \times 10^8 \text{ m/s} (1 - 2,0449 \times 10^{-5})$$

$$= 3 \times 10^8 \text{ m/s} (0,999979)$$

$$= 2,999938 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{selisih } \Delta v = v - c$$

$$\Delta v = c - v = 3 \times 10^8 \text{ m/s} - 2,999938 \text{ m/s} = 0,000062 \text{ m/s}$$

- b. Hitung waktu yang diperlukan elektron berenergi 25 GeV untuk menempuh jarak sejauh 3000 m.

$$t = \frac{s}{v} = \frac{3000 \text{ m}}{2,999938 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1,00002 \times 10^{-5} \text{ s}$$

- c. Berapa panjang akselerator tersebut dalam kerangka acuan inersia elektron yang berenergi 25 GeV bermaksud diatas.

$$L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow L' = L \times \frac{1}{\gamma} = \frac{3000 \text{ m}}{4,89 \times 10^4} = 0,0613 \text{ m}$$

- ☐ d. Berapa waktu tempuh elektron bersangkutan dalam kerangka acuan inersialnya.

$$t' = \frac{t}{\gamma} = \frac{1,00002 \times 10^{-5} \text{ s}}{4,82 \times 10^4} = 2,045 \times 10^{-10} \text{ s}$$

- ☐ 3. Salah satu garis spektrum emisi terkuat yang diamati dari galaksi-galaksi jauh berasal dari Hidrogen dan memiliki panjang gelombang 122 nm (dalam daerah ultraviolet)

- ☐ a. Berapa kecepatan sebuah galaksi yang bergerak menjauhi kita agar garis spektrum tersebut teramati dalam daerah tampak pada 366 nm

Diket: $\lambda_0 = 122 \text{ nm}$

$\lambda' = 366 \text{ nm}$

$$\frac{\lambda'}{\lambda_0} = \frac{\sqrt{1 + \frac{v}{c}}}{\sqrt{1 - \frac{v}{c}}} \quad \text{kecepatan}$$

$$\frac{\lambda'^2}{\lambda_0^2} = \frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}$$

$$\frac{\lambda'^2 - \lambda_0^2}{\lambda_0^2 + \lambda_0^2} c = v$$

$$v = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \frac{\left(\frac{366}{122}\right)^2 - 1}{\left(\frac{366}{122}\right)^2 + 1}$$

$$= 3 \times 10^8 \text{ m/s} \frac{9 - 1}{9 + 1}$$

$$= 3 \times 10^8 \text{ m/s} \frac{8}{10} = 2,6814 \times 10^8 \text{ m/s}$$

- ☐ b. Berapa panjang gelombang garis spektrum tersebut jika galaksi itu sedang bergerak menuju kita dengan laju yang sama?

$$\begin{aligned} \lambda' &= \lambda_0 \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}} = 122 \sqrt{\frac{1 - \frac{2,6814 \times 10^8}{3 \times 10^8}}{1 + \frac{2,6814 \times 10^8}{3 \times 10^8}}} \\ &= 122 \sqrt{\frac{1 - 0,894}{1 + 0,894}} \\ &= 122 \sqrt{\frac{0,106}{1,894}} \end{aligned}$$

$$= 122 (0,2366)$$

$$= 280865 \text{ nm}$$

9. Dalam reaktor nuklir, setiap atom uranium melepaskan energi sekitar 200 MeV ketika berfisi (memecah diri). Berapa perubahan massa yang terjadi jika 1 kg uranium berfisi.

Diketa: Energi per fisi = 200 MeV

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$\text{massa atom } U_{235} = 235 \text{ g/mol} = 235 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$n_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ atom/mol}$$

$$E_{\text{per fisi}} = 200 \text{ MeV} = 200 \times 10^6 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ = 3,2 \times 10^{-11} \text{ J}$$

mol 1 gram Uranium

$$n = \frac{1 \text{ kg}}{235 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}} = 4,255 \text{ mol}$$

Jumlah total mol

$$N = 4,255 \times 6,022 \times 10^{23} = 2,56 \times 10^{24} \text{ atom}$$

$$E_{\text{total}} = 2,56 \times 10^{24} \times 3,2 \times 10^{-11} = 8,2 \times 10^{13} \text{ J}$$

$$m = \frac{E_{\text{total}}}{c^2} = \frac{8,2 \times 10^{13}}{(3 \times 10^8)^2} = \frac{8,2 \times 10^{13}}{9 \times 10^{16}} = 9,11 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

Jadi massa dikurangi dari 1 kg Uranium adalah $0,000911 \text{ kg}$

5. Sebuah inti helium (partikel alpha) terdiri atas dua proton dan dua neutron dan memiliki massa 4,001506 u.

2. Berapa energi ikatan sebuah inti atom Helium tersebut.

$$m_{\text{proton}} = 1,007276 \text{ u} \quad m_{\text{inti}} = 4,001506 \text{ u}$$

$$m_{\text{neutron}} = 1,008665 \text{ u}$$

$$M_{\text{total}} = 2m_p + 2m_n = 2(1,007276 \text{ u}) + 2(1,008665 \text{ u}) = 4,031822 \text{ u}$$

$$\Delta m = m_{\text{Ht}} - m_{\text{He}} = 4,0318824 - 4,001506 \text{ u}$$

$$= 0,030376 \text{ u}$$

$$1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 0,030376 \times 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 5,04 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

2. Energi Ikatan

$$E = mc^2 = (5,04 \times 10^{-29} \text{ kg}) \cdot (3 \times 10^8)^2$$

$$= 4,54 \times 10^{-12} \text{ J}$$

b. Beda massa dalam kg antara dua inti atom karbon dan partikel-partikel penyusun.

$$\Delta m = m_{\text{Ht}} - m_{\text{He}}$$

$$= 4,0318824 - 4,001506 \text{ u}$$

$$= 0,030376 \text{ u}$$

$$= 5,04 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

6. Dua perawat angkasa A dan B berjalan beriringan. Kecepatan A = 0,8c terhadap B, dan kecepatan B = 0,6c terhadap pengamat yang berada di tanah berapa kec per A menurut pengamat di tanah?

$$v_A = 0,8c$$

$$v_B = 0,6c$$

Diagram ke persent dan.

$$v_{AB} = \frac{v_A + v_B}{1 + \frac{v_A v_B}{c^2}} = \frac{0,8c + 0,6c}{1 + \frac{(0,8c)(0,6c)}{c^2}} = \frac{1,4c}{1 + 0,48} = \frac{1,4c}{1,48}$$

$$= 0,946 c$$

7. Lampu natrium 20W berwarna kuning ($\lambda = 589 \text{ nm}$) Berapakah jumlah foton yang dipancarkan oleh lampu berfluor setiap detik

$$P = 20 \text{ W}$$

$$\lambda = 589 \text{ nm}$$

ditanya N?

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6,626 \times 10^{-34}) (3 \times 10^8)}{589 \times 10^{-9}} = 3,37 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$N = \frac{P}{E} = \frac{20}{3,37 \times 10^{-18} \cdot 2} = 5,93 \times 10^{18} \text{ foton/detik}$$

8. Carl energi pemotretan foto elektron jika cahaya ultraviolet yang panjang gelombangnya 3500 Å jatuh pada permukaan kalium. fungsi kerja kalium adalah 2,2 eV

$$\text{Diket} : \lambda = 3500 \text{ Å} = 350 \text{ nm}$$

$$W = 2,2 \text{ eV}$$

$$E_{\text{foton}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6,626 \times 10^{-34}) (3 \times 10^8)}{350 \times 10^{-9}} = 5,55 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{foton}} = \frac{5,55 \times 10^{-19} \text{ J}}{1,6 \times 10^{-19}} = 3,47 \text{ eV}$$

$$E_k = E_{\text{foton}} - W$$

$$= 3,47 \text{ eV} - 2,2 \text{ eV}$$

$$= 1,35 \text{ eV}$$