

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA och GÖTEBORGS UNIVERSITET

FUF045/FYP302 - Speciell Relativitetsteori. 2022-04-11

Examinator: Gabriele Ferretti rum: Origo 6111
tel. 0721582259 email: ferretti@chalmers.se

OBS: Nästa granskningstillfälle: Fredag 2022-05-06, kl 17:00 i Origo 6115

Hjälpmedel:

- Chalmersgodkänd miniräknare.
- Physics Handbook

Betygsgränser:

Del 1 innehåller 4 enklare uppgifter, varav man kan få 10 poäng/uppgift.

Del 2 innehåller 2 mer konceptuella uppgifter (20 poäng/uppgift).

För att nå godkänt (nivå 3 eller G) räcker det med 25 poäng i Del 1. (Bonuspoäng kan inte användas för det.)

CTH: För att få överbetyg 4 måste man ha minst 30 poäng i Del 1, samt minst 25 poäng när man räknar ihop bonus poäng plus Del 2.

CTH: För att få överbetyg 5 måste man ha minst 35 poäng i Del 1, samt minst 35 poäng när man räknar ihop bonus poäng plus Del 2.

GU: För att få överbetyg VG måste man ha minst 30 poäng i Del 1, samt minst 30 poäng när man räknar ihop bonus poäng plus Del 2.

Del 1

1

En foton kolliderar med en elektron i vila, vilket skapar ett ytterligare elektron-positronpar: $\gamma e^- \rightarrow e^- e^- e^+$. Beräkna den minsta energi som krävs för fotonen i termer av elektronmassan.

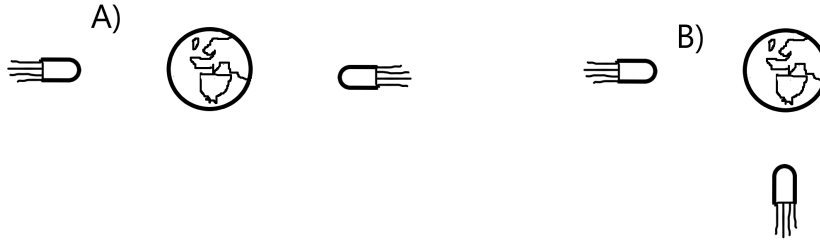
2

Halveringstiden för neutroner är cirka 15 minuter. (Det vill säga att en neutron i vila har 50 % chans att sönderfalla inom 15 minuter.) Vad måste neutronens energi vara för att den ska ha 50 % chans att färdas mellan solsystemet och närmaste stjärna som är 4,3 ljusår bort? (Neutronmassa ≈ 1 GeV.)

3

A) Två raketer rör sig mot jorden från motsatta håll med en hastighet av $0,6c$ i förhållande till jorden. Vad är deras relativa hastighet (dvs. hastigheten för en raket i förhållande till den andra raketen)?

B) Vad blir svaret om raketerna istället rör sig i rät vinkel i förhållande till jorden?



4

En partikel A med massa m_A och total energi E_A kolliderar med en partikel B med massa m_B i vila och bygger en sammansatt partikel C , d.v.s. $A + B \rightarrow C$. Vad är C massan m_C i termen av m_A , E_A och m_B ?

Del 2

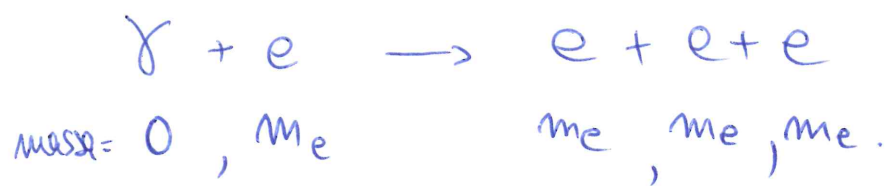
A

Härled formeln för den relativistiska dopplereffekten från en rörlig källa. Kommentera skillnaderna med den icke-relativistiska effekten. Beskriv en experimentell tillämpning av effekten.

B

Ett visst inertiell referenssystem har ett konstant elektriskt fält längs x -axeln och inget magnetfält. Beskriv hur olika observatörer som färdas med konstant hastighet i olika riktningar upplever de elektriska och magnetiska fälten.

PROBLEM 1

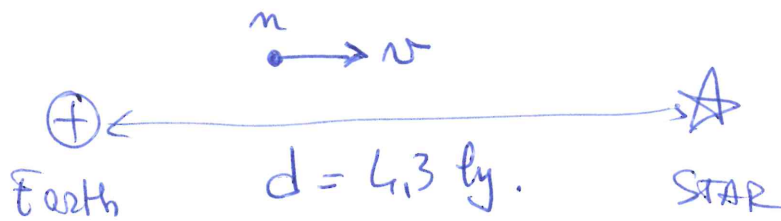


threshold energy:

$$E = \frac{(m_e + m_e + m_e)^2 - \overset{0}{m_\gamma^2} - m_e^2}{2m_e} = 4m_e$$

⊙

PROBLEM 2



The half time of a neutron moving with velocity v is $t_{\frac{1}{2}} = \gamma t_{\frac{1}{2}}^0$ where $t_{\frac{1}{2}}^0 = 15 \text{ min} = \text{half time at rest.}$

In $t_{\frac{1}{2}}$ the neutron move $d = v t_{\frac{1}{2}} = v \gamma t_{\frac{1}{2}}^0$

Remember $v \gamma = \frac{p}{m}$ (units of $c=1$).

$$= \frac{\sqrt{E^2 - m^2}}{m} \approx \frac{E}{m} \quad \left(\begin{array}{l} E \gg m \\ \text{here} \end{array} \right)$$

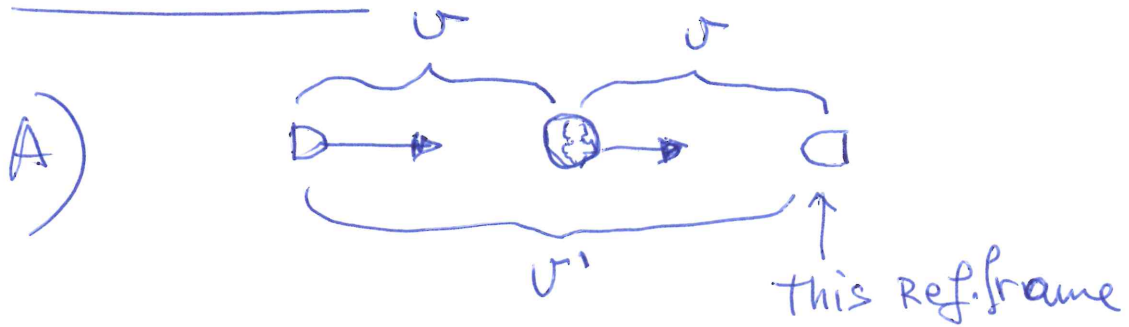
$$\text{So: } d = \frac{E}{m} \cdot t_{\frac{1}{2}}^0 \Rightarrow E = m \frac{d}{t_{\frac{1}{2}}^0}$$

Now we put in the factors of c that we need = $E = m c^2 \times \frac{d}{c t_{\frac{1}{2}}^0} =$

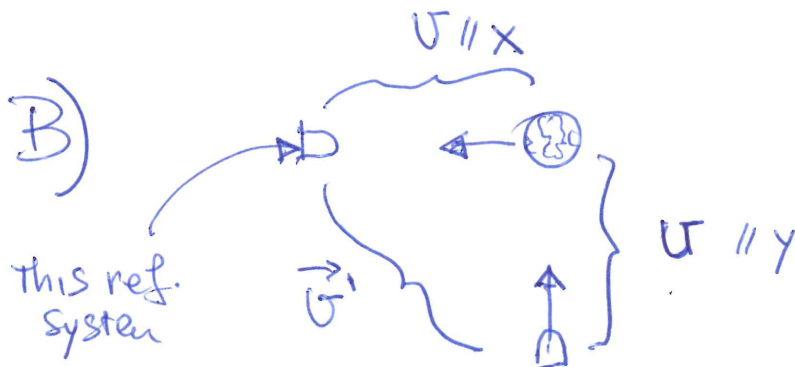
$$= 1 \text{ GeV} \times \frac{4.3 \text{ ly}}{15 \text{ light-minutes}} = 1 \text{ GeV} \times \frac{4.3 \times 365 \times 24 \times 60}{15} =$$

$$\approx 150000 \text{ GeV} = 150 \text{ TeV.}$$

PROBLEM 3



$$u' = \frac{u + u}{1 + \frac{u \cdot u}{c^2}} = \frac{2 \times 0.6}{1 + (0.6)^2} \cdot c = 0.88c$$



$$u'_x = \frac{0 + u}{1 + \frac{u \cdot 0}{c^2}} = u = 0.6c$$

$$u'_y = \frac{u}{\gamma \left(1 + \frac{u \cdot 0}{c^2}\right)} = \frac{u}{\gamma} = \sqrt{1 - 0.6^2} \cdot 0.6c = 0.48c$$

PROBLEM 4

A

⊙

$$P_A^\mu = (E_A, 0, 0, p_A)$$

B

⊙

$$P_B^\mu = (m_B, 0, 0, 0)$$

$$P_C^\mu = P_A^\mu + P_B^\mu = (m_B + E_A, 0, 0, p_A)$$

$$m_C^2 = (m_B + E_A)^2 - \cancel{0^2} - \cancel{0^2} - p_A^2 =$$

$$= m_B^2 + 2m_B E_A + E_A^2 - p_A^2 =$$

$$= m_B^2 + 2m_B E_A + m_A^2$$