

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA och GÖTEBORGS UNIVERSITET

FUF045/FYP302 - Speciell Relativitetsteori. 2020-04-06

Examinator: Gabriele Ferretti rum: Origo 6111
tel. 0721582259 (RING MIG DIREKT OM NI HAR FRÅGOR!) email: ferretti@chalmers.se

OBS: Nästa granskningstillfälle: Mejla mig vid behov.

Betygsgränser:

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

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

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

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

GU: >30: VG

CTH: 25-35: betyg 4, >35: betyg 5

Del 1

1

En ω meson sönderfaller till tre pioner, två laddade och en neutral: $\omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$. De laddade pionerna π^+, π^- är långlivade och man kan mäta deras rörelsemängd $\mathbf{p}_{\pi^+} = (3.92, 12.4, 66.2) \text{ MeV}/c$, $\mathbf{p}_{\pi^-} = (-34.5, -44.6, 1038.0) \text{ MeV}/c$. Vi vet också att deras massa är $m_{\pi^+} = m_{\pi^-} = 139.57 \text{ MeV}/c^2$. Däremot är den neutrala pionen π^0 instabil och sönderfaller omedelbart till två fotoner ($\pi^0 \rightarrow \gamma_1 \gamma_2$) med rörelsemängd $\mathbf{p}_{\gamma_1} = (43.5, 75.1, 64.7) \text{ MeV}/c$, $\mathbf{p}_{\gamma_2} = (-43.1, 30.5, -38.2) \text{ MeV}/c$. Utifrån dessa uppgifter beräkna:

- π^0 massan
- ω massan
- π^0 hastigheten
- ω hastigheten

(Ni kan sätta $c = 1$ om ni vill.)

2

En stråle av hypotetiska partiklar med massa $m = 4. \text{ GeV}/c^2$ sänds ut med totala energin $E = 5. \text{ GeV}$ från ett avlägset objekt som ligger 10^6 ly bort från oss. I vila har partiklarna livslängden $\tau = 4. \times 10^5 \text{ yr}$.

- a) Hur lång tid tar partiklarna att nå Jorden (i Jordens tid)?
b) Hur många (i %) partiklar som sänds ut riktat mot Jorden når Jorden innan de sönderfaller?

3

En stång med vilolängd 1 m rör sig med hastigheten $0.7c$ i ett referenssystem S. En partikel, med hastigheten $0.8c$ i S, färdas i samma riktning som stången. Hur lång tid tar det för partikeln att passera stången, från det att den är vid stången bakdel?

4

En K^+ meson (massa $494 \text{ MeV}/c^2$) rör sig i ett ortogonalt magnetiskt fält $B = 2 \text{ T}$ och lämnar ett cirkulärt spår med radie $R = 0.4 \text{ m}$. Beräkna mesonens totala energi.

Del 2

A

Objektet i uppgift 2 i Del 1 har ekliptiska breddgraden 45° . Härled en formel för strålens avikelse (aberration) och diskutera dess Taylorutveckling samt hur värden ändras under ett år.

B

Beskriv med egna ord "staven och garaget paradoxen". Vilka antagande är felaktiga? Diskutera problematiken kring det hela.

C

(**Bonus fråga, 1 poäng:**) Vad är farligast att svälja, ett coronavirus eller ett anti-coronavirus? (coronavirus gjort av antimateria).

PROBLEM 1 (c=1) UNITS = MeV

$$P_{\delta_1}^\mu = (|P_{\delta_1}|, \vec{P}_{\delta_1}) = (108.2, 435, 75.1, 64.7)$$

$$P_{\delta_2}^\mu = (|P_{\delta_2}|, \vec{P}_{\delta_2}) = (65.2, -431, 30.9, -38.2)$$

(So that $P_{\delta_1}^\mu P_{\delta_1\mu} = P_{\delta_2}^\mu P_{\delta_2\mu} = 0$, *massless*)

$$P_{\pi^0}^\mu = P_{\delta_1}^\mu + P_{\delta_2}^\mu = (173.4, 0.4, 106.0, 26.5)$$

$$m_{\pi^0}^2 = P_{\pi^0}^\mu P_{\pi^0\mu} = (173.4)^2 - (0.4)^2 - (106.0)^2 - (26.5)^2$$

$$\Rightarrow m_{\pi^0} = 135.$$

$$P_{\omega}^\mu = P_{\pi^0}^\mu + P_{\pi^+}^\mu + P_{\pi^-}^\mu = (1377.7, -32.2, 73.4, 1130.7)$$

$$m_{\omega}^2 = P_{\omega}^\mu P_{\omega\mu} \Rightarrow m_{\omega} = 783.$$

$$v_{\pi^0} = \frac{P_{\pi^0}^\mu}{E_{\pi^0}} = \frac{(0.4, 106.0, 26.5)}{173.4} =$$

$$= (0.0023, 0.609, 0.153)$$

Similarly

$$v_{\omega} = \frac{P_{\omega}^\mu}{E_{\omega}} = (-0.0219, 0.0533, 0.821)$$

PROBLEM 2 (c=1)

$$\gamma = \frac{E}{m} = \frac{5}{4} \Rightarrow u = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5} \quad (\text{c}) \text{ speed.}$$

$$t = \frac{d}{u} = 1.67 \times 10^6 \text{ yr.} \quad \text{time.}$$

$$N = N_0 e^{-\frac{d}{u} \lambda} = N_0 e^{-\frac{10^6}{\frac{3}{5} \cdot \frac{5}{4} \cdot 4 \cdot 10^5}} =$$

$$= N_0 e^{-\frac{1}{3}} = 0.035 N_0$$

\Rightarrow about 3.5% .

PROBLEM 3.

The rod has a contracted length

$$L = \frac{1 \text{ m}}{\gamma} = \sqrt{1 - \beta^2} \cdot 1 \text{ m}$$

$$= 0.71 \text{ m}$$

the time is $t = \frac{L}{\Delta v}$,

$$\frac{0.71 \text{ m}}{0.8c - 0.7c} = 7.1 \frac{\text{m}}{c} = 2.4 \cdot 10^{-8} \text{ s}.$$

PROBLEM 4

$$\frac{cp}{\text{MeV}} = 300 \cdot \frac{B}{\text{Tesla}} \cdot \frac{R}{\text{meter}}$$

$$p = 300 \cdot 2 \cdot 0.4 \text{ MeV}/c = 240 \frac{\text{MeV}}{c}$$

$$E = \sqrt{p^2 \cdot m^2 c^4} = \sqrt{240^2 \cdot 0.511^2} \text{ MeV}$$

$$= 54.9 \text{ MeV}$$