

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA och GÖTEBORGS UNIVERSITET

FUF045/FYP302 - Speciell Relativitetsteori. 2023-08-18

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

OBS: Nästa granskningstillfälle: Fredag 2023-09-08, kl 17:00 i Origo 6115

Hjäpmedel:

- 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

Den genomsnittliga livslängden för en laddad K -meson i vila är 12.4 ns.

1. Om mesonen rör sig med hastighet $0.90 c$ relativt jorden, hur lång genomsnittlig livslängd mäts av en observatör i vila på jorden?
2. Vad är det genomsnittliga avståndet som mesonen färdas före sönderfall, mätt av en observatör i vila på jorden?

v.g.v.

2

1. Två partiklar rör sig längs x -axeln i ett inertialsystem S med hastigheter $0.5c$ och $0.8c$, den snabbaste börjar 10 m bakom. Hur många sekunder i S tar det innan den snabbaste har åkt förbi den långsammaste?
2. En stång med vilolängd 10 m rör sig med hastigheten $0.5c$ i 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 stavens bakdel?
3. Är de två svaren lika eller olika och varför?

3

Protoner cirkulerar i vid LHC-accelerator med en energi 6800 GeV. Protonens massa är 0.938 GeV och LHC radie är 4.3 km. Beräkna protonernas gammafaktor samt deras egenacceleration.

4

Beräkna tröskelenergin som krävs för att skapa ett par $\Lambda\bar{\Lambda}$ partiklar genom att stråla protoner på väteatomer i vila. Processen är alltså $p + p \rightarrow p + p + \Lambda + \bar{\Lambda}$.

Använd $m_p = 938$ MeV, $m_\Lambda = m_{\bar{\Lambda}} = 1116$ MeV.

Del 2

A

Härled formeln för $v(t)$ för en rätlinjig rörelse med konstant egenacceleration i en inertialsystem $S : (t, x, y, z)$ längs x . ($v = \frac{dx}{dt}$). Förklara skillnaderna med Newtons formels och rita relevanta kinematiska diagrammer (v v.s. t och x v.s. t).

B

För

$$F_{\mu\nu} := \begin{bmatrix} 0 & E_x & E_y & E_z \\ -E_x & 0 & -B_z & B_y \\ -E_y & B_z & 0 & -B_x \\ -E_z & -B_y & B_x & 0 \end{bmatrix}$$

Beräkna $F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}$ i termer av 3-vektorerna $\mathbf{E}$ och $\mathbf{B}$.

PROBLEM 1

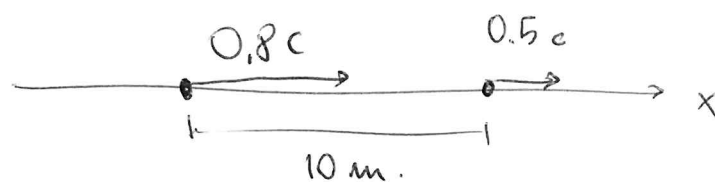
$$1) \quad t = \gamma \tau = \frac{1}{\sqrt{1-(0.9)^2}} \cdot 12.4 \text{ ns} = 28.4 \text{ ns}.$$

$$2) \quad d = vt (= v\gamma\tau) = 0.9 \times 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 28.4 \times 10^{-9} \text{ s} \\ = 7.67 \text{ m}$$

PROBLEM 2

In S :

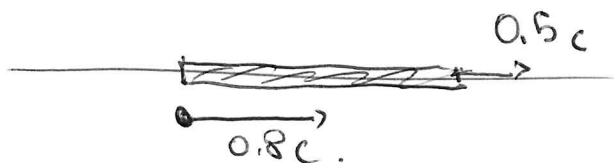
1)



Here the calculation is the same as in Newtonian physics (no change of frame):

$$t_1 = \frac{10 \text{ m}}{(0.8 - 0.5) \times 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1.11 \times 10^{-7} \text{ s}$$

2)



We still work in S but we need to compute the contraction of the rod:

$$t_2 = \frac{10 \text{ m} / \gamma}{(0.8 - 0.5) \times 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = t_1 / \gamma = 1.11 \times 10^{-7} \text{ s} \times \sqrt{1 - 0.5^2} = 9.62 \times 10^{-8} \text{ s}$$

3) In prob 2, we need to convert the length of the rod.

PROBLEM 3

$$\gamma = \frac{E}{m(c^2)} = \frac{6800 \text{ GeV}}{0.938 \text{ GeV}} = 7249$$

$$\alpha = \gamma^2 \frac{v^2}{R} \approx \gamma^2 \frac{c^2}{R} = (7249)^2 \times \frac{(3 \times 10^8 \text{ m/s})^2}{4.3 \times 10^3 \text{ m}}$$

$$= 1.1 \times 10^{21} \text{ m/s}^2$$

PROBLEM 4

P



P (from H).



$E_{\text{threshold}} =$

$$\frac{(m_p + m_p + m_\Lambda + m_\Lambda)^2 - m_p^2 - m_p^2}{2m_p}$$

$$= \frac{m_p^2 + 4m_p m_\Lambda + 2m_\Lambda^2}{m_p}$$

$$= 8057 \text{ MeV}$$

$$(T = E - m_p = 7119 \text{ MeV}).$$