

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA och GÖTEBORGS UNIVERSITET

FUF045/FYP302 - Speciell Relativitetsteori. 2019-08-23

Examinator: Gabriele Ferretti rum: Soliden S3039
tel. 031-7723168, 0721582259 email: ferretti@chalmers.se

OBS: Nästa granskningstillfälle: 2019-10-27, 16:00-17:00 i Origo N6115

OBS: Jag är bortrest v35 och v36. Jag kommer att rätta tentorna i början av v37!

Hjälpmedel:

- Chalmersgodkänd miniräknare.
- Physics Handbook

Betygsgränser:

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

Del 2 innehåller 2 mer konceptuella uppgifter (också 10 poäng/uppgift).

För att nå godkänd nivå (3 eller G) räcker det att få sammanlagt 35 poäng när man lägger ihop bonuspoäng och poäng från Del 1.

För att få överbetyg måste man ha 35 poäng (bonus + Del 1) som ovan, samt följande antal poäng från Del 2: (CTH: 10-15: 4, 16-20: 5) (GU: 10-20: **VG**)

Del 1

1

En partikel rör sig med konstant hastighet $c/2$ längs y -axeln i ett inertialsystem S . En observatör rör sig längs S x -axeln med hastighet $c/3$ som definerar ett nytt inertialsystem S' i standardkonfiguration. Beräkna vinkeln mellan partikelns bana och x' -axeln i S' .

2

Alla våglängder i vätespektrat från en kvasar är 2.5 gånger större än på jorden. Hur snabbt rör sig kvasaren från jorden?

3

En D -meson (massa $m = 1.87 \text{ GeV}/c^2$) har en genomsnittlig livslängd $\tau = 1.04 \times 10^{-12} \text{ s}$ i vila. Beräkna den totala energin som D -meson måste ha för att färdas i genomsnitt 1 cm innan den sönderfaller.

4

En Higgsboson (massa $m = 125$ GeV) ($c = 1$ enheter) sönderfaller till två fotoner. Första fotonen har relativistisk 3-rörelsemängd $\mathbf{p} = (30, 40, 0)$ GeV. Den andra fotonen är riktat längs y -axeln. Beräkna den andra fotonens energi.

Del 2

A

Diskutera begreppet tids/ljus/rums-lika vektorer. Visa hur de kan representeras i ett Minkowskidiagram och deras samband med framtids/dåtidis begreppen. Ge några fysikaliska exempel. Diskutera hur tids/ljus/rums-lika egenskaper kan ändras vid addition av två vektorer.

B

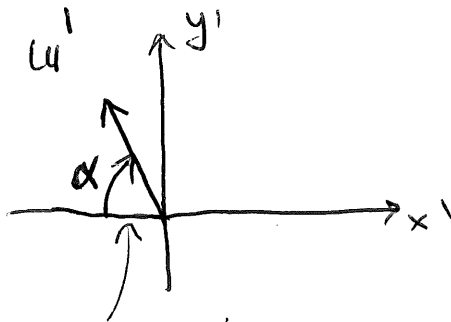
Börja med uttrycket för $F_{\mu\nu}$ i termer av \mathbf{E} och \mathbf{B} och beräkna explicit (d.v.s. visa alla steg) uttrycket för

- $F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}$
- $\epsilon^{\mu\nu\rho\lambda}F_{\mu\nu}F_{\rho\lambda}$
- $F^{\mu\nu}F_{\nu}{}^{\rho} + \frac{1}{4}\eta^{\mu\rho}F_{\alpha\beta}F^{\alpha\beta}$

i termer av \mathbf{E} och \mathbf{B} (oroa dig inte för mycket om teckenfel.)

PROBLEM 1

$$\begin{cases} u_x = 0 \\ u_y = \frac{c}{2} \\ u_z = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_x = \frac{c}{3} \\ v_y = 0 \\ v_z = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u'_x = -\frac{c}{3} \\ u'_y = \frac{1}{\gamma} \frac{c}{2} = \frac{\sqrt{2}c}{3} \\ u'_z = 0 \end{cases}$$



Measuring it as positive by convention

$$\tan \alpha = \left| \frac{u'_y}{u'_x} \right| = \sqrt{2} \Rightarrow \alpha = 0,955 \text{ rad} \\ = 54,7^\circ$$

PROBLEM 2

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} \left(= \frac{v_0}{v} \right) = 2.5 = \sqrt{\frac{1+u/c}{1-u/c}}$$

$$\Rightarrow u = \frac{(2.5)^2 - 1}{(2.5)^2 + 1} \times c = 0.724 \times c \\ = 2.17 \times 10^8 \text{ m/s}$$

PROBLEM 3

$$d = v \tau \gamma = \frac{p}{m} \times \tau$$

$$\Rightarrow p = \frac{m d}{\tau} = \frac{1.87 \text{ GeV}}{c^2} \frac{0.01 \text{ m}}{1.04 \times 10^{-12} \text{ s}}$$

$$= \frac{1.87 \text{ GeV}}{c} \cdot \frac{0.01 \text{ m}}{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1.04 \times 10^{-12} \text{ s}}$$

$$= 1.87 \cdot \frac{\text{GeV}}{c} \times 32.1 = 60 \frac{\text{GeV}}{c}$$

PROBLEM 4

UNITS: GeV
($c=1$).

$$\vec{P}_2 = (0, P, 0)$$
$$\vec{P}_1 = (30, 40, 0)$$

$$P_1^\mu = (E_1, \vec{P}_1) = (50, 30, 40, 0)$$
$$\uparrow = \sqrt{30^2 + 40^2 + 0^2}$$

$$P_2^\mu = (E_2, \vec{P}_2) = (P, 0, P, 0)$$

$$m_{\text{Higgs}}^2 = (P_1^\mu + P_2^\mu)^2 = \underbrace{(50+P)^2 - 30^2 - (40+P)^2}$$
$$\parallel$$
$$125^2 = 20P$$

$$\Rightarrow P = 781 \text{ GeV}$$

\uparrow
Same as E_2 .