

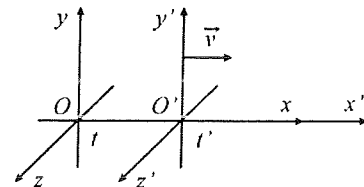
Tfy-0.1012 Fysiikka IB (TFM, L) Tentti (4 op) 18.12.2008

1. Sauva, jonka pituus lepokoordinaatistossaan on  $L'$ , liikkuu nopeudella  $0,8c$  ( $c$  valon nopeus) pituussuunnassa maan pintaan nähden.
  - a) Laske maan pinnalla mitattu sauvan pituus  $L$  Lorentz-muunnosyhtälöitä soveltaen.
  - b) Sauvan perään on asetettu lamppu, joka lähettää kaksi valosignaalia, joiden välinen aika sauvan lepokoordinaatistossa mitattuna on  $T'$ . Laske maan pinnalla mitattu valosignaalien välinen aika  $T$  Lorentz-muunnosyhtälöitä soveltaen.

Ohje:  $O'x'y'z't'$ -koordinaatisto liikkuu vakionopeudella  $\vec{v} = v\hat{i}$   $Oxyz$ -koordinaatiston suhteen oikeisen kuvan mukaisesti. Lorentz-muunnosyhtälöt ovat

$$x' = \gamma(x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right),$$

missä  $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ .



2. a) Osoita lähtien itseisajan neliön differentiaalisesta määritelmästä  $d\tau^2 = dt^2 - \frac{1}{c^2}(dx^2 + dy^2 + dz^2)$ , että hiukkasen massan, energian ja liikemäärän välillä on yhteys ( $c$  valon nopeus)
 
$$m^2 c^4 = E^2 - p^2 c^2.$$

b) Osoita a-kohdan tuloksen avulla, että liikkuvan hiukkasen massa  $M$  on sama hiukkasen lepokoordinaatistossa (massakeskipistekoordinaatistossa) ja laboratoriokoordinaatistossa.

3. a) Luettele Carnot'n kiertoprosessin osaprosessit ja piirrä kiertoprosessin  $PV$ -kuvaaja, eli paine tilavuuden funktiona. Laske lisäksi eri osaprosesseissa siirtynyt lämpö ja Carnot'n koneen tekemä työ.
- b) Osoita, että Carnot'n koneen terminen hyötysuhde, eli koneen tekemän työn suhde sen ottamaan lämpöön, on

$$\varepsilon_C = 1 - \frac{T_1}{T_2},$$

missä  $T_2$  on kuumasäiliön ja  $T_1$  kylmäsäiliön lämpötila. Kiertoprosessissa kone ottaa lämmön kuumasäiliöstä ja luovuttaa lämmön kylmäsäiliöön.

4. Sekoitetaan sama määrä kuumaa (massa  $m$  ja lämpötila  $T_2$ ) ja kylmää (massa  $m$  ja lämpötila  $T_1$ ) vettä keskenään. Oleta, että  $0^\circ\text{C} < T_1 < T_2 < 100^\circ\text{C}$ . Laske koko eristetyn systeemin entropian muutos. Onko prosessi reversiibeli eli palautuva? Perustelut.
5. a) Johda langassa liikkuvalla poikittaiselle aaltoliikkeelle aaltoyhtälö ja päättele siitä aallon vaihenopeuden lauseke  $v = \sqrt{T/\mu}$ , missä  $T$  on langan jännitys ja  $\mu$  langan massa pituusyksikköä kohti.
- b) Painava köysi, jonka massa on  $m$  ja pituus on  $L$ , riippuu vapaasti hallin katosta. Köyden alaosaa heilautetaan nopeasti sivusuunnassa, jolloin köydessä alkaa edetä poikittainen pulssimainen aalto. Laske aallon vaihenopeus ja aika, joka pulsilta kuluu kulkea köysi alhaalta ylös ja takaisin.

*Merkitse opiskelijanumerosi (myös kirjain), nimesi, koulutusohjelmasi, kurssikoodi ja kokeen päivämäärä jokaiseen suorituspaperiisi.*