

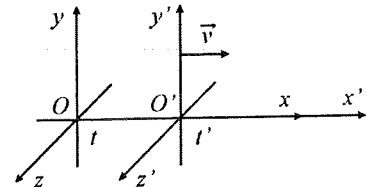
Tfy-0.1012 Fysiikka IB (TFM, L) Tentti (4 op) 18.12.2008

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 oheisen 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 hyötösuhde, 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 alaosa heilautetaan nopeasti sivusuunnassa, jolloin köydessä alkaa edetä poikittainen pulssimainen aalto. Laske aallon vaihenopeus ja aika, joka pulssilta kuluu kulkea köysi alhaalta ylös ja takaisin.

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