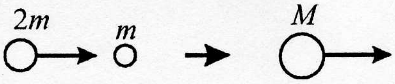
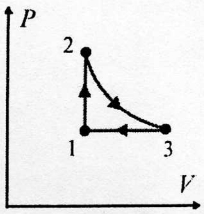
Tfy-0.1012 Fysiikka IB (TFM, L) Tentti (4 op) 18.12.2009

1. $O'x'y'z't'$-koordinaatisto kulkee suurella vakionopeudella $\vec{v}$ (inertiaalisen) $Oxyzt$-koordinaatiston suhteen siten, että x'- ja x-akselit ovat päällekäin. Hetkellä $t = t' = 0$, jolloin origo O' kohtaa origon O, lähtee O'-origosta valopulssi, joka etenee palloaaltorintamana valon nopeudella $O'x'y'z't'$-koordinaatistossa. Osoita, että myös $Oxyzt$-koordinaatiston havaitsija näkee kyseisen valopulssin palloaaltorintamana.
Ohje: Kun O'-koordinaatisto liikkuu vakionopeudella $\vec{v} = v\hat{i}$ O-koordinaatiston suhteen, niin Lorentz-muunnosyhtälöt ovat $x' = \gamma(x - vt)$, $y' = y$, $z' = z$, $t' = \gamma(t - \frac{vx}{c^2})$, missä $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$.

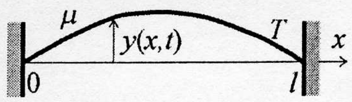
2. $2m$-massainen hiukkanen, jonka liike-energia on K, törmää levossa olevaan m-massaiseen hiukkaseen täysin epäelastisesti (ks. oheinen kuva).


a) Johda törmäyksessä syntyneen yhteishiukkasen massalle M lauseke ja osoita, että se on suurempi kuin kokonaismassa $3m$ ennen törmäystä.
b) Johda liike-energian muutokselle lauseke ja osoita, että liike-energian häviö on sama kuin kokonaismassan lisäys kerrottuna valon nopeuden neliöllä.

3. Tarkastellaan suljetun suorakulmaisen särmiön muotoisen astian sisältämää yksiatomista ideaalikaasua, joka koostuu identtisistä m-massaisista pistemäisistä hiukkasista. Astian tilavuus on V ja se sisältää suuren määrän hiukkasia (N kpl). Oletetaan, että hiukkaset törmäävät toisiinsa ja astian seiniin elastisesti. Johda Boylen laki $PV = \frac{2}{3}U$, missä P on astiassa oleva paine ja U on kaasun sisäenergia, joka on vakio.

4. Ideaalikaasu, jonka lämpötila on aluksi T_1, suorittaa oheisen kuvan kiertoprosessin, jossa prosessi 1→2 on isokoorinen (V = vakio), 2→3 isoterminen (T = vakio) ja 3→1 isobaarinen (P = vakio). Systeemistä tiedetään lisäksi $V_3 = 2V_1$. Laske kaasun ja ympäristön välillä siirtynyt lämpö ja kaasun tekemä työ kiertoprosessin eri vaiheissa. Esitä tulokset lämpökapasiteettien ja lämpötilan T_1 avulla.


Ohje: Käytä ideaalikaasun tilanyhtälöä $PV = (C_P - C_V)T$, missä C_P on lämpökapasiteetti vakiopaineessa ja C_V lämpökapasiteetti vakiotilavuudessa.

5. Tarkastellaan ohutta homogeenista kieltä (pituus l), joka on jännitetty kahden kiinteän pisteen välille oheisen kuvan mukaisesti. Kielen massa pituusyksikköä kohti on μ.


Tarkastellaan kielen pieniä poikittaissiirtymiä $y(x,t)$ samassa tasossa, jolloin voidaan olettaa, että kielen jännitysvoima on kaikkialla vakio T.
a) Johda kielen poikittaissiirtymille $y(x,t)$ liikeyhtälö
$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{\mu}{T}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}.$$
b) Osoita, että
$$y(x,t) = A\sin\left(\frac{\pi}{l}x\right)\cos\left(\sqrt{\frac{T}{\mu}}\frac{\pi}{l}t\right)$$
on liikeyhtälön ratkaisu reunaehdoilla $y(0,t) = 0$ ja $y(l,t) = 0$, jos kielen alkuehdot ovat
$$y(x,0) = A\sin\left(\frac{\pi}{l}x\right) \quad \text{ja} \quad \left(\frac{\partial y(x,t)}{\partial t}\right)_{t=0} = 0.$$

Merkitse nimesi, opiskelijanumerosi (myös kirjain), koulutusohjelmasi, kurssikoodi ja kokeen päivämäärä jokaiseen suorituspaperiisi. Laskimien käyttö tentissä on kielletty.