

Fysiikan valintakoetehtävien ratkaisut v. 2010

1. a) Kohta D.

b) Koska kyseessä on kimmoton törmäys, ammuttu luoti takertuu kiinni puupölkkyyn. Heilurin heilahtaessa sen törmäyksessä saama liike-energia muuttuu potentiaali-energiaksi, tällöin heilurin törmäyksessä saama liike-energia on sama kuin heilurin potentiaalienergia heilahdusliikkeen loppuvaiheessa, $\frac{1}{2}(m + M)v^2 = (m + M)gh$.

$$(m + M)gh = 0,983 \text{ J} \approx 0,98 \text{ J}$$

c) Koska liikemäärä säilyy törmäyksessä muuttumattomana, luodin alkuperäinen liikemäärä ennen törmäystä on yhtä suuri kuin heilurin ja luodin yhteinen liikemäärä heti törmäyksen jälkeen, $mv_A = (m + M)v_B$. Nopeus v_B saadaan ratkaistuksi b)-kohdan perusteella, $v_B = \sqrt{2gh}$ ja edelleen

$$v_A = \frac{m + M}{m} v_B = \frac{m + M}{m} \sqrt{2gh} = 314 \text{ m/s} \approx 310 \text{ m/s}$$

2. a) Vaihtoehto D.

b) Hissin alkunopeus $v_0 = -2,0 \text{ m/s}$ ja hissin pysähtymiseen kuluva aika on T .

Jarrutuksessa hissin kiihtyvyys $a = \frac{dv}{dt} = \text{vakio}$, joten $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - v_0}{T - 0} = -\frac{v_0}{T}$.

Hissin paikka ajan funktiona $y(t) = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, missä $y_0 = 1,0 \text{ m}$.

$y(T) = y_0 + v_0 T + \frac{1}{2} a T^2 = y_0 + \frac{1}{2} v_0 T = 0$, josta $T = -\frac{2y_0}{v_0}$ ja edelleen

$$a = \frac{v_0^2}{2y_0} = +2,0 \text{ m/s}^2.$$

b) Matkustajaan vaikuttavat voimat ovat alaspäin suuntautuva gravitaatiovoima mg ($g = -9,81 \text{ m/s}^2$) ja hissin lattian matkustajaan kohdistama ylöspäin suuntautuva tukivoima F . Newtonin toisen peruslain mukaisesti matkustajaan kohdistuvien voimien summa on matkustajan massan ja kiihtyvyyden tulo. Matkustajalla ja hissin korilla on sama kiihtyvyys jarrutuksen aikana.

$$\begin{aligned} F + mg &= ma \\ F &= m(a - g) = 945 \text{ N} \approx 950 \text{ N} \end{aligned}$$

3. a) Vastuksen R_1 läpi kulkeva virta saadaan ratkaistuksi Ohmin laista

$$I = \frac{U}{R_1} = 10,0 \text{ mA} \approx 10 \text{ mA}$$

b) Pisteiden A ja B välinen jännite on vastuksessa R_3 tapahtuvan jännitehäviön U_{R3} suuruinen. Sarjaan kytkettyjen vastusten läpi kulkee virta

$$I = \frac{U}{R_2 + R_3}$$

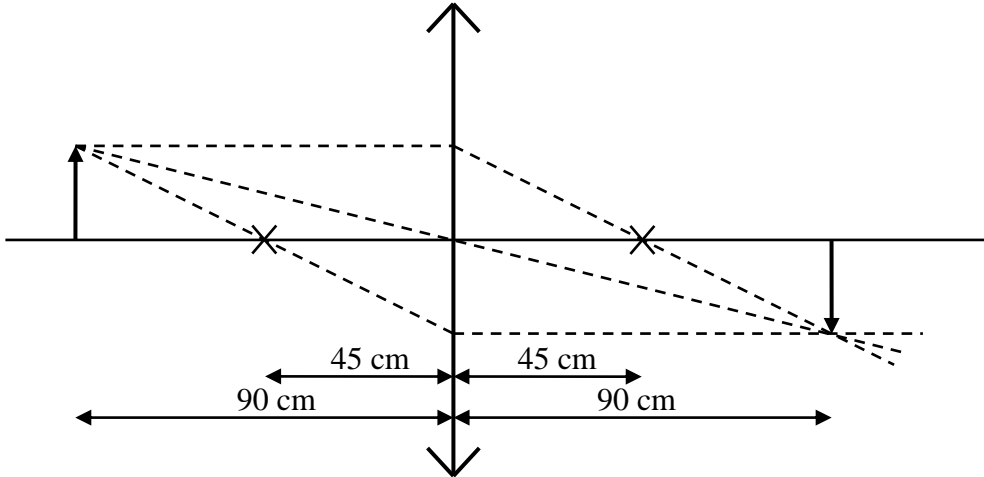
Tällöin

$$U_{R3} = R_3 I = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U = 6,67 \text{ V} \approx 6,7 \text{ V}$$

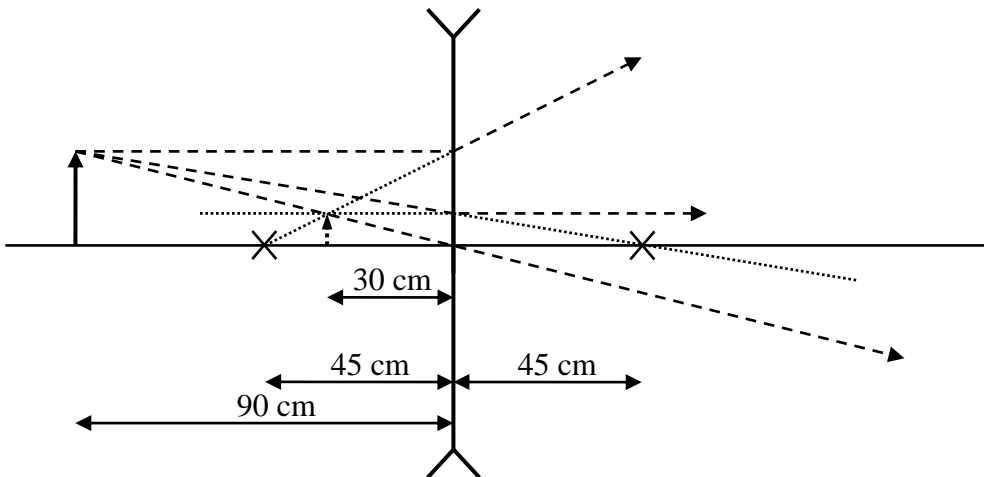
- c) Sarjaan kytkettyjen kondensaattorien varaukset ovat yhtä suuret ja muotoa $Q = CU$. Koska $Q_1 = Q_2$ saadaan $C_1U_{C1} = C_2U_{C2}$. Ratkaisemalla tästä U_{C1} ja sijoittamalla yhtälöön $U_{C1} + U_{C2} = U$ saadaan

$$U_{C2} = \left[\frac{C_2}{C_1} + 1 \right]^{-1} U = 3,33 \text{ V} \approx 3,3 \text{ V}$$

4. a) Kuva sijaitsee 90 cm linssin oikealla puolella. Kyseessä on todellinen kuva.



- b) Kuva sijaitsee noin 30 cm linssin vasemmalla puolella. Kyseessä on valekuva.



- c) Kun kuvattavan kohteen etäisyys linssistä kasvaa huomattavan suureksi, linssiyhtälön termi $\frac{1}{a}$ voidaan approksimoida nolaksi. Tällöin linssiyhtälöstä saadaan $b = f$ eli kaukaisen kohteen kuva muodostuu linssin polttopisteeseen vastakkaiselle puolelle linssiä kuin kuvattava kohde.

5. a) Veden lämmittämiseen käytetty energia on

$$Q = c_v m_v \Delta T = 4,19 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 1,0 \text{ kg} \cdot 75,0 \text{ K} = 314 \text{ kJ} \approx 310 \text{ kJ}.$$

- b) Veden lämmitykseen tarvittava aika saadaan laskettua jakamalla veden lämmittämiseen käytetty energia lämmitysteholla.

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{314000 \text{ J}}{2000 \text{ W}} = 157 \text{ s} = 2 \text{ min } 37 \text{ s}$$

- c) Vesi luovuttaa lämpöenergiaa metallikappaleelle, kunnes systeemin asettuu tasapainoon ja vedellä ja metallikappaleella on sama lämpötila. Metallikappaleen saaman lämpöenergian määrä vastaa siis veden luovuttamaa energiaa, $Q_2 = c_v m_v \Delta T_v$. Metallikappaleen ominaislämpökapasiteetti saadaan laskettua jakamalla tämä energia metallikappaleen massalla m_m ja metallikappaleen lämpötilan muutoksella ΔT_m .

$$c_m = \frac{c_v m_v \Delta T_v}{m_m \Delta T_m} = \frac{4,19 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 1,0 \text{ kg} \cdot 5,0 \text{ K}}{0,414 \text{ kg} \cdot 110,0 \text{ K}} = 0,46 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

6. a) $P = E/t = (12,0 \mu\text{J})/(10,0 \text{ ps}) = 1200000 \text{ W} = 1,2 \text{ MW}$
- b) Pulssien väli on $1/f = 1/(4 \text{ MHz}) = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ s} = 0,25 \mu\text{s}$
- c) $P_{ave} = (12,0 \mu\text{J})/(0,25 \mu\text{s}) = 48 \text{ W}$ (tai $P = 4,0 \text{ MHz} \cdot 12,0 \mu\text{J} = 48 \text{ W}$)
- d) Yhden valokvantin energia on $E = hf = hc/\lambda = 1,868 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, joten yksi pulssi sisältää $(12,0 \cdot 10^{-6} \text{ J})/(1,868 \cdot 10^{-19} \text{ J}) = 6,42 \cdot 10^{13}$ valokvanttia.
- e) Siirtymän energia on $E = hc/\lambda = 6,6256 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 1064 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1,8668 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Energia eV:na on siis $1,8668 \cdot 10^{-19} \text{ J} / 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = 1,165 \text{ eV}$. Kaavion perusteella tämä vastaa siirtymää $^4F_{3/2}$ tilalta $^4I_{11/2}$ tilalle.