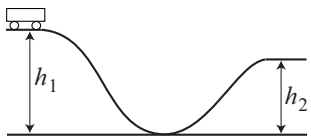


Diplomi-insinöörien ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2009, insinöörivalinnan fysiikan koe 27.5.2009, malliratkaisut

1 Huvipuiston vuoristoradalla vaunu (massa  $m_v = 1100$  kg) lähtee levosta liikkeelle radan korkeimmasta kohdasta (Kuva 1). Ensimmäisen alamäen puolivälissä vaunulla on nopeutta 13,0 m/s.  
 a) Määritä vuoristoradan ensimmäisen mäen korkeus  $h_1$ .  
 b) Ensimmäisen alamäen jälkeen vaunun jarrumies hidastaa vaunun vauhtia niin, että seuraavan mäen päällä vaunulla on nopeutta 3,7 m/s. Määritä radan toisen mäen korkeus  $h_2$ , kun jarrumiehen tekemä jarrutustyö on 53 kJ.



Kuva 1

Alkuarvot:

	$m_v$ (kg)	$v_1$ (m/s)	$v_2$ (m/s)	$W$ (kJ)
A	1100	13,0	3,7	53
B	1100	14,1	5,0	53
C	1100	13,5	3,3	53
D	1100	12,7	4,0	53

a) Ensimmäisessä alamäessä vaunun mekaaninen energia säilyy tai energiaperiaate tai työperiaate.

$$\Delta E_k + \Delta E_p = 0 \quad \Leftrightarrow$$

$$m_v g \frac{h_1}{2} - m_v g h_1 + \frac{1}{2} m_v v_1^2 = 0$$

$$\Rightarrow h_1 = \frac{v_1^2}{g} = 17,2 \text{ m}$$

Oikea vastaus.

	$h_1$ (m)	trk+1 (m)
A:	17	17,2
B:	20	20,3
C:	19	18,6
D:	16	16,4

b) Työperiaatteesta seuraa tai mekaanisen energian muutos on yhtä suuri kuin jarrutustyö.

$$\Delta E_p + \Delta E_k = W \quad \Leftrightarrow$$

$$mgh_1 - mgh_2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = W$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{v_1^2}{g} - \frac{v_2^2}{2g} - \frac{W}{mg} = 11,6 \text{ m}$$

Oikea vastaus.

	$h_1$ (m)	trk+1 (m)
A:	12	11,6
B:	14	14,1
C:	13	13,1
D:	11	10,7

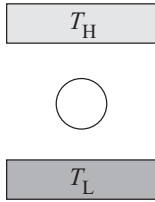
Ohjeita pisteytykseen:

- Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa.

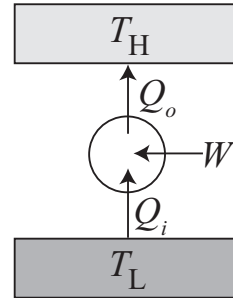
Diplomi-insinöörien ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2009, insinöörivalinnan fysiikan koe 27.5.2009, malliratkaisut.

2 a) Jääkoneella, jonka suorituskyky on 3,2, muutetaan vettä jääksi kuumana kesäpäivänä. Kuinka paljon sähköenergiaa tarvitaan muutettaessa tällä jääkoneella 0,80 kg vettä, jonka lämpötila on 10,0 °C, jääksi, jonka lämpötila on -6,0 °C?

b) Tarkastellaan jääkonetta termodynaamisena jäädytyskoneena. Kopioi oheinen kaaviokuva (Kuva 2) vastauspaperillesi ja täydennä kuva merkitsemällä siihen tämän jäädytyskoneen osalta olennaiset energiavirrat: otettu lämpö  $Q_i$ , luovutettu lämpö  $Q_o$  sekä tehty työ  $W$ . Merkitse kuvaajaan myös näiden energioiden virtaussuunnat nuolilla. Kuvassa 2 on  $T_H > T_L$ .



Kuva 2



**Ohjeita pisteytykseen:**

- a)-kohdan tarkkuus on kaksi numeroa.

Alkuarvot:

	$\epsilon$	$m$ (kg)	$T_1$ (°C)	$T_2$ (°C)
A-D	3,2	0,80	10,0	-6,0

a) Veden luovuttama lämpö sen jäähtyessä sulamispisteeseen:

$$Q_1 = c_v m (T_s - T_1) = -33,52 \text{ kJ}$$

Veden luovuttama lämpö sen jäätyessä jääksi:

$$Q_2 = -L_s m = -266,4 \text{ kJ}$$

Jään luovuttama lämpö sen jäähtyessä -6,0°C:een:

$$Q_3 = c_j m (T_2 - T_s) = -10,08 \text{ kJ}$$

$$\Rightarrow Q_{kok} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -310 \text{ kJ}$$

Suorituskyvyn määritelmästä seuraa

$$W = \frac{Q_{kok}}{\epsilon} = -97 \text{ kJ}$$

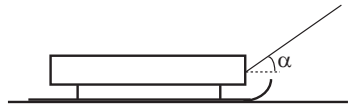
Tarvittava sähköenergia

$$E = -W = 97 \text{ kJ}$$

trk+1: 96,9 kJ,

Diplomi-insinöörien ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2009, insinöörivalinnan fysiikan koe 27.5.2009, malliratkaisut.

3 Lapsi vetää kelkkaa vaakasuoralla lumisella maalla vakionopeudella. Vetonarun kaltevuuskulma vaakatasoon nähden on  $\alpha = 43^\circ$ . Kelkan ja lumen välinen liukukitkakerroin on 0,15 ja kelkan massa on 4,7 kg. (Kuva 3)

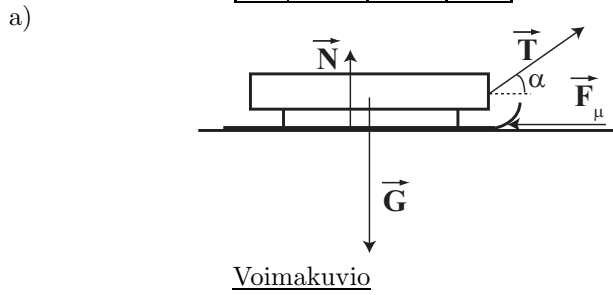


Kuva 3

- a) Piirrä kuvio, josta ilmenevät kelkkaan kohdistuvat voimat. Kiinnitä huomiota voimien keskinäisiin suuruuksiin ja niiden vaikutuspisteisiin. (2p)
- b) Kuinka suurella voimalla lapsi vetää kelkkaa? (4p)

Alkuarvot:

	$m$ (kg)	$\mu$	$\alpha$ ( $^\circ$ )
A	4,7	0,15	43
B	3,6	0,15	31
C	3,8	0,15	39
D	4,5	0,15	35



b) Kelkka liikkuu vakionopeudella, joten dynamiikan peruslaista tai Newton II:sta seuraa:

$$\sum \vec{F} = 0$$

Komponenttimuodossa vaakatasossa ( $x$ -suunta) ja pystysuunnassa ( $y$ -suunta):

$$\begin{cases} \sum F_x = T_x - F_\mu = T \cos \alpha - F_\mu = 0 \\ \sum F_y = T_y + N - G = T \sin \alpha + N - G = 0 \end{cases}$$

Kitkavoimalle pätee:  $F_\mu = \mu N$ , sijoitus yhtälöryhmään:

$$\begin{cases} T \cos \alpha - \mu N = 0 & (1) \\ T \sin \alpha + N - G = 0 & (2) \end{cases}$$

Ratkaistaan esimerkiksi tukivoima  $N$  yhtälöstä (1)  $\implies$

$$N = \frac{T \cos \alpha}{\mu}$$

Sijoitus yhtälöön (2)  $\implies$

$$T = \frac{G}{\frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha} = 8,29 \text{ N}$$

Oikea vastaus.

	$T$ (N)	trk+1 (N)
A:	8,3	8,29
B:	5,7	5,67
C:	6,4	6,41
D:	7,3	7,31

**Ohjeita b)-kohdan pisteytykseen:**

- Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa.

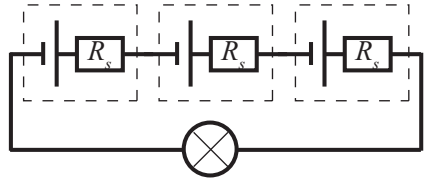
Diplomi-insinöörien ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2009, insinöörivalinnan fysiikan koe 27.5.2009, malliratkaisut.

4 Taskulampun jännitelähteenä käytetään kolmea paristoa, joista kunkin lähdejännite on 1,5 V ja sisäinen resistanssi 0,93 Ω. Polttimon resistanssi on 2,1 Ω.

- a) Kuinka suuri on polttimossa kuluva teho, kun paristot kytketään sarjaan? Piirrä kytkentä.
- b) Kuinka suuri on polttimossa kuluva teho, kun paristot kytketään rinnan? Piirrä kytkentä.

Alkuarvot:

	$e$ (V)	$R_s$ (Ω)	$R_p$ (Ω)
A	1,5	0,93	2,1
B	1,5	0,87	1,9
C	1,5	0,84	1,8
D	1,5	0,97	2,4



KytKentä

a) **Tapa 1** Kirchhoffin toisesta laista saadaan

$$3e - 3R_s I - R_p I = 0 \Rightarrow I = \frac{3e}{3R_s + R_p}$$

Polttimossa kuluva teho:

$$P_s = UI = R_p I^2 = R_p \cdot \left(\frac{3e}{3R_s + R_p}\right)^2 = 1,78 \text{ W}$$

**Tapa 2** Vastukset kytketty sarjaan  $\Rightarrow$

$$R_{eq} = \sum R_i = 3R_s + R_p$$

Piirissä kulkeva virta saadaan Ohmin laista

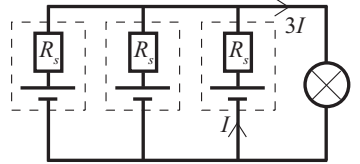
$$U = RI \Rightarrow I = \frac{3e}{R_{eq}} = \frac{3e}{3R_s + R_p}$$

Loppu kuten **Tapa 1**

Oikea vastaus.

	$P_s$ (W)	trk+1 (W)	$I$ (A)
A:	1,8	1,78	0,920
B:	1,9	1,89	0,998
C:	2,0	1,95	1,042
D:	1,7	1,72	0,847

b) **Tapa 1** Polttimossa kulkeva virta saadaan Kirchhoffin lakien avulla. Kirchhoffin ensimmäisestä laista seuraa että polttimossa kulkeva virta on kolme kertaa suurempi kuin yhden patterin läpi kulkeva virta. Kirchhoffin toisesta laista saadaan:



KytKentä

$$3IR_p + IR_s - e = 0$$

$$\Rightarrow I = \frac{e}{3R_p + R_s}$$

Polttimossa kuluva teho:

$$P_r = U(3I) = R_p(3I)^2 = 9R_p \left(\frac{e}{3R_p + R_s}\right)^2 = 0,814 \text{ W}$$

**Tapa 2** Sisäiset vastukset kytketty rinnan. Sisäisten vastusten systeemi kytketty sarjaan polttimon kanssa.

$$\frac{1}{R'_{eq}} = \frac{3}{R_s} \Rightarrow R'_{eq} = \frac{R_s}{3} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_s}{3} + R_p$$

Virta saadan Ohmin laista:

$$I = \frac{U}{R_{eq}} = \frac{e}{\frac{R_s}{3} + R_p}$$

Loppu kuten **Tapa 1**.

Oikea vastaus.

	$P_r$ (W)	trk+1 (W)	$I$ (A)
A:	0,81	0,814	0,207
B:	0,89	0,891	0,228
C:	0,94	0,936	0,240
D:	0,73	0,728	0,184

**Ohjeita pisteytykseen:**

- Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa.
- b)-kohdan kuvaajapisteiden saamiseksi ei tarvitse virtoja merkitä kuvaan.

**Diplomi-insinöörien ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2009, insinöörivalinnan fysiikan koe 27.5.2009, malliratkaisut.**

5 Laser-osoittimen teho on 0,83 mW ja se lähettää punaista valoa, jonka aallonpituus on 650 nm. Kyseisellä laser-osoittimella osoitetaan astiassa olevan veden pintaa kulmassa  $\theta = 41^\circ$ . Kuvassa 4 etäisyys  $x = 1,9$  cm. Läpinäkyvän, ohutseinäisen astian seinään ilmestyy kaksi valoläikkää, toinen vedenpinnan yläpuolelle ja toinen vedenpinnan alapuolelle.

- a) Määritä läikkien välimatka. Piirrä valonsäteiden kulkua esittävä kuvaaja. (4p)
- b) Kuinka monta fotonia laser-osoitin lähettää sekunnissa? (2p)

Alkuarvot:

	$x$ (cm)	$\theta$ ( $^\circ$ )	$\alpha$ ( $^\circ$ )	$P$ (mW)	$\lambda$ (nm)
A	1,9	41	49	0,83	650
B	1,7	31	59	0,83	650
C	2,6	36	54	0,83	650
D	2,4	46	44	0,83	650

a)

Heijastuskulma  $\phi$  on yhtä suuri kuin sisääntulo kulma  $\alpha$  tai heijastumislaki tai  $\alpha = \phi$  (kulmat määritelty kuvassa) ( $\alpha = 90^\circ - \theta$ )  $\Rightarrow$

$$y_1 = x \tan \theta$$

Taittumislaki tai Snellin laki

$$n_i \sin \alpha = n_v \sin \beta$$

$$\Rightarrow \beta = \arcsin \left( \frac{n_i}{n_v} \sin \alpha \right)$$

Trigonometriasta  $\Rightarrow$

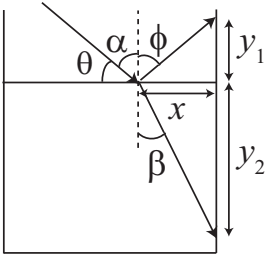
$$y_2 = \frac{x}{\tan \beta}$$

Läikkien välimatka

$$h = y_1 + y_2 = x \left( \tan \theta + \frac{1}{\tan \beta} \right) =$$

Oikea vastaus.

	$h$ (cm)	trk+1 (cm)	$\beta$ ( $^\circ$ )	$y_1$ (cm)	$y_2$ (cm)
A:	4,4	4,41	34,5	1,65	2,76
B:	3,0	3,04	40,1	1,02	2,02
C:	5,3	5,28	37,5	1,89	3,39
D:	6,4	6,40	31,5	2,49	3,01



Kuvio

b) Laservalon taajuus:

$$f = \frac{c}{\lambda} = 4,612 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Yhden valokvantin energia

$$E_1 = hf = h \frac{c}{\lambda} = 3,056 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Laserpointerin teho on sen lähettämä energia aikayksikköä kohden  $\Rightarrow$

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = Pt$$

Laserpointerin sekunnissa lähettämien fotonien lukumäärä ( $t = 1 \text{ s}$ )

$$N = \frac{E}{E_1} = \frac{Pt\lambda}{hc} = 2,7 \cdot 10^{15}$$

trk+1:  $2,72 \cdot 10^{15}$ ,

**Ohjeita pisteytykseen:**

- Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa.
- Kuvio: - vaaditaan kolme oikeaa suunnattua sädettä.

Diplomi-insinöörien ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2009, insinööriarinnan fysiikan koe 27.5.2009, malliratkaisut.

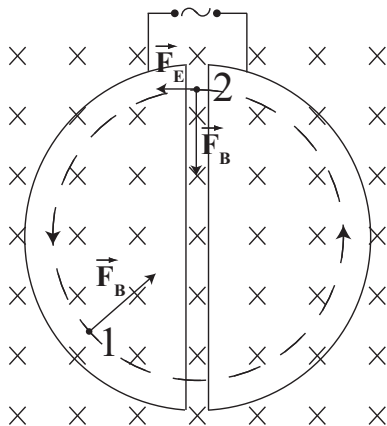
6 Varattuja hiukkasia kiihdytetään syklotronilla. Kiihdyttäminen tehdään vaihtuvan sähkökentän avulla kahden vaakasuorassa olevan D:n muotoisen osan välisellä alueella (Kuva 5). Jokaisen kiihdytysaskeleen jälkeen hiukkaset kiertävät ympyrän kaarta pitkin magneettikentässä. Syklotronilla, jonka säde  $r = 46,0$  cm, kiihdytetään protoneja lopulliseen energiaan 5,50 MeV.

- a) Esitä piirtämällä protonin kiertosuunta syklotronissa ja siihen kohdistuva voima syklotroniin merkityissä pisteissä 1 ja 2.
- b) Kuinka suuri magneettivuon tiheys tarvitaan tässä syklotronissa?

Alkuarvot:

	$r$ (cm)	$E_k$ (MeV)
A-D	46,0	5,50

a) Jotta protoni kiertisi syklotronissa, tulee siihen kohdistuvan voiman magneettikentässä olla suunnattu kohti syklotronin keskipistettä. Magneettinen voima  $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ . Protonin varaus  $q = +e$  ja  $\vec{B}$  suuntautuu tehtäväpaperin sisään, joten vektoreiden ristitulosta seuraa että protoni kiertää vastapäivään syklotronissa.



b) Protonin lopullinen nopeus saadaan kineettisen energian kaavasta

$$E_k = \frac{1}{2}m_p v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_p}}$$

Newton II:sta tai dynamiikan peruslaista seuraa kun protoni magneettikentässä

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_B = e\vec{v} \times \vec{B} = -m_p \frac{v^2}{r} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$$

Kun  $\vec{v} \perp \vec{B}$  saadaan skalaarimuodossa

$$F_B = qvB = m_p \frac{v^2}{r}$$

Yhdistetään voiman ja nopeuden lausekkeet ja ratkaistaan magneettivuon tiheys  $B$

$$B = \frac{m_p}{er} \sqrt{\frac{2E_k}{m_p}} = \frac{\sqrt{2E_k m_p}}{er} = 0,737 \text{ T}$$

trk+1: 0,7367 T,

Ohjeita pisteytykseen:

- Tehtävän tarkkuus on kolme numeroa.