

Diplomi-insinöörin ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2007, insinöörivalinnan fysiikan koe 30.5.2007, malliratkaisut ja arvostelu.

- 1 Menestyselokuvassa *Thelma & Louise* sankarittarien epätoivoinen pakomatka päättyy, kun he lopuksi ajavat autonsa jyrkänteeltä suoraan Grand Canyoniin. Naiset aloittavat loppukiihdytyksensä pitkin vaakasuoraa maanpintaa 120 m jyrkänten reunalta. Auto lähtee levosta ja kiihtyy vakiokiihtyvyydellä $3,4 \text{ m/s}^2$. Laske auton vaakasuora lentomatka, kun Grand Canyon on kyseisellä kohdalla 1200 m syvä. Ilmanvastusta ei oteta huomioon.

Alkuarvot:

	x_1 (m)	a (m/s^2)	y (m)
A	120	3,4	1200
B	140	3,1	850
C	150	3,3	1100
D	110	3,0	950

Auton nopeus jyrkänten reunalla, tasaisesti kiihtyvää liike:

$$x_1 = x_0 + v_0 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 \Rightarrow x_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2x_1}{a}}$$

Nopeus:

$$\begin{aligned} v_x &= v_{0x} + a t_1 = a t_1 \\ &= \sqrt{2 a x_1} \end{aligned}$$

Lentoaika, y-suunnassa tasaisesti kiihtyvää liike:

$$0 = y - \frac{1}{2} g t_2^2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

x-suunnassa tasainen liike tai $v_x = \text{vakio}$:

$$\begin{aligned} x_2 &= v_x t_2 = \sqrt{2 a x_1} \sqrt{\frac{2y}{g}} \Rightarrow \\ x_2 &= \sqrt{\frac{4 a x_1 y}{g}} \end{aligned}$$

Oikea vastaus.

	x_2 (m)	trk+1 (m)	-1% (m)	+1% (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	v_x (m/s)
A:	450	447	451	443	8,40	15,6	28,6
B:	390	388	392	384	9,50	13,2	29,5
C:	470	471	476	466	9,53	15,0	31,5
D:	360	358	362	354	8,56	13,9	25,7

Ohjeita pisteytykseen:

- Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa.

Copyright TKK 2007

Diplomi-insinöörin ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2007, insinöörivalinnan fysiikan koe 30.5.2007, malliratkaisut ja arvostelu.

2 Euroopan Elintarvikevirasto ottaa Venäjän tulliin juuttuneista rekoista broilerinäytteitä tarkempia tutkimuksia varten. Kun broilerinäytteet, joiden massasta broileria on 61 kg ja säilytyslaatikoita 5,0 kg, saadaan lopulta siirrettyksi viraston pakastimeen, on näytteiden lämpötila 7,0 °C. Pakastimessa näytteet jäädytetään lämpötilaan -18 °C. Laske kuinka kauan jäädyttämiseen kuluu aikaa, kun kaikki energiahäviöt huomioon ottaen pakastimen jäädytyskoneiston sähkötehosta (710 W) jäädyttämiseen menee 32 %.

Vakioita: Broilerissa olevan nesteen sulamispiste -2,8 °C, broilerin sulamiseen tarvittava lämpö 247 kJ kg⁻¹, broilerin ominaislämpökapasiteetti sulamispisteen yläpuolella 3,32 kJ kg⁻¹ K⁻¹, broilerin ominaislämpökapasiteetti sulamispisteen alapuolella 1,77 kJ kg⁻¹ K⁻¹, säilytyslaatikkomateriaalin ominaislämpökapasiteetti 1,4 kJ kg⁻¹ K⁻¹.

Alkuarvot:

	m_b (kg)	m_l (kg)	P (W)	T_a (°C)	T_l (°C)	T_s (°C)	η (%)
A	61	5,0	710	7,0	-18	-2,8	32
B	48	4,0	610	7,0	-18	-2,8	32
C	31	2,0	510	7,0	-18	-2,8	32
D	18	1,0	410	7,0	-18	-2,8	32

Broilerin luovuttama lämpö sen jäähtyessä sulamispisteeseen:

$$Q_1 = c_{b1}m_b(T_s - T_a)$$

Broilerin luovuttama lämpö sen jäähtyessä:

$$Q_2 = -Lm_b$$

Broilerin luovuttama lämpö sen jäähtyessä -18°C:een:

$$Q_3 = c_{b2}m_b(T_l - T_s)$$

Säilytyslaatikoiden luovuttama lämpömäärä niiden jäähtyessä:

$$Q_4 = c_{sl}m_b(T_l - T_a)$$

Jäädytyskoneiston tekemä jäädytystyö on yhtä suuri kuin broilerin ja säilytyslaatikoiden luovuttama lämpömäärä.

Tehon määritelmästä seuraa:

$$W = -Q_{\text{kok}} = -(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) = \eta Pt$$

$$\Rightarrow t = -\frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{\eta P}$$

Oikea vastaus.

	t (10 ³ s)	trk+1 (h min)	-1% (h min)	+1% (h min)	Q_1 (kJ)	Q_2 (kJ)	Q_3 (kJ)	Q_4 (kJ)
A:	83	23 04	23 18	22 50	-1985	-15070	-1641	-175
B:	76	21 08	21 21	20 55	-1562	-11860	-1291	-140
C:	59	16 17	16 27	16 08	-1009	-7657	-834,0	-70
D:	42	11 45	11 38	11 52	-586,0	-4446	-484,0	-35

Ohjeita pisteytykseen:

- Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa, minuutin tarkkuus sallitaan.
- Lämmöt Q_i voivat olla joko + tai - merkkisiä.

Copyright TKK 2007

Diplomi-insinöörin ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2007, insinöörivalinnan fysiikan koe 30.5.2007, malliratkaisut ja arvostelu.

3 Rakennusmies, jonka massa on 81 kg, seisoo tasapaksulla vaakasuorassa olevalla kannatinpalkilla etäisyydellä $d = 2,0$ m pystysuorasta seinästä (Kuva 1). Palkin toinen pää on kiinnitetty vaijerilla ja toinen saranalla seinään. Palkin massa on 22 kg ja pituus 8,0 m. Määritä vaijerin jännitysvoima ja saranan O palkkiin kohdistama tukivoima (suuruus ja suunta), kun vaijerin ja palkin muodostama kulma on $\alpha = 53^\circ$.

Alkuarvot:

	m_1 (kg)	m_2 (kg)	d (m)	L (m)	α ($^\circ$)
A-D	81	22	2,0	8,0	53

Rakennusmies ja kannatinpalkki tasapainossa.
tai tasapainoehdot

$$\begin{aligned} \sum \vec{F} &= 0 \\ \sum \vec{r} &= 0 \end{aligned}$$

Tasapaino x - ja y -suunnissa sek momenttiehto O:n suhteen:

$$\begin{cases} \sum F_x = R_x - T_x = 0 \\ \sum F_y = R_y + T_y - G_1 - G_2 = 0 \\ \sum \tau_z = -G_1 d - G_2(L/2) + T_y L = 0 \end{cases}$$

Momenttipisteen paikka kuvaajassa tai sanallisesti selitetty.

Voiman momentin tasapainoehto antaa:

$$T_y = \frac{m_1 g d + m_2 g (L/2)}{L} = 306 \text{ N}$$

T_y sijoitetaan voimatasapainon y -komponenttiehtoon:

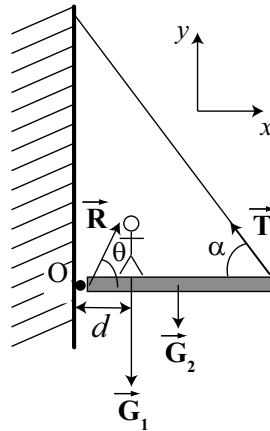
$$R_y = m_1 g + m_2 g - T_y = 704 \text{ N}$$

Tangentin määritelmästä ja voimatasapainon x -komponenttiehdosta seuraa:

$$R_x = T_x = \frac{T_y}{\tan \alpha} = 231 \text{ N}$$

Jännitysvoima: $T = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = 380 \text{ N}$

Trk+1 384 N ja virherajat 380 - 388 N.



Voimakuvio

Tukivoima:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 740 \text{ N}$$

Trk+1 741 N ja virherajat 734 - 748 N.

Tukivoiman \vec{R} suunta:

$$\theta = \arctan \frac{R_y}{R_x} = 72^\circ$$

Trk+1 71,8 $^\circ$ ja virherajat 71,1 - 72,5 $^\circ$.

Tapa 2 Rakennusmies ja kannatinpalkki tasapainossa. tai tasapainoehdot

$$\begin{cases} \sum F_x = R \cos \theta - T \cos \alpha = 0 \\ \sum F_y = R \sin \theta + T \sin \alpha - m_1 g - m_2 g = 0 \\ \sum \tau_z = -m_1 g d - m_2 g (L/2) + T \sin \alpha L = 0 \end{cases}$$

Momenttipisteen paikka kuvaajassa tai sanallisesti selitetty.

Voiman momentin tasapainoehto antaa:

$$T = \frac{m_1 g d + m_2 g (L/2)}{L \sin \alpha} = 380 \text{ N}$$

Voimien x -komponenttien tasapainoehto antaa:

$$R = \frac{T \cos \alpha}{\cos \theta}$$

Sijoitus voimien y -komponenttien tasapainoehtoon

$$T \cos \alpha \tan \theta + T \sin \alpha - m_1 g - m_2 g = 0 \Rightarrow$$

$$\theta = \arctan \frac{m_1 g + m_2 g - T \sin \alpha}{T \cos \alpha} = 72^\circ$$

Sijoittamalla R : n lausekkeeseen $\Rightarrow R = 740 \text{ N}$.

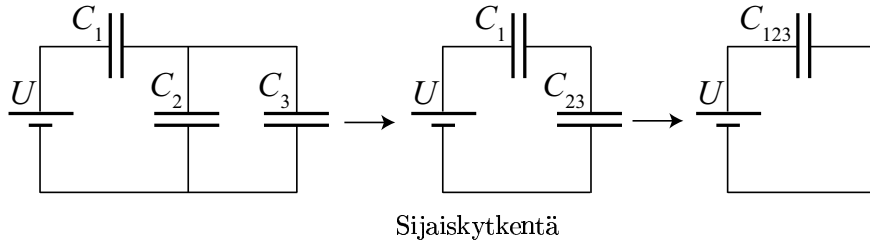
Ohjeita pisteytykseen:

• Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa.

Diplomi-insinöörin ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2007, insinöörivalinnan fysiikan koe 30.5.2007, malliratkaisut ja arvostelu.

4 Kolme kondensaattoria, joiden kapasitanssit ovat $C_1 = 1,0 \mu\text{F}$, $C_2 = 2,2 \mu\text{F}$ ja $C_3 = 3,3 \mu\text{F}$, on kytketty jännitelähteeseen $U=9,0 \text{ V}$ oheisen kytkentäkaavion mukaan (Kuva 2).

- a) Määritä kytkennän kokonaiskapasitanssi. (2 p.)
 b) Määritä kondensaattorin C_2 jännite ja varaus. (4 p.)



Alkuarvot:

	U (V)	C_1 (μF)	C_2 (μF)	C_3 (μF)
A	9,0	1,0	2,2	3,3
B	4,5	4,7	3,3	1,0
C	3,0	2,2	4,7	1,0
D	1,5	1,0	2,2	0,47

a) (max 2p) Kondensaattorit C_2 ja C_3 kytketty rinnan \Rightarrow

$$C_{23} = C_2 + C_3$$

Kondensaattorit C_1 ja C_{23} kytketty sarjaan \Rightarrow

$$\frac{1}{C_{123}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} \Rightarrow C_{123} = \frac{C_1 C_{23}}{C_1 + C_{23}}$$

Oikea vastaus

	C_{123} (μF)	trk+1 (μF)	-1% (μF)	+1% (μF)
A:	0,85	0,846	0,838	0,854
B:	2,2	2,25	2,22	2,28
C:	1,6	1,59	1,57	1,61
D:	0,73	0,728	0,720	0,736

b) (max 4p.) Kondensaattorin C_{123} varaus kapasitanssin määritelmästä

$$C_{123} = \frac{Q_{123}}{U} \Rightarrow Q_{123} = C_{123}U$$

C_1 ja C_{23} sarjassa $\Rightarrow Q_{123} = Q_1 = Q_{23}$

C_2 ja C_3 rinnan \Rightarrow Kondensaattorin C_2 jännite

$$U_3 = U_2 = U_{23} = \frac{Q_{23}}{C_{23}} = \frac{Q_{23}}{C_2 + C_3}$$

Kondensaattorin C_2 varaus

$$Q_2 = C_2 U_2$$

Oikeat vastaukset.

	U_2 (V)	trk+1 (V)	-1% (V)	+1% (V)	Q_2 (μC)	trk+1 (μC)	-1% (μC)	+1% (μC)	Q_{123} (μC)
A:	1,4	1,38	1,37	1,39	3,0	3,05	3,02	3,08	7,62
B:	2,4	2,35	2,33	2,37	7,8	7,76	7,83	7,69	10,1
C:	0,84	0,835	0,827	0,843	3,9	3,93	3,83	4,03	4,76
D:	0,41	0,409	0,405	0,413	0,90	0,899	0,890	0,908	1,09

b) (Tapa 2) Alku kuten Tapa 1.

Jännite kondensaattorin C_1 yli:

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} \Rightarrow U_2 = U - U_1$$

Loppu kuten Tapa 1.

Ohjeita pisteytykseen:

- Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa.

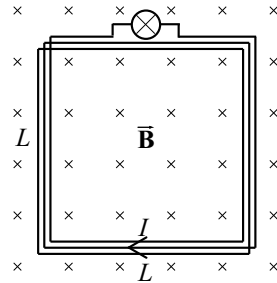
Diplomi-insinöörin ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2007, insinöörivalinnan fysiikan koe 30.5.2007, malliratkaisut ja arvostelu.

- 5 Magneettikenttä, jonka magneettivuon tiheyden suuruus on $B=2,0$ T ja suunta tehtäväpaperin sisään, lävistää neliömuotoisen ($L = 32$ cm) 110 kierroksisen johdinsilmukan (Kuva 3). Hehkulamppu, jonka nimellisjännite on 4,0 V ja resistanssi 8,2 Ω , on kytketty sarjaan johdinsilmukan kanssa. Johdinsilmukan kokonaisresistanssi on 1,8 Ω . Magneettivuon tiheyttä pienennetään tasaisesti nolleen siten, että lampun yli vaikuttaa koko ajan nimellisjännite.
- a) Mikä on johdinsilmukkaan indusoituneen virran suuruus ja suunta? Perustele.
b) Kuinka kauan lamppu palaa?

Alkuarvot:

	B (T)	L (cm)	N	U (V)	R_1 Ω	R_2 Ω
A	2,0	32	110	4,0	8,2	1,8
B	2,0	32	140	4,0	9,1	1,6
C	2,0	28	120	4,5	8,2	1,6
D	2,0	28	130	4,5	9,1	1,8

- a) (max 3) Kun magneettivuon tiheyttä pienennetään indusoituu johdinsilmukkaan Lenzin lain mukaan sähkövirta. Induktiovirran muodostama magneettikenttä pyrkii vastustamaan magneettivuon muutosta johdinsilmukan läpi. Tällöin indusoitunut magneettikenttä silmukan sisäpuolella on saman suuntainen \vec{B} :n kanssa. Induktiovirran suunta myötäpäivään (tai kuvassa oikein).



Virran suuruus saadaan Ohmin laista kun lampun yli vaikuttaa nimellisjännite:

$$I = \frac{U}{R_1}$$

Oikea vastaus.

	I (A)	trk+1 (A)	-1% (A)	+1% (A)
A:	0,49	0,488	0,483	0,493
B:	0,44	0,440	0,435	0,445
C:	0,55	0,549	0,543	0,555
D:	0,49	0,495	0,490	0,500

- b) (max 3) Indusoitunut sähkömotorinen voima saadaan Faradayn laista:

$$e = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} L^2$$

Sähkömotorinen voima on yhtä suuri kuin jännitehäviö piirin vastusten yli:

$$e = I(R_1 + R_2)$$

Yhdistämällä yllä olevat lausekkeet saadan ajalle:

$$\Delta t = -\frac{N\Delta B L^2}{I(R_1 + R_2)}$$

Oikea vastaus.

	Δt (s)	trk+1 (s)	-1% (s)	+1% (s)
A:	4,6	4,62	4,57	4,67
B:	6,1	6,10	6,04	6,16
C:	3,5	3,50	3,46	3,54
D:	3,8	3,78	3,74	3,82

Ohjeita pisteytykseen:

- Tehtävän tarkkuus on kaksi numeroa.

Diplomi-insinöörin ja arkkitehtien yhteisvalinta - dia-valinta 2007, insinöörivalinnan fysiikan koe 30.5.2007, malliratkaisut ja arvostelu.

6 Vetyatomin energiatasot saadaan kaavasta $E_n = -13,6 \text{ eV}/n^2$.

a) Piirrä vetyatomin energiatasokaavio.

b) Perustilassa olevaa vetyatomia pommitetaan elektronisuihkulla, jolloin vetyatomi virittyy törmäyksessä elektronin kanssa. Mitkä aallonpituudet havaitaan vetyatomin emissiospektrissä, kun suihkun elektronien maksimienergia on 12,4 eV? Merkitse vastaavat siirtymät energiatasokaavioon.

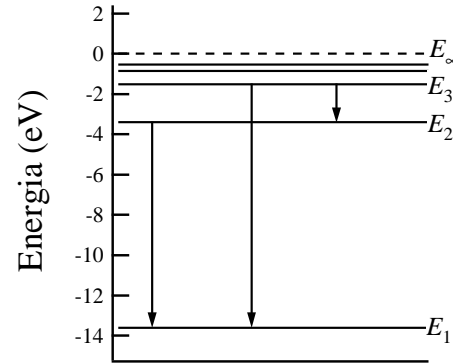
a) (max 3p.) Annetussa kaavassa

$$E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$$

pääkvanttiluku $n = 1, 2, 3, \dots$

Vetyatomin ensimmäisille energiatiloille saadaan arvot:

$$\begin{aligned} E_1 &= -13,6 \text{ eV} \\ E_2 &= -3,40 \text{ eV} \\ E_3 &= -1,51 \text{ eV} \\ E_4 &= -0,850 \text{ eV} \end{aligned}$$



Energiasokaavio

b) (max 3p.) Perustilassa olevan vetyatomin mahdolliset viritystilat saadaan laskemalla perustilan E_1 ja viritystilojen energia erot:

$$\begin{aligned} E_2 - E_1 &= 10,2 \text{ eV} \\ E_3 - E_1 &= 12,1 \text{ eV} \\ E_4 - E_1 &= 12,8 \text{ eV} \end{aligned}$$

Korkein saavutettavissa oleva viritystila 12,4 eV elektronisuihkulla on E_3 .

Emissiospektrissä havaittavat aallonpituudet saadaan kaavalla:

$$E_{n_1} - E_{n_2} = hf = h\frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_{n_1} - E_{n_2}}$$

Havaitut aallonpituudet:

	λ (nm)	trk+1 (nm)	-1% (nm)	+1% (nm)
$E_2 \rightarrow E_1$	122	121,6	120,3	122,9
$E_3 \rightarrow E_1$	103	102,6	101,5	103,7
$E_3 \rightarrow E_2$	656	656,3	649,8	662,8

Kaikki oikeat siirtymät merkitty energiatasokaavioon.

Ohjeita pisteytykseen:

- Tehtävän tarkkuus on kolme numeroa.

Copyright TKK 2007