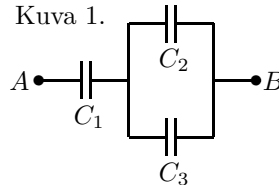


Merkitse jokaiseen koepaperiin nimesi, hakijanumerosi ja tehtäväsarjan kirjain. Laske jokainen tehtävä siististi omalle sivulleen. Perustele lyhyesti käyttämäsi kaavat.

A1 Jääpalan massa on 400,0 g ja lämpötila $-15,0\text{ }^\circ\text{C}$. Jääpala pudotetaan hyvin lämpöeristettyyn astiaan, jossa on 2,800 kg $60,0\text{ }^\circ\text{C}$ asteista vettä. Laske veden loppulämpötila, kun systeemi on asettunut lämpötasapainoon.

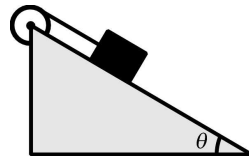
A2 Kuvan 1 kondensaattorisysteemin kapasitanssit ovat $C_1 = 8,30\ \mu\text{F}$, $C_2 = 4,10\ \mu\text{F}$ ja $C_3 = 2,10\ \mu\text{F}$.



Kuva 1.

- Laske kondensaattorisysteemin kokonaiskapasitanssi.
- Välille AB kytketään 110 V jännite. Laske kondensaattorin C_2 varaus ja levyjen välinen jännite.

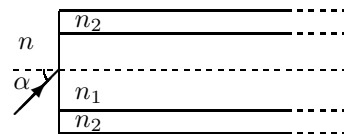
A3 Kaltevalla tasolla, jonka kaltevuuskulma $\theta = 30,0^\circ$, on kappale, jonka massa on 2,40 kg. Kappaleeseen on kiinnitetty kuvan 2 mukaisesti kevyt köysi, jonka toinen pää on kierretty kitkattomasti pyörivän sylinterin ympärille. Kun kappale päästetään levosta liukumaan pitkin tasoa, se ohittaa lähtöpisteestään 2,00 metrin päässä olevan mittauspisteen 1,58 sekunnin kuluttua. Kappaleen ja tason välinen kitkakerroin on 0,12 ja sylinterin säde $R = 5,0\text{ cm}$. Jännitys köydessä oletetaan vakioksi.



Kuva 2.

- Piirrä kappaleen vapaakappalekuvio. Perustele, miksi kappaleen kiihtyvyys on vakio. (2 p.)
- Laske kappaleen kiinnitysköyden jännitys ja sylinterin hitausmomentti (4 p.).

A4 Optinen kuitu on vedessä. Laser-säde tulee kuvan 3 mukaisesti kuidun vasempaan päähän. Kuidussa on lasisydän, joka on päällystetty ohuella läpinäkyvällä muovikerroksella. Lasin taitekerroin $n_1 = 1,47$ ja muovin $n_2 = 1,43$. Veden taitekerroin $n = 1,33$.



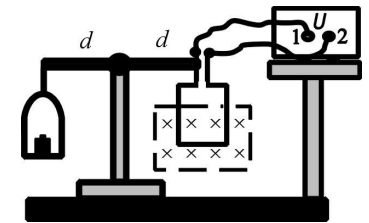
Kuva 3.

Laske suurin tulokulma α , joka säteellä voi olla, jotta lasiin taittunut säde jatkaisi matkaansa kuidussa taittumatta lasi-muovi-rajapinnan läpi.

VAKIOITA:

Absoluuttinen nollapiste	$T_0 = -273,15^\circ\text{C}$
Alkeisvaraus	$e = 1,6022 \cdot 10^{-19}\text{ C}$
Avogadron vakio	$N_A = 6,0221 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$
Elektronin lepomassa	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$
Jään ominaislämpökapasiteetti	$c_j = 2,10\text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
Jään sulamislämpö	$L_s = 333\text{ kJ kg}^{-1}$

A5 Kuvan 4 katkoviivalla merkityn alueen sisällä on homogeeninen magneettikenttä, joka on kohtisuorassa tehtäväpaperin tasoon nähden ja suuntautunut tehtäväpaperin sisään. Kentän magneettivuon tiheys voidaan mitata kuvan 4 vaakasysteemillä, kun kuvan suorakulmainen virtasilmukka, jonka leveys $l = 15\text{ cm}$ ja korkeus $k = 25\text{ cm}$, on osittain tutkittavassa magneettikentässä. Silmukassa kiertävää virtaa voidaan säädellä tasajännitelähteellä U . Vaaka on tasapainossa, kun vaakakuppi on tyhjä ja silmukka virraton. Kuvan mukaisessa tasapainotilanteessa vaakakupissa oli 6,5 g punnus ja tasajännite U oli 220 V. Silmukan kokonaisresistanssi on $5,0\ \Omega$. Vaa'an varsien pituudet ovat $d = 35\text{ cm}$.



Kuva 4.

- Selvitä perustellen virtasilmukassa kiertävän virran suunta mittauksen aikana.
 - Laske magneettivuon tiheyden arvo.
- A6** Aineen karakteristinen röntgensäteily syntyy, kun atomin elektroniverhon alimilta kuorilta poistetaan elektroni ja syntynyt aukko täyttyy jonkin ylemmän kuoren elektronilla. Karakteristinen K_α -röntgensäteily syntyy, kun K-kuoren elektroni poistuu ja aukko täyttyy L-kuoren elektronilla. Magnesiumilla K-kuoren elektronin ionisaatioenergia on 1,3050 keV ja L-kuoren 51,4 eV.
- Laske magnesiumin K_α -röntgensäteilyn energia ja aallonpituus.
 - Jos atomin ionisaatio saadaan aikaan elektronisuihkulla, jonka elektronit vuorovaikuttavat aineen kuorielektronien kanssa, mikä on pienin elektronien kiihdytysjännite, jolla saadaan aikaan K_α -säteilyä, jos kohtioaine on magnesiumia?
 - Laske elektronien nopeus niiden osuessa magnesiumikohtioon.

Planckin vakio	$h = 6,6261 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$
Putoamisliikkeen kiihtyvyys	$g = 9,807\text{ m s}^{-2}$
Tyhjiön permittiivisyys	$\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}\text{ F m}^{-1}$
Valon nopeus tyhjiössä	$c_0 = 2,998 \cdot 10^8\text{ m s}^{-1}$
Veden ominaislämpökapasiteetti	$c_v = 4,19\text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
Yleinen kaasuvakio	$R = 8,3145\text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

TKK, TTY, LTY, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 28.5.2003, malliratkaisut.

Copyright TKK 2003

- 1 Jääpalan massa on 400,0 g ja lämpötila $-15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jääpala pudotetaan hyvin lämpöeristettyyn astiaan, jossa on 2,800 kg $60,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ asteista vettä. Laske veden loppulämpötila, kun systeemi on asettunut lämpötasapainoon.

Lämpötilojen arvot

	t_j ($^{\circ}\text{C}$)	T_j (K)	t_v ($^{\circ}\text{C}$)	T_v (K)	t_s ($^{\circ}\text{C}$)	T_s (K)
A-D:	-15,0	258,15	60,0	333,15	0,0	273,15

Jääpalan lämmittämiseen ($T_j \rightarrow T_s$) tarvitaan lämpö

$$Q_1 = c_j m_j (T_s - T_j)$$

Jääpalan sulattamiseen (T_s) tarvitaan lämpö

$$Q_2 = m_j L_s$$

Jääpalasta saadun vesimäärän lämmittämiseen ($T_s \rightarrow T$) tarvitaan lämpö

$$Q_3 = c_v m_j (T - T_s)$$

Veden jäädyttäminen ($T_v \rightarrow T$) luovuttaa lämmön

$$Q_4 = c_v m_v (T_v - T)$$

Loppulämpötilalla $T = T_s$ olisi $Q_1 + Q_2 + Q_3 < Q_4$, joten $T > T_s$ ja lopussa on pelkkää vettä. Lämpömäärän pitää säilyä joten loppulämpötila saadaan ratkaistua yhtälöstä

$$Q_4 = Q_1 + Q_2 + Q_3 \Rightarrow T = \frac{c_v m_j T_s + c_v m_v T_v - Q_1 - Q_2}{c_v (m_j + m_v)}$$

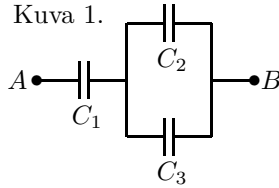
Oikeat vastaukset.

	m_j (g)	m_v (kg)	Q_1 (kJ)	Q_2 (kJ)	T (K)	trk+1 (K)	-0,5 $^{\circ}$ (K)	+0,5 $^{\circ}$ (K)	t ($^{\circ}\text{C}$)	trk+1 ($^{\circ}\text{C}$)	-0,5 $^{\circ}$ ($^{\circ}\text{C}$)	+0,5 $^{\circ}$ ($^{\circ}\text{C}$)
A:	400,0	2,800	12,60	133,2	315	314,8	314,3	315,3	41,6	41,63	41,13	42,13
B:	500,0	2,900	15,75	166,5	312	311,5	311,0	312,0	38,4	38,38	37,88	38,88
C:	600,0	3,000	18,90	199,8	309	308,7	308,2	309,2	35,5	35,50	35,00	36,00
D:	700,0	3,100	22,05	233,1	306	306,1	305,6	306,6	32,9	32,92	32,42	33,42

TKK, TTY, LTY, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 28.5.2003, malliratkaisut.

2 Kuvan 1 kondensaattorisysteemin kapasitanssit ovat $C_1 = 8,30 \mu\text{F}$, $C_2 = 4,10 \mu\text{F}$ ja $C_3 = 2,10 \mu\text{F}$.

- a) Laske kondensaattorisysteemin kokonaiskapasitanssi.
 b) Välille AB kytketään 110 V jännite. Laske kondensaattorin C_2 varaus ja levyjen välinen jännite.



a) (**max 3p**) Kondensaattorit C_2 ja C_3 rinnan, joten $C_{23} = C_2 + C_3$. Kondensaattorit C_1 ja C_{23} sarjassa, joten

$$\frac{1}{C_{\text{tot}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} \Rightarrow C_{\text{tot}} = \frac{C_1 C_{23}}{C_1 + C_{23}} = \frac{C_1 (C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3}.$$

Oikeat vastaukset.

	C_1 (μF)	C_2 (μF)	C_3 (μF)	C_{tot} (μF)	trk+1 (μF)	-1% (μF)	+1% (μF)
A:	8,30	4,10	2,10	3,55	3,549	3,513	3,585
B:	4,10	2,10	1,10	1,80	1,797	1,779	1,815
C:	16,70	8,30	4,10	7,12	7,116	7,044	7,188
D:	14,50	5,30	3,30	5,40	5,398	5,344	5,452

b) (**max 3p**) Kondensaattorisysteemin kokonaisvaraus $Q_{\text{tot}} = C_{\text{tot}} U_{AB}$ ja kondensaattorin 2 levyjen varaus on $Q_2 = C_2 U_2$. Koska kondensaattorien 2 ja 3 yli on sama jännite, niin $U_2 = U_{23}$. Varauksille pätee $Q_1 = Q_2 + Q_3 = Q_{\text{tot}}$. Tällöin

$$U_2 = U_{23} = \frac{Q_{23}}{C_{23}} = \frac{Q_{\text{tot}}}{C_2 + C_3} = \frac{C_{\text{tot}} U_{AB}}{C_2 + C_3}$$

$$Q_2 = C_2 U_2$$

Oikeat vastaukset.

	U_{AB} (V)	U_2 (V)	trk+1 (V)	-1% (V)	+1% (V)	Q_2 (mC)	trk+1 (mC)	-1% (mC)	+1% (mC)
A:	110	63	63,0	62,3	63,7	0,26	0,258	0,255	0,261
B:	130	73	73,0	72,2	73,8	0,15	0,153	0,151	0,155
C:	140	80	80,3	79,4	81,2	0,67	0,667	0,660	0,674
D:	150	94	94,2	93,2	95,2	0,50	0,499	0,494	0,504

b) **Tapa 2:** Kondensaattorin 1 varaus on sama kuin koko systeemin varaus

$$Q_1 = Q_{\text{tot}} = C_{\text{tot}} U_{AB}$$

ja jännite

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{C_{\text{tot}} U_{AB}}{C_1}.$$

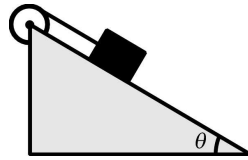
Kondensaattorin 2 jännite $U_2 = U_{23}$ ja levyjen varaus Q_2 ovat

$$U_2 = U_{23} = U_{AB} - U_1 = U_{AB} - \frac{C_{\text{tot}} U_{AB}}{C_1}$$

$$Q_2 = C_2 U_2.$$

TKK, TTY, LTY, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 28.5.2003, malliratkaisut.

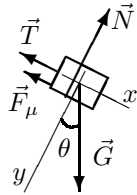
3 Kaltevalla tasolla, jonka kaltevuuskulma $\theta = 30,0^\circ$, on kappale, jonka massa on 2,40 kg. Kappaleeseen on kiinnitetty kuvan 2 mukaisesti kevyt köysi, jonka toinen pää on kierretty kitkattomasti pyörivän sylinterin ympärille. Kun kappale päästetään levosta liukumaan pitkin tasoa, se ohittaa lähtöpisteestään 2,00 metrin päässä olevan mittauspisteen 1,58 sekunnin kuluttua. Kappaleen ja tason välinen kitkakerroin on 0,12 ja sylinterin säde $R = 5,0$ cm. Jännitys köydessä oletetaan vakioiksi.



Kuva 2.

- a) Piirrä kappaleen vapaakappalekuvio. Perustele, miksi kappaleen kiihtyvyys on vakio. (2 p.)
 b) Laske kappaleen kiinnitysköyden jännitys ja sylinterin hitausmomentti (4 p.).

a) (max 2p) Vapaakappalekuvio.



Kaikki kappaleeseen vaikuttavat voimat ovat vakioita joten Newtonin liikeyhtälöstä seuraa, että kappaleen kiihtyvyys on vakio.

b) (max 4p) Alkuarvot:

	θ ($^\circ$)	m (kg)	s (m)	t (s)	μ (-)	R (cm)
A-D:	30,0	2,40	2,00	1,58	0,12	5,0

Kitkavoima on

$$F_\mu = \mu N = \mu mg \cos \theta$$

jolloin köydessä oleva jännitys saadaan ratkaistua käyttäen Newtonin liikeyhtälöä

$$F_x = mg \sin \theta - F_\mu - T = ma \Rightarrow T = m(g \sin \theta - \mu g \cos \theta - a)$$

Tasaisesti kiihtyvälle liikkeelle

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow a = \frac{2(x - x_0)}{t^2} = \frac{2s}{t^2} \left(= 1,602 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

missä $v_0 = 0$, koska kappale lähtee levosta. Tällöin köyden jännitys

$$T = m \left(g \sin \theta - \mu g \cos \theta - \frac{2s}{t^2} \right) = 5,5 \text{ N}$$

Trk+1 5,48 N ja virherajat 5,42-5,54 N.

Vääntömomentin M avulla saadaan ratkaistua hitausmomentti J

$$M \stackrel{!}{=} RF \stackrel{2^\circ}{=} J\alpha = J \frac{a}{R} \Rightarrow J = \frac{FR^2}{a} = \frac{TR^2}{a} = 0,0085 \text{ kgm}^2.$$

Trk+1 0,00855 kgm² ja virherajat 0,00846-0,00864 kgm².

b) **Tapa 2:** Energia säilyy (tai $E_a = E_l$ tai $E_{p,a} = E_{p,l} + E_k + W + E_r$)

$$mgh_0 = mgh + \frac{1}{2}mv^2 + F_\mu \cdot s + \frac{1}{2}J\omega^2 \Rightarrow mg \overbrace{(h_0 - h)}^{s \sin \theta} = \frac{1}{2}mv^2 + s\mu mg \cos \theta + \frac{1}{2}J\omega^2$$

Tasaisesti kiihtyvälle liikkeelle

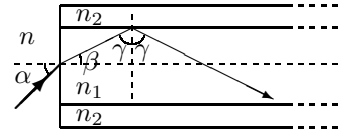
$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad \text{ja} \quad v = at \quad \Rightarrow \quad v = \frac{2(x - x_0)}{t^2}t = \frac{2s}{t} \left(= 2,532 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

Käyttämällä lisäksi $\omega = v/R$ saadaan

$$J = \frac{mR^2}{v^2} (2gs \sin \theta - 2\mu gs \cos \theta - v^2) = 0,0085 \text{ kgm}^2.$$

$$M \stackrel{!}{=} RF \stackrel{2^\circ}{=} J\alpha = J \frac{a}{R} \Rightarrow T = F = \frac{Ja}{R^2} = 5,5 \text{ N}.$$

- 4 Optinen kuitu on vedessä. Laser-säde tulee kuvan 3 mukaisesti kuidun vasempaan päähän. Kuidussa on lasisydän, joka on päällystetty ohuella läpinäkyvällä muovikerroksella. Lasin taitekerroin $n_1 = 1,47$ ja muovin $n_2 = 1,43$. Veden taitekerroin $n = 1,33$.



Kuva 3.

Laske suurin tulokulma α , joka säteellä voi olla, jotta lasiin taittunut säde jatkaisi matkaansa kuidussa taittumatta lasi-muovi-rajapinnan läpi.

Alkuarvot:

taitekerroin	vesi n	lasi n_1	muovi n_2
A-D:	1,33	1,47	1,43

Veden ja lasin rajapinnalla valonsäde taittuu normaaliin päin. Snellin laki (tai taantumislaki) antaa

$$n \sin \alpha = n_1 \sin \beta \Rightarrow \sin \alpha = \frac{n_1}{n} \sin \beta.$$

Lasin ja muovin välillä pitää tapahtua kokonaisheijastus, jotta säde ei taittuisi rajapinnasta. Tällöin

$$n_1 \sin \gamma = n_2 \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \gamma = \frac{n_2}{n_1}.$$

Kuvasta nähdään $\beta = 90^\circ - \gamma$. Tällöin suurin tulokulma

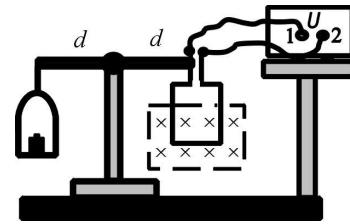
$$\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n} \sin \beta \right) = \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n} \sin(90^\circ - \gamma) \right) = \sin^{-1} \left[\frac{n_1}{n} \sin \left(90^\circ - \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \right) \right]$$

Oikeat vastaukset.

kulmat	γ ($^\circ$)	β ($^\circ$)	α ($^\circ$)	trk+1 ($^\circ$)	-1% ($^\circ$)	+1% ($^\circ$)	α (rad)	trk+1 (rad)	-1% (rad)	+1% (rad)
A-D:	76,60	13,40	14,8	14,84	14,69	14,99	0,259	0,2590	0,2564	0,2616

TKK, TTY, LTY, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 28.5.2003, malliratkaisut.

5 Kuvan 4 katkoviivalla merkityn alueen sisällä on homogeeninen magneettikenttä, joka on kohtisuorassa tehtäväpaperin tasoon nähden ja suuntautunut tehtäväpaperin sisään. Kentän magneettivuon tiheys voidaan mitata kuvan 4 vaakasysteemillä, kun kuvan suorakulmainen virtasilmukka, jonka leveys $l = 15$ cm ja korkeus $k = 25$ cm, on osittain tutkittavassa magneettikentässä. Silmukassa kiertävää virtaa voidaan säädellä tasajännitelähteellä U . Vaaka on tasapainossa, kun vaakakuppi on tyhjä ja silmukka virraton. Kuvan mukaisessa tasapainotilanteessa vaakakupissa oli 6,5 g punnus ja tasajännite U oli 220 V. Silmukan kokonaisresistanssi on $5,0 \Omega$. Vaa'an varsien pituudet ovat $d = 35$ cm.



Kuva 4.

Piirissä kulkeva virta saadaan Ohmin laista

$$I = \frac{U}{R}.$$

Tällöin

$$B = \frac{mgR}{Ul}.$$

Oikeat vastaukset.

	U (V)	B (mT)	trk+1 (mT)	-1% (mT)	+1% (mT)
A:	220	9,7	9,66	9,56	9,76
B:	270	7,9	7,87	7,79	7,95
C:	320	6,6	6,64	6,57	6,71
D:	370	5,7	5,74	5,68	5,80

- a) Selvitä perustellen virtasilmukassa kiertävän virran suunta mittauksen aikana.
b) Laske magneettivuon tiheyden arvo.

a) (max 3p)

Magneettikenttä aiheuttaa voiman ($\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$) suoraan virtajohtimeen. Virtasilmukan pystysuoriin komponentteihin vaikuttava voima ei kuitenkaan vaikuta vaa'an lukemaan. Jotta vaakasysteemi olisi tasapainossa, pitää virran kulkea silmukassa sellaiseen suuntaan, että magneettinen voima, joka kohdistuu virtasilmukan vaakasuoraan osaan, suuntautuu alas. Virran pitää tällöin kulkea silmukassa myötäpäivään, eli navasta 2, joka on positiivinen, napaan 1, joka on negatiivinen.

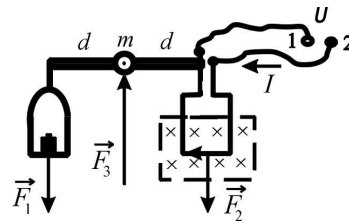
b) (max 3p) Alkuarvot:

	m (g)	R (Ω)	l (cm)	k (cm)	d (cm)
A-D:	6,5	5,0	15	25	35

Staattisessa tasapainossa voimien pitää kumoutua ($\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$) ja lisäksi vaakasysteemiin kohdistuva kokonaisvääntömomentin pitää olla nolla.

Valitun momenttipisteen m suhteen

$$F_1 \cdot d - F_2 \cdot d = 0 \Rightarrow F_1 = F_2 \Rightarrow mg = IlB \Rightarrow B = \frac{mg}{Il}.$$



Kuva.

TKK, TTY, LTY, OY ja ÅA insinööriosastojen valintakuulustelujen fysiikan koe 28.5.2003, malliratkaisut.

6 Aineen karakteristinen röntgensäteily syntyy, kun atomin elektroniverhon alimilta kuorilta poistetaan elektroni ja syntynyt aukko täyttyy jonkin ylemmän kuoren elektronilla. Karakteristinen K_{α} -röntgensäteily syntyy, kun K-kuoren elektroni poistuu ja aukko täyttyy L-kuoren elektronilla. Magnesiumilla K-kuoren elektronin ionisaatioenergia on 1,3050 keV ja L-kuoren 51,4 eV.

- a) Laske magnesiumin K_{α} -röntgensäteilyn energia ja aallonpituus.
 b) Jos atomin ionisaatio saadaan aikaan elektronisuihkulla, jonka elektronit vuorovaikuttavat aineen kuorielektronien kanssa, mikä on pienin elektronien kiihdytysjännite, jolla saadaan aikaan K_{α} -säteilyä, jos kohtioaine on magnesiumia?
 c) Laske elektronien nopeus niiden osuessa magnesiumkohtioon.

a) (max 2p) Alkuarvot:

	aine	E_K (keV)	E_L (eV)
A, C:	Mg	1,3050	51,4
B, D:	Al	1,5596	73,1

Säteilyn energia on energiatasojen välinen erotus

$$E = E_K - E_L.$$

Oikeat vastaukset.

	E (keV)	trk+1 (keV)	-1% (keV)	+1% (keV)	E (10^{-16} J)	trk+1 (10^{-16} J)	-1% (10^{-16} J)	+1% (10^{-16} J)
A, C:	1,2536	1,25360	1,24106	1,26614	2,0085	2,00852	1,98843	2,02861
B, D:	1,4865	1,48650	1,47163	1,50137	2,3817	2,38167	2,35785	2,40549

Fotonin energia on toisaalta

$$E = hf = \frac{hc_0}{\lambda},$$

missä h on Plankin vakio, c_0 valon nopeus tyhjiössä, ja λ säteilyn aallonpituus. Tällöin emittoituvan fotonin aallonpituus on

$$\lambda = \frac{hc_0}{E[\text{J}]} = \frac{hc_0}{E[\text{eV}]e}.$$

Oikeat vastaukset.

	λ (nm)	trk+1 (nm)	-1% (nm)	+1% (nm)
A, C:	0,9890	0,98904	0,97914	0,99894
B, D:	0,8341	0,83408	0,82573	0,84243

Yksikkömuunnos $1 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

b) (max 2p) Pienin mahdollinen kiihdytysjännite U saadaan lausekkeesta

$$E_K = Ue \Rightarrow U = \frac{E_K}{e}.$$

Oikeat vastaukset.

	aine	U (kV)	trk+1 (kV)	-1% (kV)	+1% (kV)
A, C:	Mg	1,3050	1,30500	1,29195	1,31805
B, D:	Al	1,5596	1,55960	1,54400	1,57520

c) (max 2p) Elektronien nopeus saadaan lausekkeesta

$$E_K = Ue = \frac{1}{2}m_e v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2Ue}{m_e}}.$$

Oikeat vastaukset.

	aine	v (10^8 m/s)	trk+1 (10^8 m/s)	-1% (10^8 m/s)	+1% (10^8 m/s)
A, C:	Mg	0,214	0,2142	0,2120	0,2164
B, D:	Al	0,234	0,2342	0,2318	0,2366

Nopeudet ovat vain noin 8% valonnopeudesta, joten voidaan käyttää klassisen mekaniikan kaavoja.