

# MAOL-Pisteitysohjeet

## Fysiikka kevät 2003

Tyypillisten virheiden aiheuttamia pistemenetyksiä (6 pisteen skaalassa):

- |   |           |        |
|---|-----------|--------|
| - pieni laskuvirhe                              |           | -1/3 p |
| - laskuvirhe, epämielikkäs tulos,               | vähintään | -1 p   |
| - vastauksessa yksi merkitsevä numero liikaa    |           | -0 p   |
| - karkeampi pyöristysvirhe                      |           | -1 p   |
| - laskuissa käytetty pyöristettyjä välituloksia |           | -2/3 p |
| - kaavassa virhe, joka ei muuta dimensiota      |           | -1 p   |
| - kaavavirhe, joka johtaa väärään dimensioon,   | vähintään | -2 p   |
| - lukuarvosijoitukset puuttuvat                 |           | -1 p   |
| - yksiköt puuttuvat lukuarvosijoituksissa       |           | -1 p   |
| - yksikkövirhe lopputuloksessa,                 | vähintään | -1 p   |
| - täysin kaavaton esitys, yleensä               |           | -3 p   |

"Solverin" käyttö ei hyväksyttävää  $\Rightarrow$

Suureyhtälö on ratkaistava kysytyn suureen suhteen, lukuarvot yksikköineen sijoitetaan vasta saatuun lausekkeeseen.

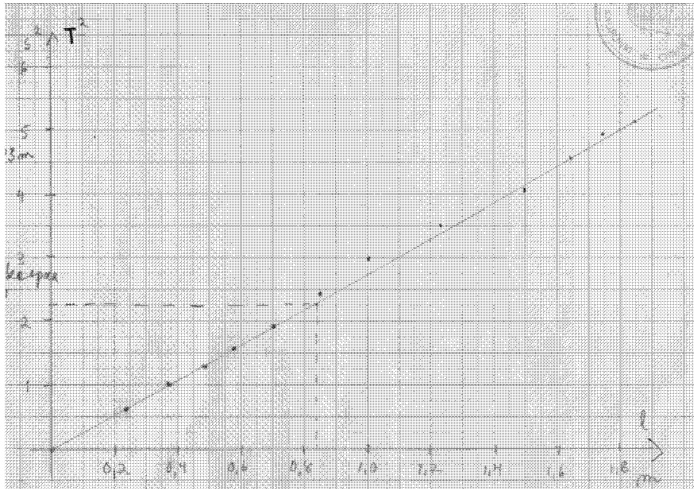
Graafiset esitykset

- |  |          |           |
|--|----------|-----------|
| - puutteet koordinaatistossa (akselit, symbolit, yksiköt, jaotus),                     | vähennys | 0,5 - 2 p |
| - graafinen tasoitus puuttuu   |          | -1 p      |
| - suoran kulmakertoimen määrittäminen yksittäisistä havaintopisteistä (eivät suoralla) |          | -1 p      |
| - koko, tarkkuus, yleinen huolimattomuus, vähennys                                     |          | 0,5 - 1 p |

1. a) Oikein: Säteilyä tulee mm. avaruudesta (kosminen säteily) ja maaperästä (mm. radon) Myös elävässä luonnossa on radioaktiivisia aineita ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{40}\text{K}$ ).
- b) Oikein: Röntgensäteily on läpikäyvä sähkömagneettista säteilyä, joka absorboituu hyvin raskaisiin alkuaineisiin esim. lyijyyn.
- c) Väärin:  $\alpha$ -säteilyn kantama ilmassa on vain muutaman senttimetrin luokkaa ionisoivista törmäyksistä johtuen.
- d) Väärin: Säteilyn vaimenemiseen riittää muutaman metrin kerros. Syvälle kallioperään sijoittaminen estää säteilevien aineiden pääsyn ihmisten ulottuville esim. mahdollisissa luonnonmullistuksissa.

Jokaisesta kohdasta oikea päätelmä 0,5 p, perustelu 1 p

2. a)



2 p

b)  $(1,5 \text{ s})^2 = 2,25 \text{ s}^2$   
 $l = 0,81 \text{ m} \pm 0,03 \text{ m}$

2 p

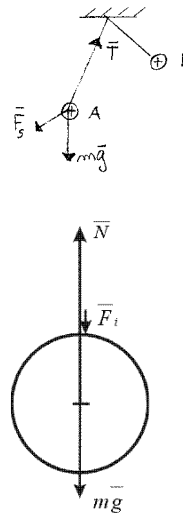
c)  $T^2 = \frac{2,25 \text{ s}^2}{0,81 \text{ m}} \cdot l$   
 $T^2 = 2,78 \frac{\text{s}^2}{\text{m}} \cdot l \pm 0,03 \frac{\text{s}^2}{\text{m}}$   
 $T = \underline{\underline{(1,65 \pm 0,05) \frac{\text{s}}{\sqrt{\text{m}}} \cdot \sqrt{l}}}$

2 p

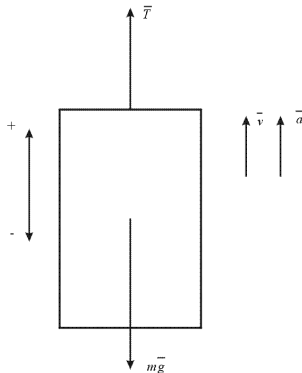
3. a) Palloon A kohdistuvat voimat ovat: painovoima  $m_A \bar{g}$ , sähköinen voima  $\bar{F}_s$  ja langan jännitysvoima  $\bar{T}$ . Voimakuviossa tulee olla  $\sum \bar{F} = \bar{0}$ .

Ilmapalloon vaikuttavat voimat ovat: painovoima  $m\bar{g}$ , noste  $\bar{N}$  ja ilmanvastus  $\bar{F}_i$ , Voimakuviossa tulee olla  $N > mg + F_i$

- b) Voiman  $\bar{F}_s$  vastavoima on pallon A palloon B kohdistama sähköinen poistovoima. Painovoiman vastavoima kohdistuu Maahan. Langan tukivoiman vastavoima kohdistuu lankaan. Nosteen vastavoima kohdistuu ympäröivään ilmaan. Ilmanvastuksen vastavoima kohdistuu ympäröivään ilmaan.



4.



1 p

- Hissin kiihtyvyys  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0,85 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 2,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,2 \text{ s}} = -1,708 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

1 p

- Newtonin II -lain mukaan  $\sum \bar{F} = m\bar{a} \Rightarrow$

0,5 p

$$T - mg = ma$$

1 p

$$T = m(g + a)$$

$$T = 940 \text{ kg} \left( 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 1,708 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 7616 \text{ N}$$

- Moottorin hetkellinen teho  $P = \frac{W}{t} = \frac{T \cdot s}{t} = T \cdot v$

0,5 p

ja hyötysuhde  $\eta = \frac{P_{\text{anto}}}{P_{\text{otto}}}$ , joten sähköverkosta otettu hetkellinen teho on

$$P_{\text{otto}} = \frac{P_{\text{anto}}}{\eta} = \frac{T \cdot v}{\eta}$$

1 p

- Ottotehon muutos

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{T}{\eta} (v_2 - v_1)$$

$$= \frac{7615,88 \text{ N}}{0,89} \left( 0,85 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 2,9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$= -17542,2 \text{ W} \approx \underline{\underline{-18 \text{ kW}}}$$

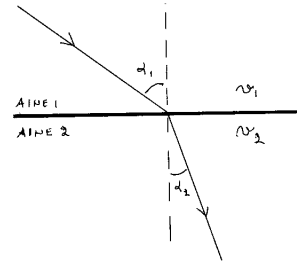
- Moottorin sähköverkosta ottama teho pienenee 18 kW

5. a) Kun aaltoliike kohtaa kahden väliaineen rajapinnan, saattaa tapahtua osittain heijastumista ja osittain taittumista uuteen väliaineeseen. Taittumisen yhteydessä taajuus pysyy samana, mutta nopeus ja aallonpituus muuttuvat. 1 p

Taittuminen noudattaa taittumislakia,

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = n_{12}$$

Kuva esittää säteitä, jotka ilmaisevat aaltoliikkeen etenemissuunnan.



Tässä  $\alpha_1$  on tulokulma ja  $\alpha_2$  on taitekulma, aaltoliikkeen nopeudet  $v_1$  ja  $v_2$  ja  $n_{12}$  pinnan taitesuhde. 1 p

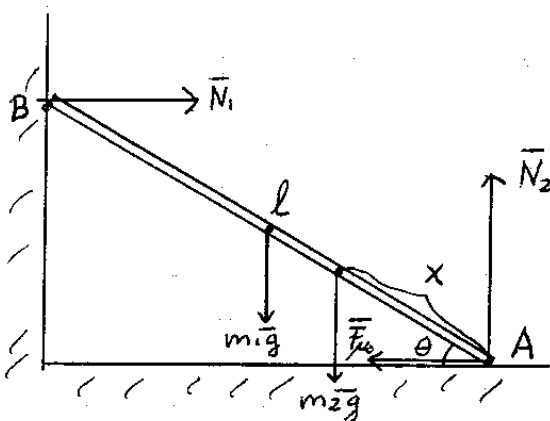
Jos on kyse sähkömagneettisista aalloista voidaan määrittellä aineen taitekerroin.

$$n_1 = \frac{c}{v_1}, \text{ missä } c \text{ on valon nopeus kyseisessä aineessa.} \quad 0,5 \text{ p}$$

Taittumislaki voidaan tällöin esittää muodossa  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$ , (Snellin laki) 0,5 p

- b) Kuva ja selostus koejärjestelystä 1 p  
Taitekertoimen laskeminen ko. tapauksessa 1 p

6.



Lankku on tasapainossa, jos  $\sum \vec{F}_x = \vec{0}$ ,  $\sum \vec{F}_y = \vec{0}$  ja  $\sum M_A = 0$  1 p

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N_2 = m_1 g + m_2 g = (m_1 + m_2) g \\ N_1 = F_{\mu 0} = \mu_0 N_2 = \mu_0 (m_1 + m_2) g \\ N_1 \cdot l \sin \theta = m_1 g \frac{1}{2} l \cos \theta + m_2 g \cdot x \cdot \cos \theta \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} 1 \text{ p} \\ 1 \text{ p} \end{array}$$

$$\Rightarrow \mu_0 (m_1 + m_2) g \cdot l \cdot \tan \theta = m_1 g \frac{1}{2} l + m_2 g \cdot x$$

$$\Rightarrow x = \frac{\mu_0 (m_1 + m_2) \cdot l \cdot \tan \theta - m_1 \cdot \frac{1}{2} l}{m_2}$$

$$\Rightarrow x = \frac{0,80 \cdot 37,5 \text{ kg} \cdot 4,5 \text{ m} \cdot \tan 29^\circ - \frac{1}{2} \cdot 16,5 \text{ kg} \cdot 4,5 \text{ m}}{21 \text{ kg}} = 1,79 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{x \approx 1,8 \text{ m}}}$$

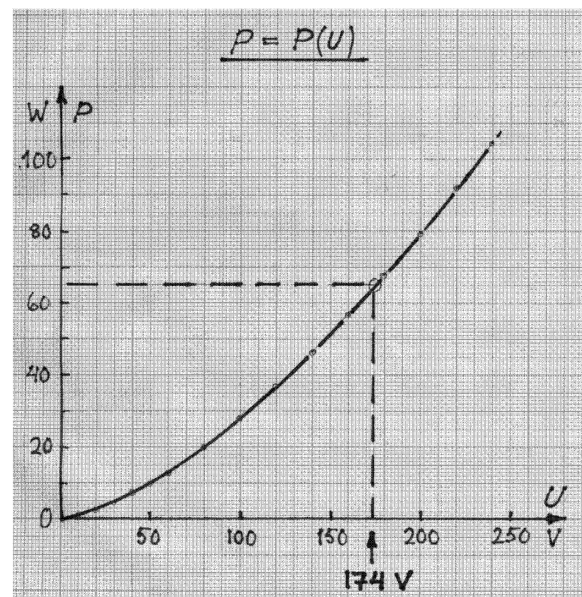
1 p

7. a)  $I = \frac{U}{R}$  Hehkulampun hehkulangan resistanssi  $R$  kasvaa lämpötilan kasvaessa 1 p  
 $(R = R_{20} + \alpha R_{20} \Delta T)$

b)  $P = UI$

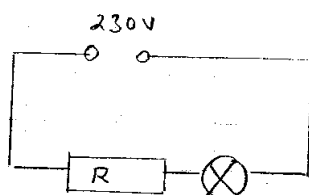
$U$ (V)	$I$ (A)	$P$ (W)
20	0,126	2,52
40	0,175	7,00
60	0,215	12,9
80	0,245	19,6
100	0,256	25,6
120	0,305	36,6
140	0,330	46,2
160	0,350	56,0
180	0,375	67,5
200	0,400	80,0
220	0,420	92,4
240	0,430	103,2

Taulukko 1 p



Kuva 1 p

c)



Kytentäkaavio 1 p

$$P_L = 65 \text{ W}, U_L = 174 \text{ V kuvaajasta} \quad 1 \text{ p}$$

$$U_R = 56 \text{ V}$$

virta kuvaajasta

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{56 \text{ V}}{0,375 \text{ A}} = \underline{\underline{150 \Omega}} \quad 1 \text{ p}$$

8.  $l = 1,02 \text{ m}$

$N = 240$

$B_M = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

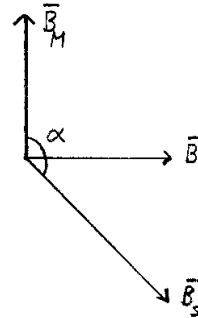
$B = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ , suunnat on kuviossa

Haluttu magn. vuon tiheus  $\vec{B} = \vec{B}_M + \vec{B}_s$

Solenoidin magneettikenttä on akselin suuntainen

1 p

$$\begin{cases} B_s = \sqrt{2} \cdot 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ T} = 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ T} \\ \alpha = 135^\circ \end{cases}$$



Solenoidin magneettikenttä  $B = N \frac{\mu_0}{l} I$

kuvio 2 p

$$\text{Sähkövirta } I = \frac{B \cdot l}{N \cdot \mu_0} = \frac{\sqrt{2} \cdot 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot 1,02 \text{ m}}{240 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}}}$$

kulma 1 p

$I = 0,19 \text{ A}$  Solenoidin akselin ja Maan magneettikentän välinen kulma  $135^\circ$

2 p

9. a) Rutherfordin malli ja sen selitys

$\Rightarrow$  Atomi muodostuu ytimeästä ja elektroniverhosta, ytimen varaus positiivinen ja lähes koko atomin massa keskittyy ytimeen.

1½ p

Bohrin malli

Spektritutkimukset 1800-luvun lopulla, erityisesti Balmerin oivallus

Rutherfordin koe ja sen tulkinta

$\Rightarrow$  Bohr'n malli, joka oli ensimmäinen malli, joka ennusti oikein Balmerin lain ja vedyn viivaspektristä saatavat energiat

1½ p

b) Bohr'n mallin keskeiset oletukset:

- elektroni (varaus  $-e$ ) kiertää pientä ja raskasta ydintä (varaus  $+e$ ) ympyräradalla

- elektronin pitää radallaan sähköinen vetovoima

- elektroni voi kiertää sallituilla radoilla, joita kutakin vastaa tietty atomin energiatila

- kun elektroni kiertää sallitulla radalla, atomi ei säteile

- elektronin siirtyessä radalta toiselle emittoituu tai absorboituu fotoni, jonka energia on ratojen kokonaisenergioiden erotus

- sallittujen ratojen säteet saadaan Bohr'n kvanttiehtosta: Elektronin rataliikkeen pyörimismäärä on kvantittunut siten, että ne voi saada vain

arvon  $L = rmv = n \frac{h}{2\pi}$ , jossa  $n$  on kokonaisluku ja  $h$  Planckin vakio

1 p

1 p

1 p

10.

$$f = 392 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 784\pi \text{ s}^{-1}$$

$$A = 0,32 \text{ mm}$$

Kyseessä on harmoninen värähtelijä:

a) Paikka  $x(t) = A \sin \omega t$

Värähtelijän nopeus  $v = \frac{dx}{dt} = A \frac{d}{dt} \sin \omega t = A\omega \cos \omega t$ , 1 p

a) Nopeuden suurin arvo:  $v = A\omega = 0,32 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 784\pi \text{ s}^{-1} \approx 0,788 \text{ m/s}$

Hyväksytään myös energiaperiaatteen mukainen ratkaisu

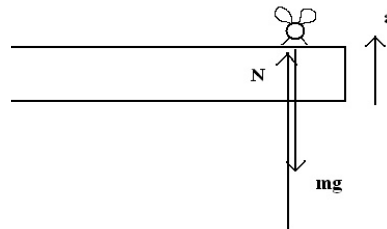
b)  $a = \frac{dv}{dt} = A\omega \frac{d}{dt} \cos \omega t = -A\omega^2 \sin \omega t$  1 p

Kiihtyvyyden suurin arvo (alääriasennossa):

$$a_{\max} = A\omega^2 = 0,32 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot (784\pi \text{ s}^{-1})^2 \approx 1941 \text{ m/s}^2$$
 1 p

$$ma_{\max} = N_{\max} - mg$$

$$N_{\max} = ma_{\max} + mg$$



1 p  
kuvasta 1 p

$$\frac{N_{\max}}{mg} = \frac{ma_{\max} + mg}{mg} = \frac{a_{\max} + g}{g} = \frac{(1941 + 9,81) \text{ m/s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2} \approx 200$$
 1 p

Vastaus: a) 0,79 m/s b) noin 200-kertainen

11. a) Veden kiehuessa siihen tuotu lämpö kuluu olomuodon muutokseen, höyrystymiseen, ts. molekyylien irrottamiseen toisistaan. 2 p

b) Ilman maksimikosteus pienenee lämpötilan laskiessa. Kylmän pullon lähellä oleva ilma jäähtyy. Tällöin pullon pinnalle tiivistyy vettä. Kylmä ilma ei voi sisältää niin paljon vesihöyryä kuin lämmin. 2 p

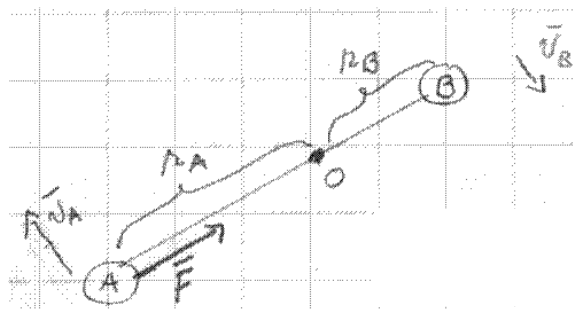
c) Nestekaasupullossa neste ja sen höyry ovat tasapainossa lämpötilaa vastaavassa paineessa. Kun pullosta otetaan kaasua, paine laskee ja nestettä höyrystyy. Höyrystyminen sitoo lämpöä nestekaasusta ja pullosta, jolloin pullo jäähtyy. 2 p

12.  $m_A = 0,82 M_A$

$$m_B = 2,2 M_A$$

$$m_A = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$r = r_A + r_B = 4,3 \cdot 10^{10} \text{ m}$$



1 p

Kummallakin tähdellä on sama kulmanopeus ja jaksonaika T

Massakeskipiste O:  $m_A r_A = m_B \cdot r_B$  1 p

$$m_A r_A = m_B (r - r_A)$$

$$r_A = \frac{m_B \cdot r}{m_A + m_B} \quad 1 \text{ p}$$

Gravitaatiolain mukaan tähtien välinen vetovoima  $F = f \frac{m_A \cdot m_B}{r^2}$  1 p

Sovelletaan Newtonin toista lakia tähteen A:

$$f \frac{m_A \cdot m_B}{r^2} = m_A \frac{v_A^2}{r_A} \quad 1 \text{ p}$$

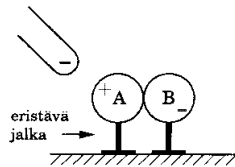
$$v_A = \frac{2\pi r_A}{T}$$

$$f \cdot \frac{m_B}{r^2} = \frac{4\pi^2 r_A^2}{T^2 r_A} = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot r_A$$

$$T^2 \cdot f m_B = 4\pi^2 r^2 \cdot \frac{m_B \cdot r}{m_A + m_B}$$

$$T = 2\pi r \sqrt{\frac{r}{f(m_A + m_B)}} = 2,797 \cdot 10^5 \text{ s} = \underline{\underline{32 \text{ d}}} \quad 1 \text{ p}$$

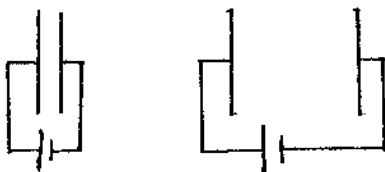
13. a)



Tapahtuu influenssi eli varausten jakautuminen (samanmerkkiset varaukset hylkivät tai elektronit siirtyvät).

Kun pallot ovat kaukana toisistaan, pallossa A positiivinen varaus ja pallossa B negatiivinen varaus 2 p

b)



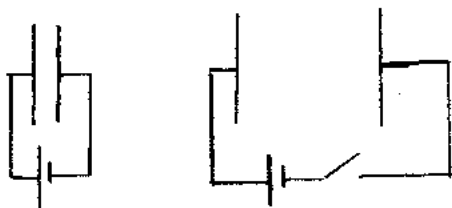
Jännite pysyy samana.

$$\text{Kapasitanssi } C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

Kun välimatka kasvaa, kapasitanssi pienenee ja varaus  $Q = CU$  pienenee.

$$E = \frac{U}{d}, \text{ kun } d \text{ kasvaa } E \text{ pienenee.} \quad 2 \text{ p}$$

c)



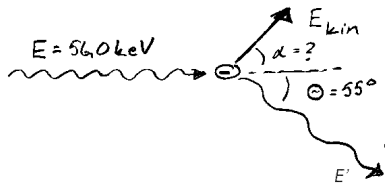
Kytkein auki:

Sähkökentän voimakkuuteen vaikuttaa varaustiheys. Koska varaus pysyy samana, 1 p

sähkökentän voimakkuus pysyy samana. Jännite kasvaa  $U = E \cdot d$ . 1 p



14.



Sironneen röntgenkvantin energia on  
 $E' = 56,0 \text{ keV} - 2,5 \text{ keV}$   
 $= 53,5 \text{ keV}$ .

Kyseessä on ns. Comptonin sironta.  
 Koska törmäys on täysin kimmoinen ja  
 energia säilyy, niin elektronin saama  
 kineettinen energia on 2,5 keV.

2 p

Törmäyksessä säilyy myös liikemäärä  $\vec{p} = \vec{p}' + \vec{p}_e$ .

$$\begin{cases} p = p'_x + p_{ex} \\ p_y = p_{ey} \end{cases}$$

$$\begin{cases} p = p' \cos \theta + p_e \cos \alpha \\ p' \sin \theta = p_e \sin \alpha \Rightarrow p_e = \frac{p' \sin \theta}{\sin \alpha} \end{cases}$$

$$p = p' \cos \theta + \frac{p' \sin \theta}{\tan \alpha},$$

$$\text{josta } \tan \alpha = \frac{p' \sin \theta}{p - p' \cos \theta}.$$

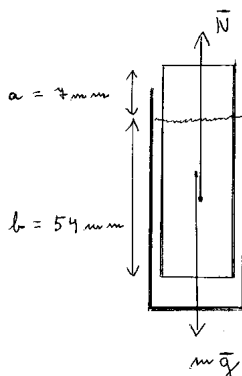
Koska säteilykvantin liikemäärä on  $p = \frac{E}{c}$ , saadaan

$$\tan \alpha = \frac{\frac{1}{c} \cdot E' \sin \theta}{\frac{1}{c} \cdot (E - E' \cos \theta)}$$

$$= \frac{53,5 \text{ keV} \cdot \sin 55^\circ}{56,0 \text{ keV} - 53,5 \text{ keV} \cdot \cos 55^\circ} = 1,731, \text{ joten } \alpha = \underline{\underline{60^\circ}}$$

4 p

15.



1 p

Tasapainoehto  $N - mg = 0$

1 p

$N = \text{noste}$ , siis  $N = \rho_v V g$  (Arkhimedeen laki) ja

$$mg = \rho \cdot V \cdot g$$

$$\rho_v A b g - \rho A (a + b) \cdot g = 0$$

$$\rho = \frac{b}{(a + b)} \rho_v$$

Mittaamalla kuviosta  $a = 7 \text{ mm}$  ja  $b = 54 \text{ mm}$

$$\rho = \frac{54 \text{ mm}}{61 \text{ mm}} \cdot 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = \underline{\underline{0,89 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}}} \left( \pm 0,01 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right)$$

- +16 Ilmiö: Muuttuva magneettikenttä synnyttää sähkökentän. Jos muuttuvassa magneettikentässä on johdin (esim. silmukka tai käämi), johtimeen indusoituu lähdejännite  $\varepsilon_i$ , joka suljetussa piirissä saa aikaan induktiovirran.

Induktiolaki  $\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$ ,  $\Phi$  on magneettivuo.

Lenzin laki :  $\varepsilon_i$  :n suunta on energiaperiaatteen mukaisesti sellainen, että siitä aiheutuva induktiovirta vastustaa muutosta, jonka virta aiheuttaa. Siksi induktiolaissa on miinusmerkki.

Itseinduktio  $\varepsilon_i = -L \frac{dI}{dt}$

Keskinäisinduktio  $\varepsilon_{i2} = -M_{12} \frac{dI_1}{dt}$

3 - 4 p

Sähkön tuottaminen: Vaihtovirtageneraattorin toimintaperiaate

2 p

Energian siirtäminen: Keskinäisinduktioon perustuvalla muuntajalla on oleellinen merkitys (jännitteen nosto tuotantopäässä ja alentaminen kuluttajapäässä, energiahäviöt, sähköturvallisuus).

2 p

Laitteet:  
 - Induktioilmiöllä merkitystä lähes kaikissa vaihtovirtalaitteissa  
 - Värähtelypiirit  
 - Induktiivinen kytkentä (LC -piireissä, erotusmuuntajissa)  
 - Pyörrevirtalaitteet (induktiomootorit, induktiojarrut, induktiouunit, metallinilmaisimet jne.)

2 - 3 p

max 9 p