

# MAOL-Pisteitysohjeet

## Fysiikka kevät 2002

Tyypillisten virheiden aiheuttamia pistemenetyksiä (6 pisteen skaalassa):

- pieni laskuvirhe		-1/3 p
- laskuvirhe, epämielekäs 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

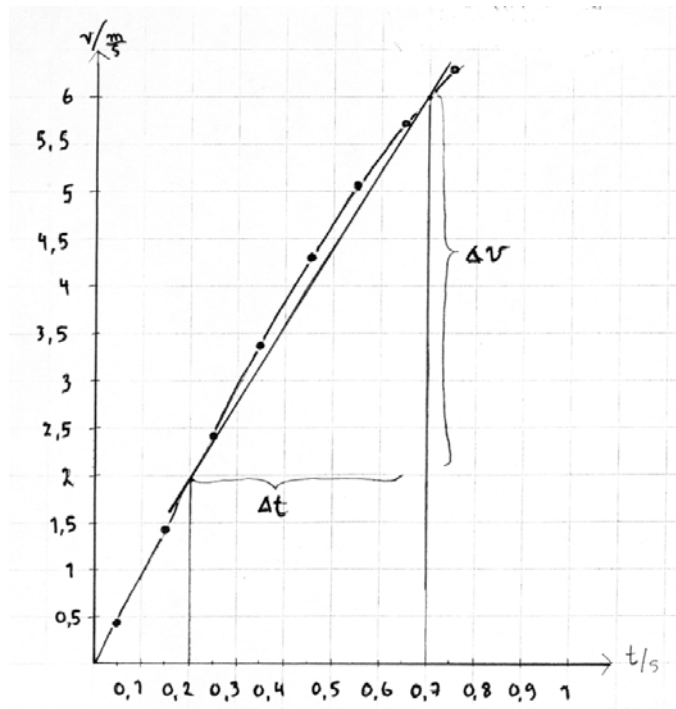
"Solverin" käyttö ei hyväksyttävää  $\Rightarrow$

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.



2 p

b) Aluksi kiihtyvyys vakio kuvaaja suora, nopeuden kasvaessa ilmanvastus kasvaa ja kiihtyvyys pienenee ja kuvaaja muuttuu loivemmaksi

2 p

c)  $a_k = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 1,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,5 \text{ s}} = 8,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$      V:  $a_k = 8,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \left( \pm 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$

2 p

• Jos sovitettu suora ja käsitetty tasaisesti kiihtyväksi liikkeeksi

max. 4 p

2. a)  $s = \frac{1}{2}at \Rightarrow [s] = \frac{\text{m} \cdot \text{s}}{\text{s}^2} = \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow$  ei mahdollinen

b)  $t = \sqrt{\frac{2s}{a}} \Rightarrow [t] = \sqrt{\frac{\text{m}}{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \text{s} \Rightarrow$  on mahdollinen

c)  $g = \frac{\gamma \cdot M}{R} \Rightarrow [g] = \frac{\text{Nm}^2 \cdot \text{kg}}{\text{kg}^2 \cdot \text{m}} = \frac{\text{Nm}}{\text{kg}} = \frac{\text{kg m m}}{\text{s}^2 \text{ kg}} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \Rightarrow$  ei mahdollinen

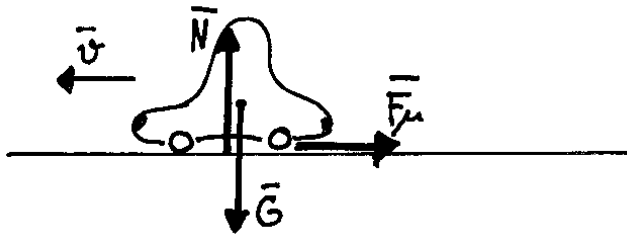
d)  $P = \mu mgs \Rightarrow [P] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \text{Nm} = \text{J} \Rightarrow$  ei mahdollinen

e)  $\rho = \frac{UA}{l} \Rightarrow [\rho] = \frac{\text{V} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{m}} = \Omega \text{m} \Rightarrow$  on mahdollinen

f)  $F = \frac{1}{2} \cdot \epsilon E^2 A \Rightarrow [F] = \frac{\text{As}}{\sqrt{\text{m}}} \cdot \frac{\text{V}^2}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^2 = \frac{\text{Nm}}{\text{m}} = \text{N} \Rightarrow$  on mahdollinen

- Yksiköiden sijoittaminen  $\frac{1}{3}$  p / kohta
- Lopullisen yksikön laskeminen  $\frac{1}{3}$  p / kohta
- Päätelmä: mahd./ei mahd.  $\frac{1}{3}$  p / kohta
- Jos yksikkötarkastelut puuttuvat, oikea suuryhtälö ja oikea päätelmä  $\frac{1}{3}$  p / kohta

3.



1 p

$$s = 31 \text{ m}$$

$$v_0 = 78 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 21,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = 32 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 8,89 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Kitkavoima } F_\mu = \mu N = \mu mg$$

1 p

Työperiaatteen mukaan

1 p

$$\frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m v^2 = F_\mu \cdot s$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m v^2 = \mu m g s$$

1 p

$$\mu = \frac{v_0^2 - v^2}{2 g s} = \frac{\left(21,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(8,89 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 31 \text{ m}} = \underline{0,64}$$

1 p

Jos pyörät eivät lukkiudu, jarrutuksessa pystytään hyödyntämään maksimaalista lepokitkaa  $\Rightarrow$  jarrutusmatka lyhenee

1 p

TOINEN TAPA dynamiikan peruslain perusteella

Voimakuvio

1 p

Hidastuvuuden laskeminen

1 p

Dynamiikan peruslain mukaiset yhtälöt

2 p

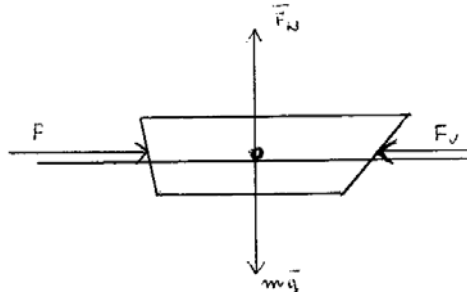
Kitkakertoimen laskeminen

1 p

Oikea päätelmä

1 p

4.  $m = 985 \text{ kg}$   
 $P = 45 \text{ kW}$   
 $v = 11 \text{ m/s}$   
 $a = 2,5 \text{ m/s}^2$   
 $v_2 = 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
 $a_2 = 0$



1 p

$$P = Fv \Rightarrow F = P/v$$

$$\sum F = ma \text{ tai N II} \Rightarrow$$

$$F - F_v = ma \Rightarrow \frac{P}{v} - F_v = ma$$

1 p

$$F_v = \frac{P}{v} - ma = \frac{45 \cdot 10^3 \text{ Js}^{-1}}{11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} - 985 \text{ kg} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 1628 \text{ N} = \underline{\underline{1,6 \text{ kN}}}$$

1 p

$$F_v = k \cdot v^2 \text{ (liikevastusvoima suoraan verrannollinen nopeuden neliöön)}$$

$$F_{v2} = \frac{F}{v^2} \cdot v_2^2 = \frac{1628 \text{ N}}{\left(11 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} \cdot \left(16 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 3445 \text{ N}$$

$$\text{Koska kiihtyvyys on } 0 \Rightarrow \frac{P_2}{v_2} - F_{v2} = 0$$

1 p

$$P_2 = F_{v2} \cdot v_2 = 3445 \text{ N} \cdot 16 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx \underline{\underline{55 \text{ kW}}}$$

1 p

5. Ultraääni on mekaanista pitkittäistä aaltoliikettä, jonka taajuus (20 kHz - 1000 MHz) on ihmisen kuuloalueen yläpuolella.

- Etenee kaasussa ja nesteissä paineaaltona

1 p

Ultraäänilähteet:

- pyörivät reikälevyt, pillit
- sähkö. värähtelypiirit, pietsosähkökide

1 p

Ominaisuudet:

- aaltoliikkeen ominaisuudet, kuten heijastuminen, taittuminen, interferenssi

1 p

Sovellukset

- kaikuluotaus (veden syvyys, kalaparvet)
- rakennevikojen tutkiminen
- paksuusmittaukset

} Heijastuminen, aikamittaus 1 p

- rakenteiden tutkiminen
- läpivalaisu (korvaa röntgenin)

} Heijastuminen, taittuminen  
 $\Rightarrow$  kuvan muodostuminen 1 p

- desinfiointi
- hammaskiven poisto
- metallipintojen puhdistaminen

} Värähtelyenergian tehokas siirtyminen aineen sisään 1 p

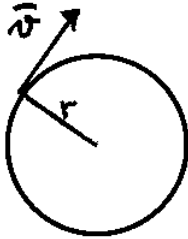
- kliiniset tutkimukset ja hoidot, kuten lämpöhoidot

} Ultraäänen energian absorboituminen esim. nivelien. 1 p

Sovellutukset yhteensä

max 3 p

6. a)



Oikein

Nopeusvektori on ratakäyrän tangentin suuntainen tai perusteltu kuviolla

1 p

b) Väärin

Nopeuden suunnan muutokseen liittyy kiihtyvyys

1 p

c) Väärin

Tasaisesti kiihtyvässä ympyräliikkeessä  $v$  kasvaa  $\Rightarrow a_n$  kasvaa

1 p

d) Oikein

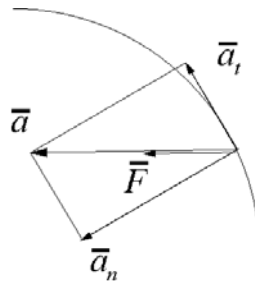
Tangentialikihtyvyys  $a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  voi olla suurempi kuin normaalikihtyvyys

$a_n = \frac{v^2}{r}$ , näin erityisesti nopeuden ollessa pieni

1 p

e) Väärin

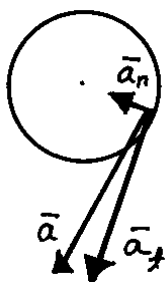
Kokonaisvoima on saman suuntainen kuin kokonaiskiihtyvyys



1 p

f) Oikein

Voimakkaasti hidastuvassa liikkeessä juuri ennen pysähtymistä  $a_n \ll a_t$  (kuva)

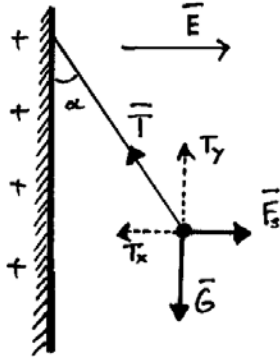


1 p

Oikeat vastaukset ilman perusteluja

max 1 p

7.



1 p

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

tasapainoehto

1/2 p

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \sum F_x = F_s - T_x = 0 \\ \sum F_y = T_y - mg = 0 \end{cases} \text{ ja } \begin{cases} T_x = F_s = QE \\ T_y = mg \end{cases}$$

tasapainoehdosta seuraavat lausekkeet

1 1/2 p

Nyt  $\tan \alpha = \frac{T_x}{T_y} = \frac{QE}{mg}$

josta  $E = \frac{mg \tan \alpha}{Q} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

ja varauskate  $\sigma = \frac{\epsilon_0 mg \tan \alpha}{Q}$

$$= \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} \cdot 0,00018 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \tan 33^\circ}{0,85 \cdot 10^{-9} \text{ C}}$$

E:n ja T:n laskeminen ja numeerinen sijoittaminen

3 p

$$= 1,19 \cdot 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \approx \underline{\underline{12 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}^2}}}$$

8. Pyörrevirrat ovat yhtenäiseen johdekappaleeseen syntyviä induktiovirtoja, jotka aiheutuvat magneettivuon muutoksesta kappaleessa. Pyörrevirtojen suunta siis noudattaa Lenzin lakia, joten niiden vaikutukset pyrkivät kumoamaan muutoksen, joka ne aiheuttavat.

2 p

Sovelluksista voidaan käsitellä esim. seuraavia.

Induktiojarru

Induktiokytkin (nopeusmittarit)

Induktiomootorit

kWh -mittarit (sekä norm. että jarru)

Lämpövaikutukset

- tehohäviöt, vähentäminen
- induktiouunit (suurtaajuus (~kHz) magneettikenttä, virrat sulatettavaan aineeseen)
- induktioliedet

Metallinilmaisimet

Sovelluksista on ilmentävä miten pyörrevirtoja käytetään

4 p

9. Luonto:

Radon ongelma

- Mittaukset ja seuranta
- Toimenpiteet esim. sisäilmanvaihto

Kosminen säteily (esim. lentokoneessa)

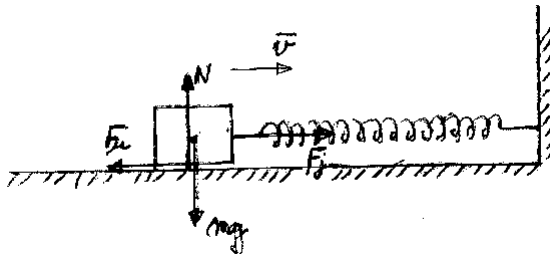
2 p

Tekniikka ja lääketiede

- riittävä etäisyys esim. gammalähteistä ja mahdollisimman lyhyt altistumisaika
- säteilylajin edellyttämien suojusten käyttö:
  - ei  $\alpha$  -lähteitä ravintoon eikä hengitysilmaan
  - $\beta$ : Muovi-/metallisuojuukset pysäyttävät
  - $\gamma$ : lyijysuojuukset pysäyttävät
- neutronit: keveät ainekset / paksut kerrokset, neutronin pysähtyvät keveisiin molekyyleihin
- valvonta säteilymittareilla, dosimetrit
- kontaminaation välttäminen

4 p

10.



1 p

Olkoon jousen alkuvienymä  $s$  ja kokoonpuristuma kappaleen muuttaessa suuntaansa  $x$ . Energiaperiaatteen mukaan kpl:n liukuessa ääriasennosta toiseen kappaleen mekaaninen energia pienenee kitka voiman tekemän työn verran.

1 p

Kuvion perusteella kitkavoima on  $F_\mu = \mu N = \mu mg$ , joten saadaan

$$\Rightarrow \frac{1}{2}ks^2 - \frac{1}{2}kx^2 = \mu mg(s+x)$$

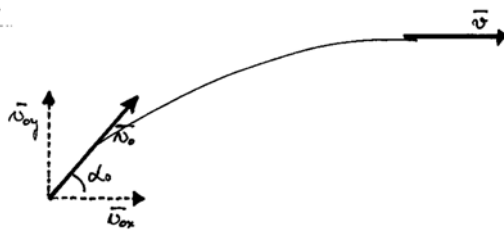
$$\Rightarrow \frac{1}{2}k(s+x)(s-x) = \mu mg(s+x)$$

$$\Rightarrow x = s - \frac{2\mu mg}{k} = 0,10 \text{ m} - \frac{2 \cdot 0,42 \cdot 0,30 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{40 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 0,0382 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \text{kappaleen liukuma matka on } s+x = 0,138 \text{ m} \approx \underline{\underline{0,14 \text{ m}}}$$

2 p

11. a)



$$v_{0,y} = v_0 \sin \alpha_0$$

1 p

Lakipisteessä  $v_{0,y} = 0$

$$v_0 \sin \alpha_0 - gt = 0$$

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha_0}{g} \text{ (nousuaika)}$$

2 p

$$y = v_0 \sin \alpha_0 \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{g} - \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{g}$$

$$y = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{g}$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{2y \cdot g}}{\sin \alpha_0} = \frac{\sqrt{2 \cdot 3,8 \text{ m} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}{\sin 50^\circ}$$

$$v_0 = 11,27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx \underline{\underline{11 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

1 p

b)  $t = 60 \text{ s}$

$$s = v t$$

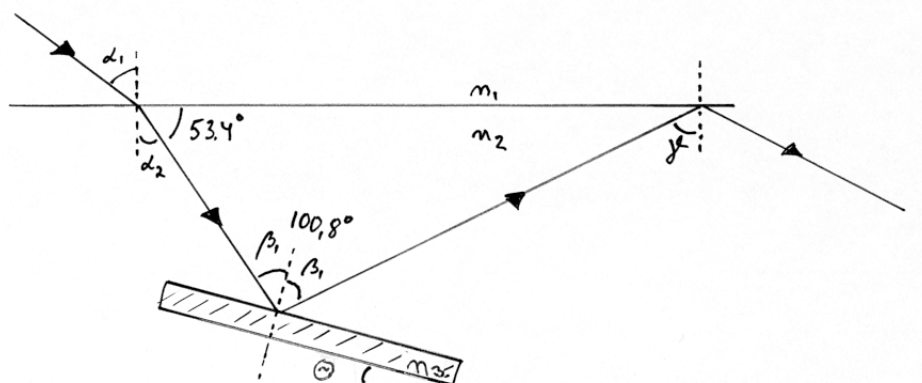
$$\begin{aligned} \text{tilavuus } V = s A = v t \pi r^2 &= 11,27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 60 \text{ s} \cdot \pi \cdot (4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 \\ &= 0,03399 \text{ m}^3 = 34 \text{ dm}^3 = \underline{\underline{34 \text{ l}}} \end{aligned}$$

V: 34 litraa

2 p

Jos sovelletaan energiaperiaatetta nopeuden y-komponentin laskemiseksi, niin suoritus on perusteltava.

12. a)



$$\alpha_1 = 52,5^\circ, \quad n_1 = 1,00, \quad n_2 = 1,33, \quad n_3 = 1,61$$

$$\text{Taitekulma } \alpha_2 \text{ saadaan taittumislaista } \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

1 p



$$\Rightarrow \sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha_1 = \frac{1,00}{1,33} \sin 52,5^\circ = 0,5965 \Rightarrow \alpha_2 = 36,6^\circ$$

Kuvion perusteella tulokulma  $\beta_1 = \alpha_2 + \theta$

Tehtävän polarisaatioehdon perusteella  $\beta_1$  saadaan Brewsterin lain mukaisesta yhtälöstä

$$\tan \beta_1 = \frac{n_3}{n_2} = \frac{1,61}{1,33} = 1,2105 \Rightarrow \beta_1 = 50,4^\circ$$

$$\text{Täten } \theta = \beta_1 - \alpha_2 = 50,4^\circ - 36,6^\circ = \underline{\underline{13,8^\circ}}$$

3 p

b) Valo näkyy pinnan yläpuolella, jos tulokulma  $\gamma$  on pienempi kuin kokonaisheijastuksen rajakulma  $\alpha_r$  vesi-ilma rajapinnassa.

$$\sin \alpha_r = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1,00}{1,33} = 0,7519 \Rightarrow \alpha_r = 48,75^\circ$$

Kuvion perusteella  $\gamma$ :n komplementtikulma on  $180^\circ - 53,4^\circ - 2 \cdot 50,4^\circ = 25,8^\circ$ , joten  $\gamma = 64,2^\circ$ .

Koska  $\gamma > \alpha_r$ , tapahtuu kokonaisheijastuminen ja valoa ei nähdä pinnan yläpuolella 2 p

13. a) Systeemin tekemä työ  $dW = -pdV$

$$W = -\int pdV$$

Jos tilavuus kasvaa,  $W < 0$  eli systeemi tekee työtä, jos taas tilavuus pienenee,  $W > 0$  eli systeemiin tehdään työtä.

1  $\rightarrow$  2:  $\Delta V < 0$  ja  $W > 0$ , joten ympäristö tekee työtä kaasusysteemiin

2  $\rightarrow$  3:  $\Delta V = 0$ , joten  $W = 0$

3  $\rightarrow$  1:  $\Delta V > 0$  ja  $W < 0$ , joten kaasusysteemi tekee työtä ympäristöön 3 p

$$\text{b) } \left. \begin{array}{l} 1 \rightarrow 2: \quad T_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 < T_1 \\ \quad \quad Q_1 = c_p m (T_2 - T_1) < 0 \end{array} \right\} \text{Lämpöä poistuu kaasusta}$$

$$\left. \begin{array}{l} 2 \rightarrow 3: \quad T_3 = \frac{p_3}{p_1} T_2 > T_2 \\ \quad \quad Q_2 = c_v m (T_3 - T_2) > 0 \end{array} \right\} \text{Lämpöä siirtyy kaasuun}$$

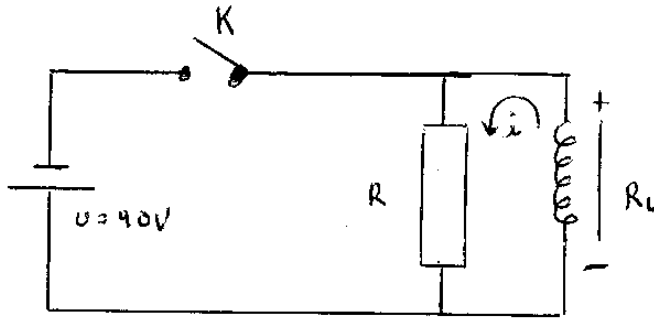
3  $\rightarrow$  1:  $\Delta U = Q_3 + W$

$\Delta U = 0$ , koska  $\Delta T = 0$ ,  $Q_3 = -W > 0$  Lämpöä siirtyy kaasuun.

Myös kohdat 1  $\rightarrow$  2 ja 2  $\rightarrow$  3 voidaan perustella lämpöopin pääsääntöjen perusteella

3 p

14.



$$R = 4,0 \text{ k}\Omega$$

$$R_L = 125 \Omega$$

Kun K on suljettu (tasavirtatapaus)  $I_L = \frac{U}{R_L} = \frac{40 \text{ V}}{125 \frac{\text{V}}{\text{A}}} \approx 320 \text{ mA}$  1 p

Kytkin K avataan

Käämiin virta  $I$  alkaa pienentyä jolloin käämiin indusoituu lähdejännite  $\varepsilon_i$ .

Lenzin lain mukaisesti tämä jännite pyrkii estämään virran pienenemistä.

$\varepsilon_i$ :in napaisuus kuvan mukainen.

2 p

Heti avaamisen jälkeen  $R$ :n läpi kulkema virta  $I_0$  on suurin piirtein 320 mA

$$I_0 = 320 \text{ mA}$$

$$\varepsilon_{i0} = R I_0 = 4000 \frac{\text{V}}{\text{A}} \cdot 0,32 \text{ A} = \underline{\underline{1280 \text{ V}}} \approx \underline{\underline{1,3 \text{ kV}}}$$
 2 p

(Tarkastelussa on oletettu vastus  $R$  induktiottomaksi)

Vastaus: 1,3 kV, kuvan osoittama napaisuus

1 p

15. Kyseessä on valosähköilmiö, jossa valokvantin energia riittää irrottamaan metallista elektronin ja antamaan sille liike-energian, joka sähkökentän vastajännitteen avulla saadaan nollattua  $\Rightarrow$  valokennon virta lakkaa. Sähkökentän elektronin tekemä työ on yhtä suuri kuin elektronin suurin liike-energia  $\Rightarrow E_{k \max} = eU$

1 p

Toisaalta energiaperiaatteen mukaan

$$E_{k \max} = hf - W_0, \quad f = \frac{c}{\lambda} \text{ ja } W_0 = \text{irroitustyö}$$

1 p

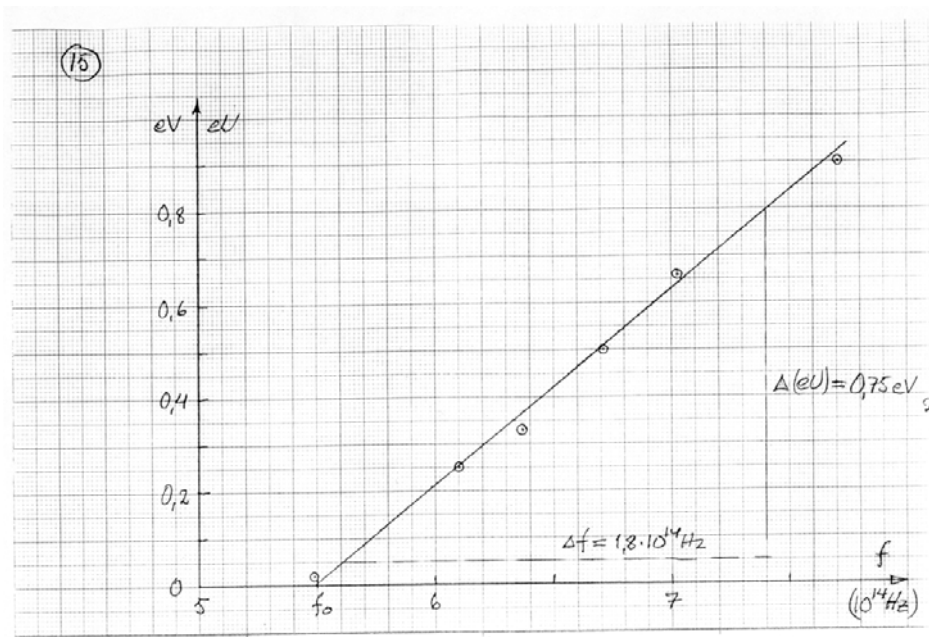
Täten saadaan  $eU = hf - W_0$ , josta nähdään, että Planckin vakio  $h$  saadaan

piirtämällä kuvaaja  $eU = eU(f)$

Tehtävän arvot muutetaan seuraavaan muotoon

$f / 10^{14} \frac{1}{\text{s}}$	7,71	7,03	6,71	6,37	6,10	5,49
$eU / \text{eV}$	0,90	0,66	0,50	0,33	0,25	0,02

Piirretään kuvaaja (suora)  $(f, U_0e)$ -koordinaatistoon



2 p

Sovitetun suoran fysikaalinen kulmakerroin on Planckin vakio

$$h = \frac{\Delta(eU)}{\Delta f} = \frac{0,75 \text{ eV}}{1,8 \cdot 10^4 \frac{1}{\text{s}}} = 4,17 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$$

$(4,0 - 4,3) \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$  hyväksytään

Kynnystaajuus saadaan suoran ja f-akselin leikkauspisteestä:  $f_0 \approx 5,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

$(5,4 - 5,6) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  hyväksytään

1 p

16. Lyhytaaltoisen sähkömagneettisen säteilyn ( $\lambda < 700 \text{ nm}$ ) havaitseminen ja aallonpituuden (energian) mittaaminen.

Vastaus voidaan ryhmitellä esimerkiksi seuraavasti:

Säteilyn havaitseminen

Näkyvä valo

- silmä
- filmi
- valokenno
- valodiodi, valovastus, yms.

UV-valo

- fluoresoiva aine, filmi
- valokenno
- valodiodi, yms.
- valomonistinputki

Röntgensäteily

- fluoresoiva aine, filmi
- geigerilmaisim
- puolijohdeilmaisim

Aallonpituuden mittaaminen

- hila
- prisma

- hila
- kvartsi-prisma

- hila, kidehila (aallonpituus)
- puolijohdeilmaisim (energia)

## Gammasäteily

- filmi
- geigerilmaisain
- tuikeilmaisain
- puolijohdeilmaisain
- tuikeilmaisain (energian mittaaminen)
- puolijohdeilmaisain

Säteilylajit mainittu 1 p

Säteilyn havaitseminen 0 - 4 p

Aallonpituuden mittaaminen 0 - 6 p

Maksimi 9 p