



FYSIIKAN KOE 18.9.2017 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Alla oleva vastausten piirteiden, sisältöjen ja pisteitysten luonnehdinta ei sido ylioppilastutkintolautakunnan arvostelua. Lopullisessa arvostelussa käytettävistä kriteereistä päättää tutkintoaineen sensorikunta.

Fysiikka pyrkii ymmärtämään luonnon perusrakennetta, luonnonilmiöiden perusmekanismeja ja niiden säännönmukaisuuksia. Fysiikassa käsitteellinen tieto ja tietorakenteet pyritään ilmaisemaan mahdollisimman kattavina ja yleisinä. Kokeellinen menetelmä on fysiikan tiedon perusta, ja saavutettu tieto esitetään usein matemaattisina teoriarakenteina ja malleina. Malleilla on keskeinen asema myös kehitettäessä, sovellettaessa ja käytettäessä näin saavutettua tietoa. Fysiikan tiedonhankinnalle, tiedon esittämiseksi ja sen soveltamiselle on tyypillistä teorian ja kokeellisuuden nivoutuminen toisiinsa.

Fysiikan kokeessa arvioinnin kohteita ovat sekä fysikaalisen tiedon ymmärtäminen että tiedon soveltamisen taito lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti. Kokeessa arvioidaan myös kokelaan kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsittelyn taitoja. Näitä ovat mm. kokeensuunnittelu, yleisimpien mittavälineiden käytön hallinta, tulosten esittäminen ja tulkitseminen sekä johtopäätösten tekeminen. Luonnontieteiden ja teknologian alaan liittyviä ongelmia ratkaistaan käyttäen ja soveltaen fysiikan käsitteitä ja käsiterakenteita. Luovuutta ja kekseliäisyyttä osoittavat ratkaisut katsotaan erityisen ansiokkaiksi. Arviointiin vaikuttavat myös kokelaan vastausten selkeys, asiasisällön johdonmukaisuus ja jäsenyntyisyys.

Fysiikan tehtävän vastaus sisältää vastauksen perustelut, ellei tehtävänannossa ole toisin mainittu. Kokelas osaa yhdistellä tietoa ja soveltaa oppimaansa. Vastaus osoittaa, että kokelas on tunnistanut oikein fysikaalisen ilmiön ja tarkastelee tilannetta fysikaalisesti mielekkäällä tavalla. Kokelas osaa kuvata sovellettavan fysikaalisen mallin ja perustella, miksi mallia voidaan käyttää kyseisessä tehtävässä. Usein vastauksessa tarvitaan tilannekuvioita, voimakuvioita, kytkentäkaavioita tai graafista esitystä. Kuviot, kaaviot ja graafiset esitykset ovat selkeitä ja oppiaineen yleisten periaatteiden mukaisia. Voimakuviossa todelliset voimat erotetaan vektorikomponenteista selkeästi.

Matemaattista käsittelyä edellyttävissä tehtävissä suureyhtälöt ja kaavat on perusteltu tavalla, joka osoittaa kokelaan hahmottaneen tilanteen, esimerkiksi lähtien jostain fysiikan peruslaista tai -periaatteesta. Vastauksessa on esitetty tarvittavat laskut sekä muut riittävät perustelut ja lopputulos. Laskemista edellyttävissä osioissa suureyhtälö on ratkaistu kysytyn suureen suhteen, ja tähän suureyhtälöön on sijoitettu lukuarvot yksikköineen. Fysiikan kokeessa kaikki funktio-, graafiset ja symboliset laskimet ovat sallittuja. Symbolisen laskimen avulla tehdyt ratkaisut hyväksytään, kunhan ratkaisusta käy ilmi, mihin tilanteeseen ja yhtälöihin ratkaisu symboleineen perustuu. Laskimen avulla voidaan ratkaista yhtälöitä ja tehdä päätelmiä kuvaajista tehtävänannon edellyttämällä tavalla.

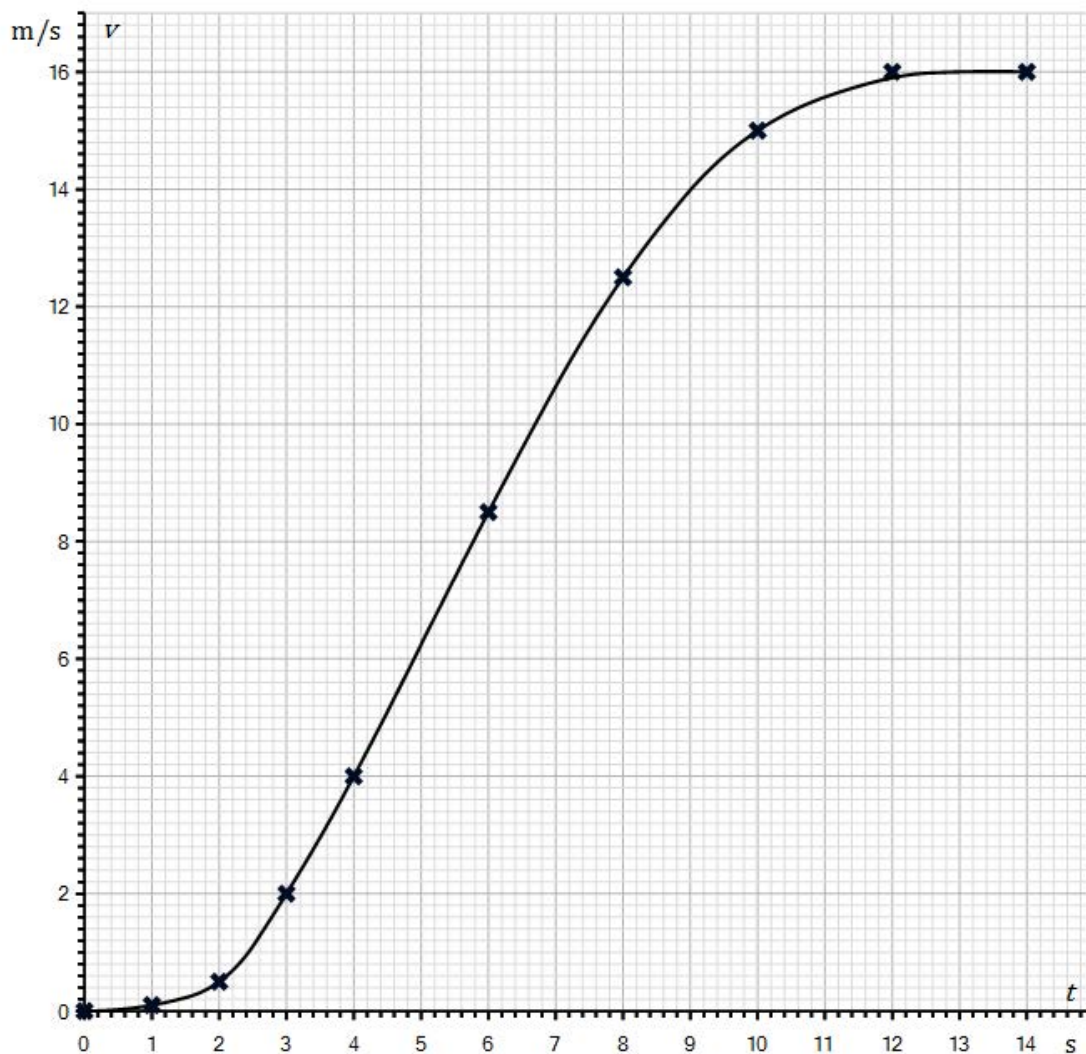
Tehtävän eri osat arvostellaan 1/3 pisteen tarkkuudella, ja loppusumma pyöristetään kokonaisiksi pisteiksi.

Tehtävä 1

	a	b	c	d	e	f
A) Kappaleen liike on tasaista.	X					
B) Kappaleen liike on kiihtyvää tai hidastuvaa.		X	X	X	X	X
C) Hetkellä $t = 0$ s kappale on levossa.		X		X	X	X
D) Kappale on samassa paikassa liikkeen alussa ja lopussa.			X			

Tehtävä 2

a)



Kuvaaja 3 p.

- b) Auton kulkema matka saadaan kuvaajan ja aika-akselin väliin jäävän pinta-alan avulla. Graafisella integroinnilla ruutuja laskien tai laskimen avulla tulokseksi saadaan $129 \text{ m} \approx 130 \text{ m}$.

Menetelmä oikein 1 p. + tulos oikein 1 p.

- c) Auton keskinopeus saadaan jakamalla b-kohdassa määritetty kuljettu matka siihen kulu-
neella ajalla.

$$v_k = \frac{s}{t} = \frac{129 \text{ m}}{14,0 \text{ s}} = 9,2142857 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 9,2 \text{ m/s}$$

1 p.

Tehtävä 3

- a) Sulamisen aikana kappaleen lämpötila ei muutu. Luetaan sulamispiste kuvaajan tasaiselta osuudelta. Sulamispiste on $-114,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

1 p.

- b) Sulamisen aikana kappaleeseen siirtynyt energia menee kokonaan kappaleen olomuodon muutokseen, kun oletetaan että lämpöhäviöt ovat merkityksettömiä.

$$Q = P \cdot \Delta t = sm$$

1 p.

Sulamiseen kulunut aika on $\Delta t = 15,2 \text{ min} - 3,0 \text{ min} = 12,2 \text{ min}$.

Aineen ominaissulamislämmöksi saadaan

$$s = \frac{P \cdot \Delta t}{m} = \frac{55,0 \text{ W} \cdot 12,2 \cdot 60 \text{ s}}{0,394 \text{ kg}} = 102182,7411 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \approx 102 \text{ kJ/kg}$$

1 p.

- c) Nesteeseen siirtynyt energia menee kokonaan lämpötilan nostoon.

$$Q = P \cdot \Delta t = cm \cdot \Delta T$$

1 p.

Tarkastellaan nesteen lämpenemistä aikavälillä

$$\Delta t = 20,0 \text{ min} - 15,2 \text{ min} = 4,8 \text{ min}$$

Nesteen lämpötilan muutos on $\Delta T = -97,5 \text{ }^\circ\text{C} - (-114,0 \text{ }^\circ\text{C}) = 16,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Aineen ominaislämpökapasiteetiksi saadaan

$$c = \frac{P \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta T} = \frac{55,0 \text{ W} \cdot 4,8 \cdot 60 \text{ s}}{0,394 \text{ kg} \cdot 16,5 \text{ }^\circ\text{C}} = 2436,548223 \text{ J/kg }^\circ\text{C} \approx 2,4 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C}.$$

1 p.

d) Tuntematon aine voisi olla etanolia.

1 p.

Etanolin sulamispiste on $-114 \text{ }^\circ\text{C}$, ominaissulamislämpö 102 kJ/kg ja ominaislämpökapasiteetti nesteinä $2,43 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C}$.

Tehtävä 4

a) Kuvasta mittaamalla peräkkäisten aallonhuippujen välimatkat sijoittuvat välille 50–100 m. Maininkien aallonpituus sijoittuu tuolle välille.

1 p.

b) Kun etenevä aalto kohtaa esteen, aaltorintaman muoto muuttuu. Ilmiötä kutsutaan diffraktioksi. Tässä tapauksessa ulkomeren mainingit kohtaavat rantaviivan, ja aallot pääsevät etenemään vain kapean salmen läpi. Salmen suuaukon jälkeen aaltorintamat muuttuvat kaareviksi täyttäen poukaman. Tilanne vastaa aaltoliikkeen diffraktiota kapeasta raosta.

2 p.

c) Diffraktioilmiö on helposti havaittavissa, kun aaltoliikkeen aallonpituus ja aallon etenemistä häiritsevän esteen tai aukon koko ovat samaa suuruusluokkaa.

1 p.

Kuvan tapauksessa maininkien aallonpituus (50–100 m) ja salmen leveys (200 m) ovat samaa suuruusluokkaa, joten diffraktio on havaittavaa.

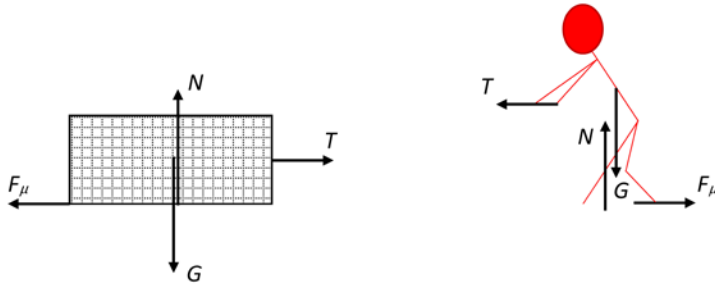
1 p.

Näkyvän valon tapauksessa sähkömagneettisen aaltoliikkeen aallonpituus on noin 0,5 mikrometriä ja oviaukon koko joitakin senttimetrejä. Aallonpituuden ollessa alle tuhannesosa oviaukon koosta, diffraktio ei juurikaan muuta aaltorintaman muotoa.

1 p.

Tehtävä 5

a) Voimakuviot laatikko ja vetäjä 1 p. + 1 p.



Newtonin II lain mukaan vetäjän kenkien ja lattian välinen lepokitka on yhtä suuri kuin köyden jännitysvoima.

$$F_{\mu}^{\text{vetäjä}} - T = 0$$

Vetäjän kengät eivät juuri ja juuri ala liukua, kun lepokitka kenkien ja lattian välillä on täysin kehittynyt. Silloin lepokitka on yhtä suuri kuin suurin jännitysvoima, jonka vetäjä voi tuottaa köyteen.

$$F_{\mu, \text{max}}^{\text{vetäjä}} = \mu_0 G = \mu_0 m g = T_{\text{max}}$$

1 p.

Koska laatikko ei liiku, Newtonin II lain mukaan

$$T_{\text{max}} - F_{\mu}^{\text{laatikko}} = 0$$

eli laatikkoon kohdistuva kitkavoima on köyden suurimman jännitysvoiman suuruinen.

$$F_{\mu}^{\text{laatikko}} = \mu_0 m g = 0,50 \cdot 85 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 416,925 \text{ N} \approx 420 \text{ N}$$

1 p.

b) Laatikko lähtee liikkeelle, kun köyden jännitysvoima on suurempi kuin täysin kehittynyt lepokitka laatikon ja lattian välillä. Rajatapauksessa

$$F_{\mu, \text{max}}^{\text{laatikko}} = \mu_0 M g = \hat{\mu}_0 m g$$

1 p.

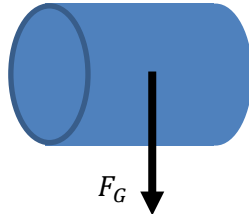
jolloin kengän ja lattian välinen lepokitkakerroin on

$$\hat{\mu}_0 = \frac{M}{m} \mu_0 = \frac{120 \text{ kg}}{85 \text{ kg}} \cdot 0,50 = 0,70588235 \approx 0,71.$$

1 p.

Tehtävä 6

- a) Maassa olevien tietoliikenneantennien suuntaa ei tarvitse muuttaa. 1 p.
- b) Satelliittiin vaikuttaa Maan gravitaatiovoima kohti Maan painopistettä (massakeskipistettä). 1 p.



- c) Satelliitin liike on tasaista ympyräliikettä Maan keskipisteen ympäri. Newtonin II lain mukaan satelliitin liikeyhtälöksi saadaan

$$\begin{aligned}F_G &= ma = ma_N \\G \frac{Mm}{r^2} &= m \frac{v^2}{r} \\G \frac{M}{r} &= v^2.\end{aligned}$$

2 p.

Satelliitti tekee täyden kierroksen vuorokaudessa.

$$G \frac{M}{r} = \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2$$

Kiertoradan säde

$$\Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{(2\pi)^2}}$$

1 p.

$$r = \sqrt[3]{\frac{6,67428 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot (24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s})^2}{(2\pi)^2}} = 42245,371 \text{ m}$$

Etäisyys maanpinnasta on

$$h = r - R = 42245,371 \text{ km} - 6356,755 \text{ km} = 35888,616 \text{ km} = 36000 \text{ km}.$$

1 p.

Tehtävä 7

- a) Homogeeniselle sähkökentälle pätee $U = Ed$.

$$E = \frac{U}{d} = \frac{15,0 \text{ V}}{0,100 \text{ m}} = 150 \text{ V/m}$$

2 p.

Kentän suunta on positiiviselta elektrodilta negatiiviselle, kuvassa oikealta vasemmalle.

1 p.

- b)

$$U = Ed = 150 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0,030 \text{ m} = 4,5 \text{ V}$$

1 p.

- c) Hopeamusteella piirretty ympyrä on johdekappale, jonka sisällä sähkökentän voimakkuus on nolla.

1 p.

Näin ollen ympyrän sisällä kaikki paperin pisteet ovat samassa potentiaalissa ja mittari näyttää jännitettä 0 V.

1 p.

Tehtävä 8

a)

Ensiökäämi

N_E kierrosta

Ensiövirta
 I_E

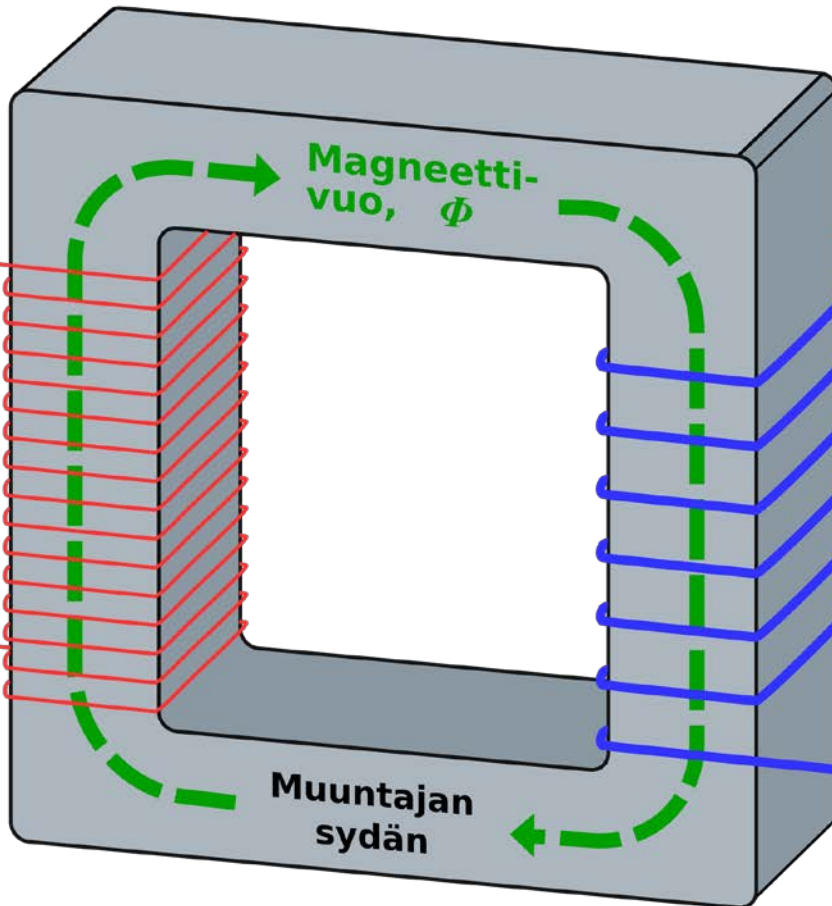
Ensiöjännite
 U_E

Toisiökäämi

N_T kierrosta

Toisiovirta
 I_T

Toisiojännite
 U_T



1 p.

Muuntaja muodostuu kahdesta käämistä ja niitä yhdistävästä rautasydäimestä kuvan mukaisesti.

Muuntajassa ensiökäämin muuttuva sähkövirta I_E synnyttää käämin sisällä olevaan rautasydämeen muuttuvan magneettivuon. Rautasydämen ansiosta magneettivuo on molempien käämien läpi yhtä suuri.

1 p.

Muuttuva magneettivuo indusoi toisiökäämiin vaihtuvan jännitteen.

1 p.

Induktiivisen kytkennän johdosta käämien napajännitteiden suhde on

$$\frac{U_{E,eff}}{U_{T,eff}} = \frac{-N_E \left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right)}{-N_T \left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right)} = \frac{N_E}{N_T}.$$

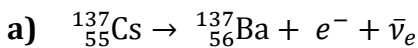
Muuntajan muuntosuhde on toisiokäämin ja ensiökäämin napajännitteiden suhde $N_T: N_E$.

1 p.

- b) Muuntaja lämpenee, mikä johtuu johdinten resistanssista ja rautasydämeen indusoituvi-
ta pyörrevirroista. Sähköenergiaa muuntuu lämpöenergiaksi, jolloin toisioteho on en-
siötehoa pienempi.

2 p.

Tehtävä 9



1 p.

- b) Cesiumin puoliintumisaika $T_{1/2} = 30,17$ a
Cesiumin moolimassa $M = 136,907$ g/mol

Aktiivisuus $A = \lambda N$

Massa

$$m = nM = \frac{NM}{N_A} = \frac{AM}{\lambda N_A} = \frac{T_{1/2} AM}{\ln 2 N_A}$$

2 p.

$$m = \frac{30,17 \cdot 31536000 \text{ s} \cdot 11000 \text{ Bq} \cdot 136,907 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{\ln 2 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}} = 3,432685725 \cdot 10^{-9} \text{ g} \approx 3,4 \cdot 10^{-9} \text{ g}$$

1 p.

(Koska aktiivisuus on hajoamisia sekunnissa, niin $\text{Bq} = 1/\text{s}$ ja puoliintumisaika muunnetaan sekunneiksi.)

c) Hajoamislaki:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{\ln 2}{30 \text{ a}} \cdot 30 \text{ a}} = e^{-\ln 2} = 0,50 = 50 \%$$

tai

^{137}Cs -isotoopin puoliintumisaika on 30 vuotta. Vuodesta 1987 vuoteen 2017 on 30 vuotta aikaa. Täten ^{137}Cs -isotoopin määrä on puolittunut eli tämän hetkinen määrä on 50 % vuonna 1987 mitatusta määrästä.

2 p.

(Määrällä voidaan tässä tarkoittaa ^{137}Cs -isotoopin ydinten lukumäärää, massaa tms. Tulos on riippumaton tarkasteltavasta suureesta.)

Tehtävä 10

a) Määritellään positiivinen suunta ylöspäin. Käytetään seuraavia merkintöjä:

m_1, m_2	pallojen 1 ja 2 massat
v_i	pallojen yhteinen nopeus juuri ennen törmäystä alustaan
u_i	pallon 2 nopeus sen kimmottua alustasta, ennen törmäystä pallon 1
v_f	pallon 1 nopeus pallojen keskinäisen törmäyksen jälkeen
u_f	pallon 2 nopeus pallojen keskinäisen törmäyksen jälkeen
h_1	pallon 1 nousukorkeus ratansa alimmasta kohdasta.

Pudotessaan molemmilla palloilla on joka hetki sama nopeus. Lasketaan mekaanisen energian säilymislain avulla pallon 2 nopeus juuri ennen kuin se osuu alustaan:

$$E_{\text{kin}} = \Delta E_{\text{pot}} \quad \frac{1}{2}m_2 v_i^2 = m_2 g h \quad v_i = -\sqrt{2gh}$$

Törmättyään kimmoisasti alustaan pallo 2 kimpoaa ylöspäin yhtä suurella mutta vastakaissuuntaisella nopeudella $u_i = \sqrt{2gh}$.

1 p.

Seuraavaksi pallot törmäävät, kun pallo 1 liikkuu vielä alaspäin nopeudella

$$v_i = -\sqrt{2gh}.$$

Lasketaan pallon 1 loppunopeus v_f ja pallon 2 loppunopeus u_f .

Pallojen törmäyksessä liikemäärä säilyy:

$$m_1 v_i + m_2 u_i = m_1 v_f + m_2 u_f \quad (1)$$

$$m_1 (v_f - v_i) = m_2 (u_i - u_f) \quad (2)$$

1 p.

Myös liike-energia säilyy:

$$\frac{1}{2}m_1v_i^2 + \frac{1}{2}m_2u_i^2 = \frac{1}{2}m_1v_f^2 + \frac{1}{2}m_2u_f^2 \quad (3)$$

1 p.

$$m_1(v_f^2 - v_i^2) = m_2(u_i^2 - u_f^2) \quad (4)$$

$$m_1(v_f - v_i)(v_f + v_i) = m_2(u_i - u_f)(u_i + u_f) \quad (5)$$

Sijoitetaan yhtälö (2) yhtälöön (5):

$$v_f + v_i = u_i + u_f \quad (6)$$

Koska $v_i = -u_i$, yhtälöstä (1) saadaan

$$(m_2 - m_1)u_i = m_1v_f + m_2u_f. \quad (7)$$

Yhtälöstä (6) saadaan

$$2u_i = v_f - u_f. \quad (8)$$

Käytetään yhtälöä (8) eliminoimaan u_f yhtälöstä (7), jolloin saadaan

$$(3m_2 - m_1)u_i = (m_2 + m_1)v_f. \quad (9)$$

Pallon 1 loppunopeus on

$$v_f = u_i \frac{3m_2 - m_1}{m_2 + m_1}. \quad (10)$$

Koska $m_1 < m_2$, $v_f > 0$, pallo 1 nousee korkeudelle

$$h_1 = \frac{v_f^2}{2g} = \frac{2gh\left(\frac{3m_2 - m_1}{m_2 + m_1}\right)^2}{2g} \quad (11)$$

$$h_1 = h \left(\frac{3m_2 - m_1}{m_2 + m_1}\right)^2.$$

2 p.

b) Jos $m_1 \ll m_2$, niin $h_1 \approx h \left(\frac{3m_2}{m_2}\right)^2 = 9h$.

1 p.

Tehtävä 11

- a) Ideaalikaasun tilanyhtälön mukaan jokaisessa Vp -tason pisteessä

$$pV = nRT.$$

Kaasun paine, tilavuus ja lämpötila tunnetaan tilassa 1, joten kaasun ainemäärä on

$$n = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{101 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314510 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{K} \cdot 291 \text{ K}} = 0,01878470 \text{ mol} \approx 19 \text{ mmol}.$$

1 p.

- b) Vp -kuvaajasta nähdään, että osaprosessi 1 \rightarrow 2 tapahtuu vakiotilavuudessa. Täten

$$V_2 = V_1 = 0,45 \text{ l}.$$

Vp -kuvaajasta nähdään, että osaprosessi 3 \rightarrow 1 tapahtuu vakioaineessa. Täten

$$p_3 = p_1 = 101 \text{ kPa}. \quad 1 \text{ p.}$$

Koska osaprosessi 1 \rightarrow 2 tapahtuu vakiotilavuudessa, niin

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1}$$

eli

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{760 \text{ kPa}}{101 \text{ kPa}} \cdot 291 \text{ K} = 2188,3200 \text{ K} \approx 2190 \text{ K}.$$

1 p.

Koska osaprosessi 3 \rightarrow 1 tapahtuu vakioaineessa, niin

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{T_1}$$

eli

$$V_3 = \frac{T_3}{T_1} V_1 = \frac{1230 \text{ K}}{291 \text{ K}} \cdot 0,45 \text{ l} = 1,9020619 \text{ l} \approx 1,9 \text{ l}.$$

1 p.

	T (K)	V (l)	p (kPa)
tila 1	291	0,45	101
tila 2	2190	0,45	760
tila 3	1230	1,9	101

c)

	Lämpö	Työ
1 → 2	+	0
2 → 3	0	-
3 → 1	-	+

Oikea merkki ruudussa +1/3 p.
yht. 2 p.

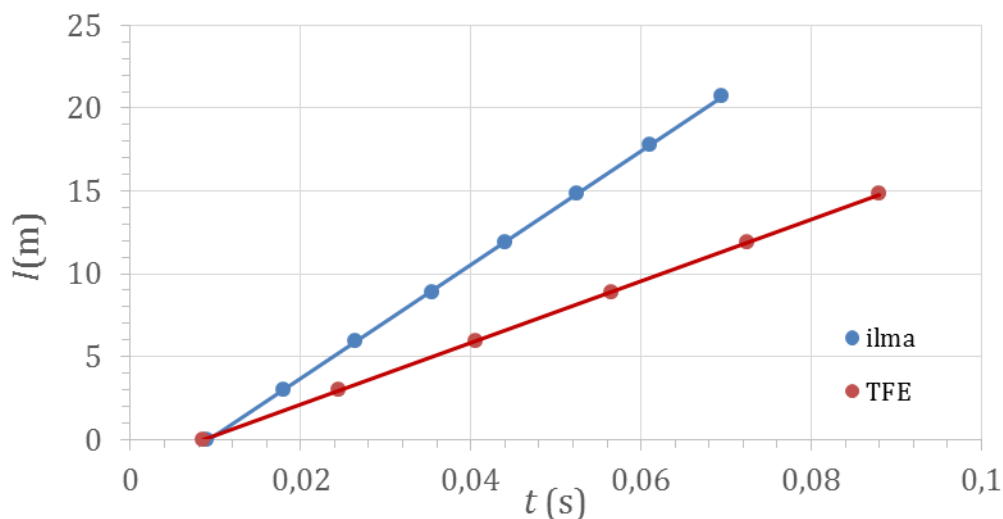
Tehtävä +12

a) Äänipulssi kulkee putkessa edestakaisin, koska ääni heijastuu sekä putken suljetusta alapäästä että avoimesta yläpäästä. Yläpäästä osa äänestä pääsee ulkoilmaan, ja mikrofoni havaitsee äänipulssin. Siksi kuvaajissa näkyy useita äänipulsseja. Kahden havaitun pulssin välillä ääni on kulkenut putkessa kerran edestakaisin.

1 p.

Kootaan taulukkoon äänen kulkemat matkat l ja pulssien ajanhetket t ilman ja TFE:n tapauksissa.

heijastus #	ilma t (s)	TFE t (s)	l (m)
0	0,0090	0,0085	0,000
1	0,0180	0,0245	2,966
2	0,0265	0,0405	5,932
3	0,0355	0,0565	8,898
4	0,0440	0,0725	11,864
5	0,0525	0,0880	14,830
6	0,0610		17,796
7	0,0695		20,762



Pisteisiin (t, l) sovitetun suoran kulmakerroin on äänen nopeus. Sovitus voidaan tehdä joko piirtämällä tai laskimella.

1 p.

Kulmakertoimista saadaan $v_{\text{ilma}} = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ja $v_{\text{TFE}} = 186 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

1 p.

- b) Äänen voimistuminen tietyillä taajuuksilla johtuu siitä, että putkeen syntyy seisova aalto-
liike, joka havaitaan kuvassa 3 intensiteettimaksimeina.

Tällöin putkessa olevan ilmapatsaan värähtely resonoi kaiuttimen äänen kanssa. Näitä taajuuksia kutsutaan resonanssitaajuuksiksi.

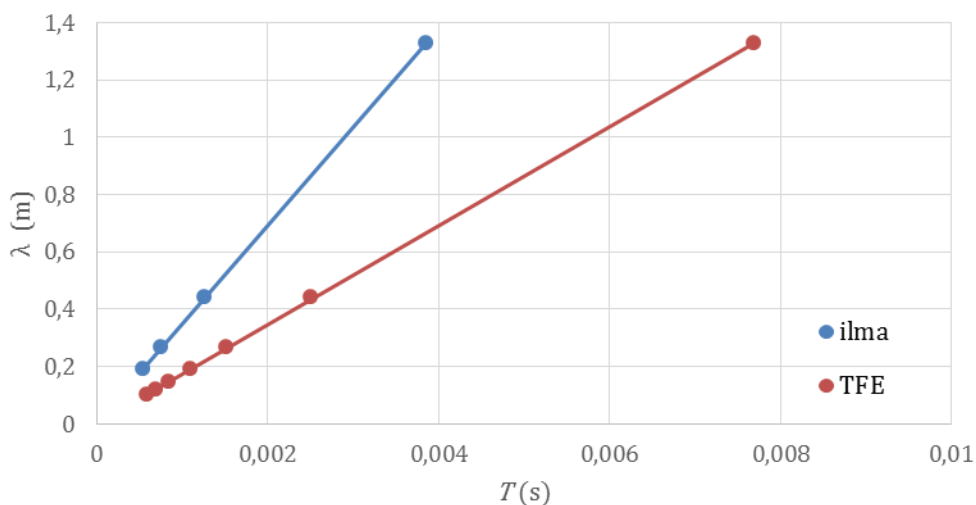
1 p.

Putken suljettuun alapäähän syntyy painemaksimi (liikeminimi) ja avoimeen yläpäähän paineminimi (liikemaksimi).

Resonanssitaajuuksia vastaavat äänen aallonpituudet ovat $\lambda = \frac{4}{i}L$, jossa L on putken pi-
tuus ja $i = 1, 3, 5, \dots$ Toisaalta $\lambda = \frac{v}{f} = v \cdot T$, jossa T on jaksonaika.

Kootaan aallonpituudet ja resonanssitaajuudet taulukkoon ja lasketaan jaksonajat.

i	λ (m)	ilma f (Hz)	T (s)	TFE f (Hz)	T(s)
1	1,328	260	0,003846	130	0,00769
3	0,4427	790	0,001266	400	0,00250
5	0,2656	1320	0,0007576	660	0,00152
7	0,1897	1850	0,0005405	920	0,00109
9	0,1476			1180	0,000847
11	0,1207			1440	0,000694
13	0,1022			1700	0,000588



Pisteisiin (T, λ) sovitetun suoran kulmakerroin on äänen nopeus. 1 p.
Sovitus voidaan tehdä joko piirtämällä tai laskimella.

Kulmakertoimista saadaan $v_{\text{ilma}} = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ja $v_{\text{TFE}} = 172 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. 1 p.

c) Mitä raskasmolekyylisempi kaasu on, sitä pienempi on äänen nopeus. 1 p.

Aaltoliikettä kuljettavassa väliaineessa rakenneosien välinen vuorovaikutus välittää liikkeen rakenneosasta toiseen. Kaasussa rakenneosat ovat molekyyliä. TFE eli $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ -molekyylit ovat paljon suurimassaisempia kuin ilman N_2 ja O_2 -molekyylit. Raskaiden TFE-molekyylien liike on hidasta, ja siksi äänen nopeus TFE:ssä on hitaampaa kuin ilmassa. 1 p.

(Kaasujen puristuskertoimet huoneenlämmössä ovat lähes samat.)

d) TFE:lle on saatu eri menetelmillä noin 8 % toisistaan poikkeavat äänen nopeudet. Todennäköisesti pitempi putki ei ole täyttynyt TFE:llä yhtä täydellisesti kuin lyhyt, jolloin kaasussa on ollut mukana ilmaa ja tämä on nostanut äänen nopeutta. 1 p.

Tehtävä +13

Vastauksessa pelkkä luettelo ei ole riittävä, vaan myös perusteluja ja eheää perusteluketjua edellytetään. Vastauksessa on keskityttävä vain olennaisiin seikkoihin ja vältettävä hajanaisten huomioiden esittämistä.

a) Ilmiön mainitseminen ja kuvailu (1 p.) ja selitys sille, miten vakio liittyy siihen (1 p.). Esimerkiksi seuraavat vastaukset tai muut samantasoisesti selitetyt ilmiöt käyvät.

Planckin vakio h

- Valosähköisessä ilmiössä ultraviolettisäteily absorboituu kohtioon. Kohtiosta havaitaan irtoavan elektroneja, jos säteilyn taajuus on riittävän suuri. (1 p.)
Elektronien suurin mahdollinen kineettinen energia riippuu lineaarisesti säteilyn taajuudesta. Tarkka kokeellinen mittausta osoittaa, että verrannollisuus on kohtion aineesta riippumaton ja aina $E = hf$, missä E on elektronin kineettinen energia ja f valon taajuus. Tämä on Planckin kvanttihypoteesi. (1 p.)
TAI
- Atomien viivaspektrien muodostuminen sähkömagneettisen säteilyn emissiossa tai absorptiossa osoittaa atomin energian tai energiatasojen olevan kvantittuneita. (1 p.)
Planckin vakio liittyy energiatasojen välisiin energiaeroihin. Säteilyn emittoituessa tai absorboituessa atomin energia voi muuttua vain energian $E = hf$ verran, missä f on säteilyn taajuus. Energiaerot, jotka ilmenevät spektristä, ovat luokkaa eV. (1 p.)

Valonnopeus c

- Kun vapaat nukleonit muodostavat ytimen, vapautuu paljon energiaa, joka on peräisin lähtönukleonien massasta. Syntyneen ytimen massa on pienempi kuin lähtönukleonien yhteenlaskettu massa. (1 p.)
Hiukkasella on suhteellisuusteorian mukaisesti energiaa, joka on sitoutunut sen massaan kaavan $E = mc^2$ mukaisesti. Ytimen muodostuessa energiaa vapautuu massan muutosta eli massavajetta vastaava määrä. Koska valonnopeuden arvo on suuri, energiaa vapautuu paljon, vaikka ytimen muodostuessa massavaje onkin pieni. Ytimen hajottamiseen vaaditaan yhtä paljon energiaa. (1 p.)

TAI

- Maailmankaikkeudesta tuleva informaatio on peräisin tapahtumista, jotka ovat tapahtuneet aikaisemmin, jopa useita miljardeja vuosia sitten. Emme pysty havaitsemaan avaruuden tapahtumia reaaliaikaisesti. (1 p.)
Valonnopeus on hyvin suuri, mutta sen suuruus on äärellinen. Informaatio voi siirtyä korkeintaan valonnopeudella. Valon kulkumatkaa kaukaisista avaruuden kohteista mitataan valovuosilla eli matkalla, jonka valo kulkee vuodessa. (1 p.)

- b)** Koejärjestelyn kuvaaminen (1 p.), mittausten kuvaaminen (1 p.) ja tulosten analyysin kuvaaminen (1 p.).

Esimerkiksi seuraava esimerkki tai muu samantasoinen vastaus käy.

Planckin vakio h

- Planckin vakion arvo voidaan määrittää kokeessa, joka perustuu valosähköiseen ilmiöön. Koejärjestelyssä monokromaattista sähkömagneettista säteilyä, kuten valoa, ohjataan tyhjiöputkeen suljettuun metallikohtioon. Tällöin kohtiosta irtoaa elektroneja, jotka kerätään anodille. (1 p.)

Elektronit synnyttävät mitattavissa olevan sähkövirran. Kun elektroneja hidastetaan ulkoisella jännitteellä U niin paljon, että virtaa ei enää havaita, voidaan päätellä, että suurin mahdollinen irtoavan elektronin kineettinen energia on $E = eU$. Mittaus toistetaan usealla monokromaattisen säteilyn taajuudella. (1 p.)

Kun elektronien suurin kineettinen energia eri taajuuksille f on mitattu, voidaan tuloksista todeta suurimman kineettisen energian riippuvan lineaarisesti taajuudesta. Kun mittauspisteitä on useampia, kulmakertoimesta voidaan määrittää Planckin vakion arvo. (1 p.)

Valonnopeus c

- Jupiterin kuiden pimennyksen mittaukset (Römer) osoittivat valon nopeuden äärelliseksi. (1 p.)
Tähtitieteelliset havainnot: selitykseen vaaditaan Maan rataliikkeeseen liittyvien aika- tai asemaerojen tarkastelua, jota käytetään valon nopeuden määrittämiseen. Kun Maa liikkui Jupiteria kohti, mitattiin Kuun pimennyksen kestävä lyhyemmän aikaa kuin silloin, kun Maa liikkui pois päin Jupiterista. (1 p.)
Käyttämällä etäisyyksiä ja planeettojen liikenopeuksia voitiin valon kulkunopeus arvioida matka-aikojen eron perusteella. (1 p.)

- c) Yhden pisteen vastauksessa on mainittu laitteen tai sovelluksen nimi ja kerrottu, kumpaan luonnonvakioon se liittyy. Kahden pisteen vastauksessa on kerrottu lisäksi jokin laitteeseen tai sovellukseen liittyvä yksityiskohta. Laitteen tai sovelluksen on oltava moderni, esimerkiksi peili ei käy. Vastaukseksi ei käy sellainen sovellus tai laite, jonka nimeä ja toimintaa ei ole tarkennettu.

3–4 pisteeseen vaaditaan tarkempi laitteen tai sovelluksen kuvaus ja selitys, miksi luonnonvakion tarkka arvo on tärkeä laitteen tai sovelluksen käytössä.