



FYSIIKAN KOE 30.3.2016 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Alla oleva vastausten piirteiden, sisältöjen ja pisteitysten luonnehdinta ei sido ylioppilastutkintolautakunnan arvostelua. Lopullisessa arvostelussa käytettävistä kriteereistä päätetään 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 soveltamiseksi 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 jäsentyneisyys.

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

	Hiukkassäteilyä	Ionisoivaa säteilyä	Hirsiseinä pysäyttää säteilyn	Maan pinnalla havaittavan säteilyn merkittävä lähde on Aurinko
Alfasäteily	x	x	x	
Gammasäteily		x		
Näkyvä valo			x	x

Pisteitys: oikea rasti 1 p.

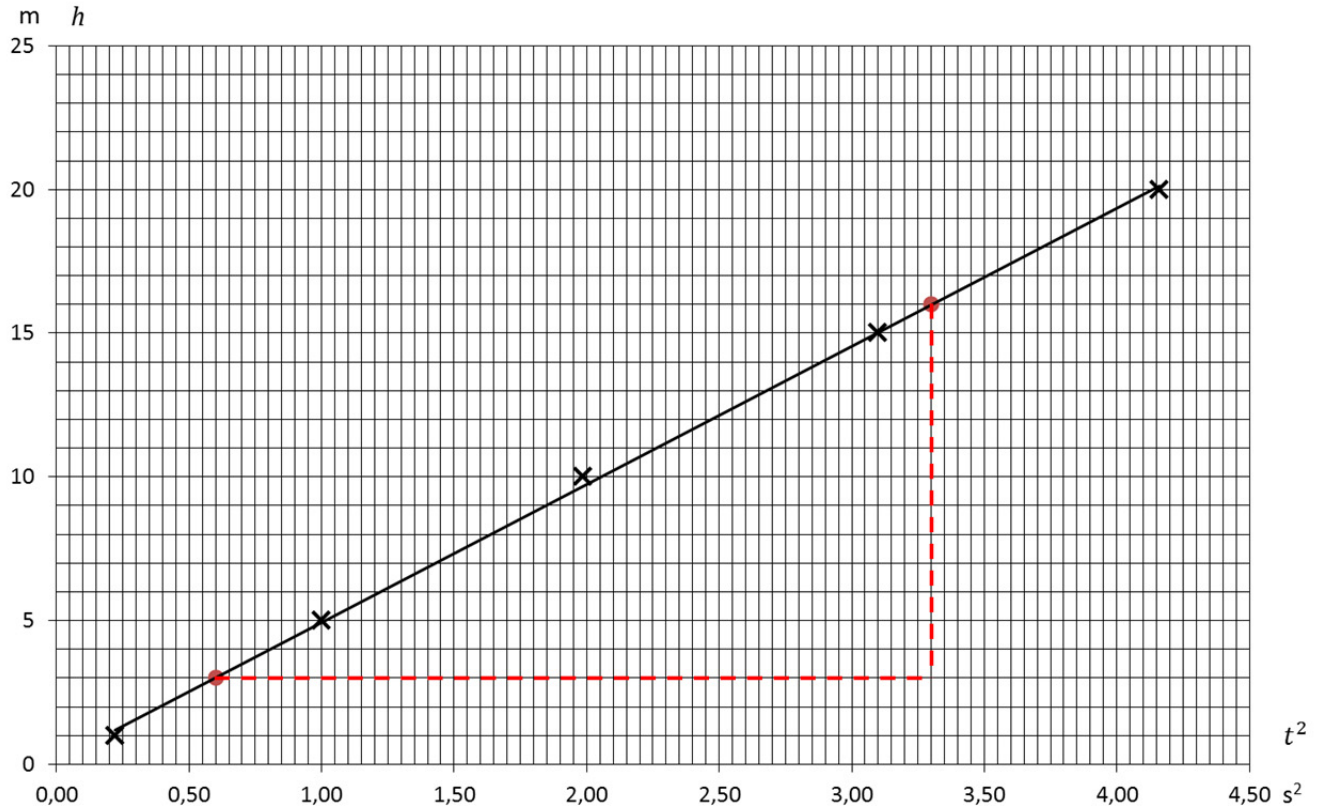
Tehtävä 2

a)

Lasketaan taulukkoon t^2 -arvot.

t^2 (s ²)	0,2209	1,0000	1,9881	3,0976	4,1616
h (m)	1,00	5,00	10,0	15,0	20,0

taulukko 1 p.



kuva 3 p.

b) Kuulan liike on tasaisesti kiihtyvää, jolloin putoamismatka on $h = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$. Koska kuula lähtee levosta, sen kiihtyvyys on

$$a = \frac{2h}{t^2}. \quad 1 \text{ p.}$$

Kuulan putoamisliikkeen kiihtyvyys saadaan pisteisiin sovitetun suoran kulmakertoimen avulla:

$$a = 2 \cdot \frac{\Delta h}{\Delta(t^2)}$$
$$a = 2 \cdot \frac{16,0 \text{ m} - 3,0 \text{ m}}{3,30 \text{ s}^2 - 0,60 \text{ s}^2} = 2 \cdot 4,8148148 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,6296296 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 9,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

1 p.

Tehtävä 3

a) Kokeella voidaan määrittää ketjun materiaalin tiheys. 1 p.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,522 \text{ kg}}{0,000073 \text{ m}^3} = 7150,6849 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 7200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad 1 \text{ p.}$$

b) Kokeella voidaan määrittää materiaalin ominaislämpökapasiteetti. 1 p.

Ketjun luovuttama lämpömäärä on yhtä suuri kuin veden vastaanottama lämpömäärä. 1 p.

$$Q = cm\Delta t \qquad -Q_{\text{koru}} = Q_{\text{vesi}} \qquad -c_k m_k \Delta t_k = c_v m_v \Delta t_v$$

Ei oteta huomioon veden ominaislämpökapasiteetin ja tiheyden muutosta lämpötilan kasvaessa. Käytetään arvoja 22,0 °C:n lämpötilassa. Veden tiheys $\rho_v = 997,78 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ja ominaislämpökapasiteetti c_v

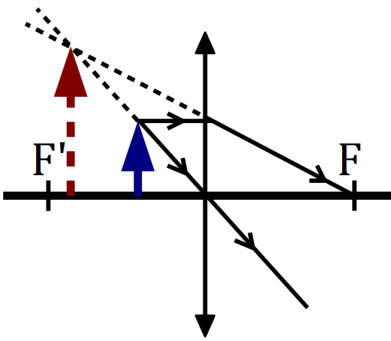
$$c_k = \frac{c_v m_v \Delta t_v}{-m_k \Delta t_k} = \frac{4181,9 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,400 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (30,4 - 22,0)^\circ\text{C}}{-0,522 \text{ kg} \cdot (30,4 - 100)^\circ\text{C}}$$
$$= 386,7525 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \approx 390 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \quad 1 \text{ p.}$$

c) Ketju voisi olla sinkkiä. 1 p.

Sinkin tiheys on 7130 kg/m³ ja ominaislämpökapasiteetti on 386 J/(kg·°C).

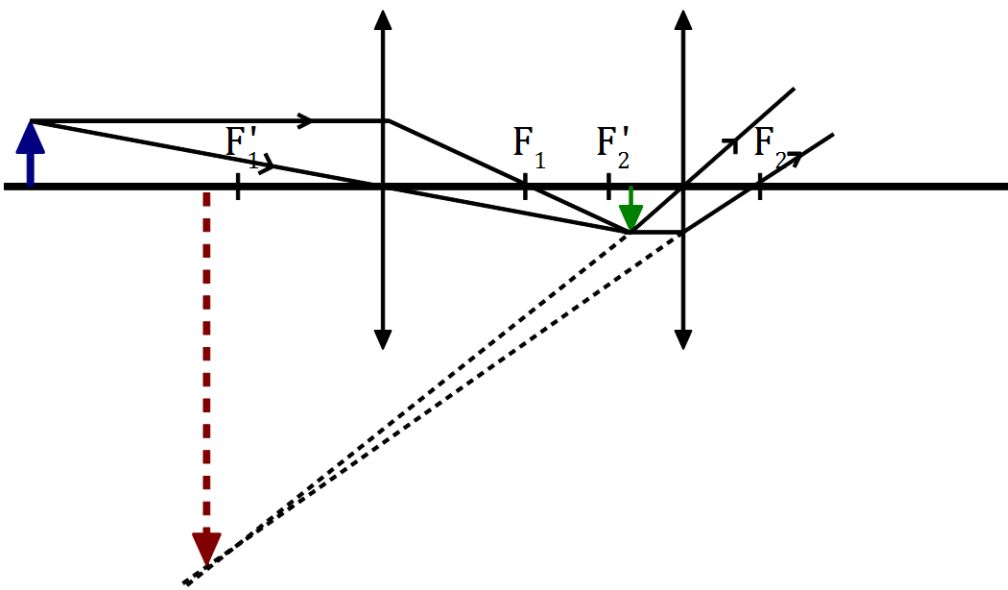
Tehtävä 4

a)



(3 p.)

b)

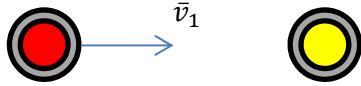


(3 p.)

Tehtävä 5

a) Alussa keltainen kivi on levossa, eli $v_2 = 0$. Merkitään kiven massaa m :llä.

Ennen törmäystä:



Törmäyksen jälkeen:



Kuva $\frac{2}{3}$ p.

Koska kiviin ei vaikuta osumishetkellä liikkeen suunnassa muita merkittäviä voimia kuin kiven välinen kontaktivoima, voidaan kahden kiven muodostamaa systeemiä pitää eristettynä. Törmäyksessä liikemäärä säilyy.

$$m\bar{v}_1 + m\bar{v}_2 = m\bar{u}_1 + m\bar{u}_2 \quad 1 \text{ p.}$$

$$v_1 = u_1 + u_2$$

$$v_1^2 = u_1^2 + u_2^2 + 2u_1u_2$$

Kimmoisassa törmäyksessä myös kiven yhteenlaskettu liike-energia ennen ja jälkeen törmäyksen on yhtä suuri.

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2 \quad 1 \text{ p.}$$

$$v_1^2 = u_1^2 + u_2^2$$

Yhtälöt ovat tosia vain, jos $u_1 = 0$ tai $u_2 = 0$. Keltainen kivi lähtee törmäyksessä liikkeelle, joten punaisen kiven täytyy pysähtyä, jotta sekä liikemäärä että liike-energia säilyvät törmäyksessä. $\frac{2}{3}$ p.

Punainen kivi pysähtyy törmäyksen jälkeen.

Keltainen kivi lähtee nopeudella 2,1 m/s samaan suuntaan kuin punainen kivi liikkui ennen törmäystä. $\frac{2}{3}$ p.

b) Kimmoisassa törmäyksessä liike-energia säilyy:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2$$

1 p.

Alussa keltainen kivi on levossa eli $v_2 = 0$. Ratkaistaan u_1 :

$$u_1 = \sqrt{v_1^2 - u_2^2}$$

$$u_1 = \sqrt{(1,5 \text{ m/s})^2 - (1,4 \text{ m/s})^2} = 0,53851648 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 0,54 \text{ m/s} \quad 1 \text{ p.}$$

Tehtävä 6

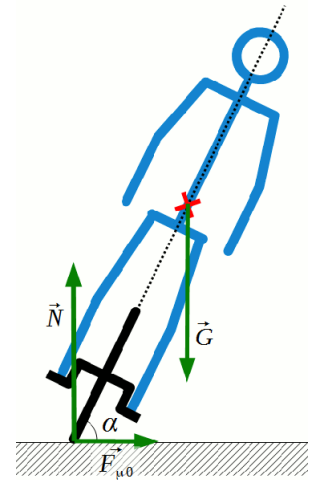
a)

\vec{G} : gravitaatiovoima tai paino

\vec{N} : tukivoima

$\vec{F}_{\mu 0}$: lepokitkavoima

$\frac{1}{3}$ p./voima, maks. 1 p.
kuvassa voimat oikein $\frac{1}{3}$ p./voima



b) Kokonaisuus on tasaisessa vaakasuorassa ympyräliikkeessä, joten kokonaisuudella on radan keskipisteeseen suuntautuva normaalikiikhtyvyys

$$a_n = \frac{v^2}{r}.$$

Dynamiikan peruslaki: $\sum \vec{F} = m\vec{a}_n$

Kokonaisuudella ei ole pystysuuntaista kiihtyvyyttä, joten $\vec{N} + \vec{G} = 0$.

$$N = G$$

Normaalikiikhtyvyys aiheutuu lepokitkavoimasta: $F_{\mu 0} = ma_n = m \frac{v^2}{r}$

1 p.

Pienintä mahdollista ympyrää ajettaessa lepokitka on täysin kehittynyt.

$$\mu_0 N = \mu_0 mg = m \frac{v^2}{r}$$

Ratkaistaan r ja sijoitetaan $\mu_0 = 0,20$, $v = 15 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ja $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$:

$$r = \frac{v^2}{\mu_0 g} = \frac{\left(\frac{15 \text{ m}}{3,6 \text{ s}}\right)^2}{0,20 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 8,8486805 \text{ m} \approx 8,8 \text{ m}$$

1 p.

- c) Painolla ei ole momenttia massakeskipisteen suhteen, joten vain tukivoiman ja kitkavoiman momentit täytyy huomioida.

$$M_N = -r_N mg = -r \cos \alpha \cdot mg$$

$$M_\mu = r_\mu \mu_0 N = r \sin \alpha \cdot \mu_0 mg$$

$\frac{2}{3}$ p.

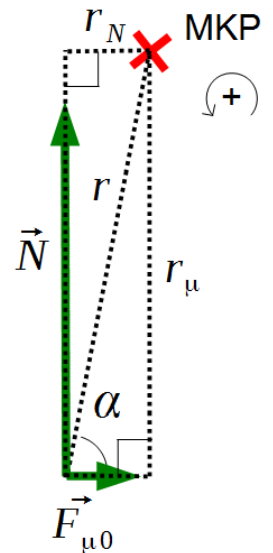
Kokonaisuus ei kaadu, kun siihen vaikuttavien voimien momentit massakeskipisteen suhteen kumoavat toisensa:

$$M_\mu + M_N = r \sin \alpha \cdot \mu_0 mg - r \cos \alpha \cdot mg = 0 \quad 1 \text{ p.}$$

$$r \cos \alpha = r \sin \alpha \cdot \mu_0$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha = \frac{1}{\mu_0}$$

$$\alpha = \arctan \frac{1}{\mu_0} = \arctan \frac{1}{0,20} = 78,690068^\circ \approx 79^\circ \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$



Tehtävä 7

- a)** Alkutilanteessa sylinterien kokonaisvaraus on nolla, koska protonien positiiviset ja elektronien negatiiviset varaukset kumoavat toisensa.

Kun kondensaattori varataan, levyjen väliin syntyy sähkökenttä.

Metallissa on helposti liikkuvia johtavuuselektroneja. Sähkökenttä kohdistaa johtavuuselektroneihin voiman, jolloin elektroneja siirtyy kohti positiivisesti varattua kondensaattorilevyä. 1 p.

Tällöin vasempaan sylinteriin tulee elektronien ylimäärä, jolloin siitä tulee negatiivisesti varautunut. Oikeanpuoleiseen sylinteriin jää elektronien vaje, jolloin sylinteri on varautunut positiivisesti. 1 p.

Elektronien siirtyminen jatkuu, kunnes varausten jakautumisesta aiheutuva sähkökenttä kumoaa kondensaattorin kentän sylinterin sisällä. Kokonaisuutena sylinteripari on polarisoitunut. 1 p.

- b)** Kun sylinterit on erotettu toisistaan ja kondensaattori puretaan, kondensaattorin sähkökenttä häviää, jolloin elektroneihin ei enää kohdistu vasemmalle suuntautuvaa voimaa. Varausten jakautumisesta aiheutuva kenttä pyrkii siirtämään elektroneja oikealle ja tasoittamaan sylinterien varaukset. 1 p.

Koska sylinterit on erotettu toisistaan, ylimääräiset elektronit eivät voi siirtyä oikeaan sylinteriin ja sylinterien varaukset säilyvät. 1 p.

- c)** Kun sylinterit yhdistetään, varausten jakautumisesta aiheutunut kenttä siirtää elektroneja oikealle. Siirtyminen jatkuu, kunnes varaukset ovat tasoittuneet ja sylinterien kokonaisvaraus on jälleen nolla. 1 p.

Tehtävä 8

- a) Pitkässä, suorassa johtimessa on sähkövirta, joten sen ympärille syntyy magneettikenttä. Magneettikentän vuontiheyden suunta on kohtisuorasti silmukan läpi. Magneettivuon tiheys etäisyydellä r johtimesta on

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r},$$

1 p.

Silmukan keskikohdan etäisyys johtimesta on 5,5 cm, joten silmukan lävistävä magneettivuon on likimain

$$\Phi = BA = \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\right)A = \frac{\mu_0 AI}{2\pi r}.$$

1 p.

Arvio induktiojännitteestä saadaan induktiolain avulla

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\mu_0 A \Delta I}{2\pi r \Delta t} = -\frac{\mu_0 a^2 (0 - I_0)}{2\pi r \Delta t} = \frac{\mu_0 a^2 I_0}{2\pi r \Delta t}$$

1 p.

$$e = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 \cdot (0,010 \text{ m})^2 \cdot 2,0 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,055 \text{ m} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ s}} = 0,0007273 \text{ V} \approx 0,7 \text{ mV}$$

1 p.

- b) Induktiojännite pienenee, jos johdin viedään kauemmaksi silmukasta, koska silmukan läpäisevä magneettivuon heikkenee etäisyyden kasvaessa. 1 p.

Induktiojännite pienenee, kun johdinta tai silmukkaa siirretään siten, että johtimen magneettikenttä on silmukan tason suuntainen, jolloin silmukan läpi ei ole magneettivuota.

1 p.

Muutkin fysikaalisesti oikein perustellut vastaukset hyväksytään.

Tehtävä 9

a) ${}^{18}_9\text{F} \rightarrow {}^{18}_8\text{O} + e^+ + \nu$ 1 p.

b) ${}^{18}\text{F}$ -isotoopin hajoamisvakio on $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$.

Näytteen aktiivisuus 45 minuutin kuluttua sen valmistamisesta on

$$A = A_0 e^{-\lambda t}.$$

Aktiivisuus heti valmistamisen jälkeen:

$$A_0 = \frac{A}{e^{-\lambda t}}$$
$$A_0 = \frac{250 \text{ MBq}}{e^{-\frac{\ln 2}{109,77 \text{ min}} \cdot 45 \text{ min}}} = 332,15950 \text{ MBq} \approx 330 \text{ MBq} \quad 2 \text{ p.}$$

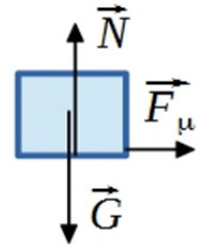
- c) Fluori-18 -isotoopin puoliintumisaika on lyhyt, joten näytteen aktiivisuus laskee nopeasti. Näyte täytyy antaa potilaalle mahdollisimman nopeasti, että näytteen aktiivisuus olisi riittävän suuri kuvauksen onnistumiseksi. 1 p.

Potilas saa säteilyä vain lyhyen aikaa, kun käytetään lyhyen puoliintumisajan näytettä, koska sen aktiivisuus laskee nopeasti. Tämä pienentää potilaalle ajan kuluessa aiheutuvia säteilyhaittoja, kun radioaktiivinen aine pysyy potilaan elimistössä. Puoliintumisaika ei saa olla niin lyhyt, että tutkimusta ei ehditä tehdä aktiivisuuden ollessa riittävällä tasolla. Liian pitkä puoliintumisaika lisää potilaan saamaa kokonaisannosta. 1 p.

Fluoriydin hajoaa emittoimalla positronin. Kudoksessa positroni etenee vain lyhyen matkan. Kohdatessaan antihiukkasensa elektronin positroni ja elektroni annihiloituvat. Annihilaatiossa syntyy kaksi gammakvanttia. PET-kuvauksessa havaitaan gammasäteilyä, joka läpäisee hyvin kudosta. 1 p.

Tehtävä 10

- a) Laatikko kiihtyy levosta hihnan nopeuteen v_h .
Laatikkoon vaikuttava kiihdyttävä voima on laatikon ja hihnan välinen liikekitka F_μ .



Impulssiperiaate:

$$I = \Delta p \qquad F_\mu t = m\Delta v \qquad 1 \text{ p.}$$

$$\mu N t = m v_h \qquad N = G = m g$$

$$t = \frac{m v_h}{\mu m g} = \frac{1,5 \text{ m/s}}{0,45 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,33978933 \text{ s} \approx 0,34 \text{ s} \qquad 1 \text{ p.}$$

TAI:

Laatikkoon vaikuttaa hihnalla liikekitka, joka antaa kappaleelle kiihtyvyyden (Newton II)

$$a = \frac{F_\mu}{m} = \frac{\mu m g}{m} = \mu g = 0,45 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4,4145 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}. \qquad 1 \text{ p.}$$

Laatikko ei enää liu'u hihnalla, kun laatikon nopeus on sama kuin hihnan nopeus.

Koska kitkavoima on vakio, on laatikko tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä, joten

$$t = \frac{v_h - v_0}{a} = \frac{1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4,4145 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,339789 \text{ s} \approx 0,34 \text{ s}. \qquad 1 \text{ p.}$$

- b) Laatikon liu'un aikana liikkuma matka s maan suhteen on se matka, jonka liikekitka tekee työtä laatikkoon. Kitkavoiman laatikkoon tekemä työ on yhtä suuri kuin laatikon liike-energian muutos.

$$W = \Delta E_k$$

$$F_\mu s = \frac{1}{2} m v_h^2$$

$$s = \frac{\frac{1}{2} m v_h^2}{\mu m g} = \frac{\frac{1}{2} (1,5 \text{ m/s})^2}{0,45 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,254842 \text{ m} \approx 0,25 \text{ m}$$

1 p.

Liu'un aikana se hihnan kohta, johon laatikko putosi, liikkuu maan suhteen matkan

$$s_h = v_h t.$$

Laatikko liikkuu hihnan suhteen matkan

$$\begin{aligned} s_r &= s - s_h = s - v_h t \\ &= 0,254842 \text{ m} - 1,5 \text{ m/s} \cdot 0,33978933 \text{ s} = -0,254842 \text{ m} \approx -0,25 \text{ m} \end{aligned}$$

1 p.

c) Hihnan vierestä tilannetta havaittaessa kitkavoima kiihdyttää laatikkoa tasaisesti. Voiman teho on tällöin

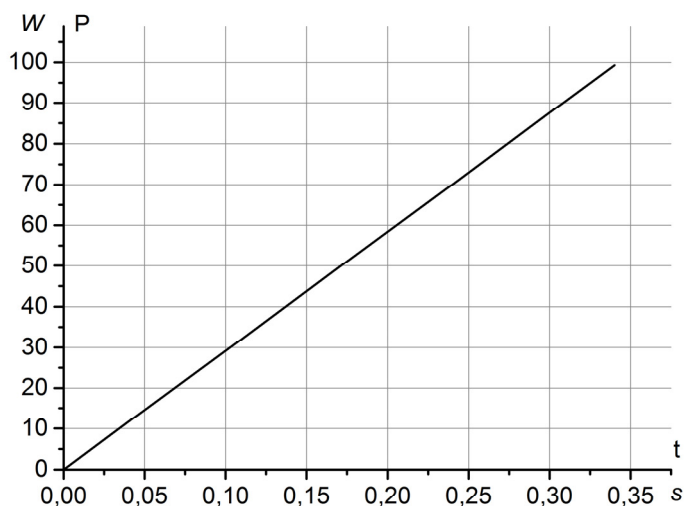
$$P = F_{\mu} v = \mu mg v,$$

missä nopeus v kasvaa lineaarisesti nolasta hihnan nopeuteen $v_h = 1,5 \frac{m}{s}$, jolloin $P = 99,3 \text{ W}$.

Tämä on esitetty kuvassa 1.

Kuva 1.

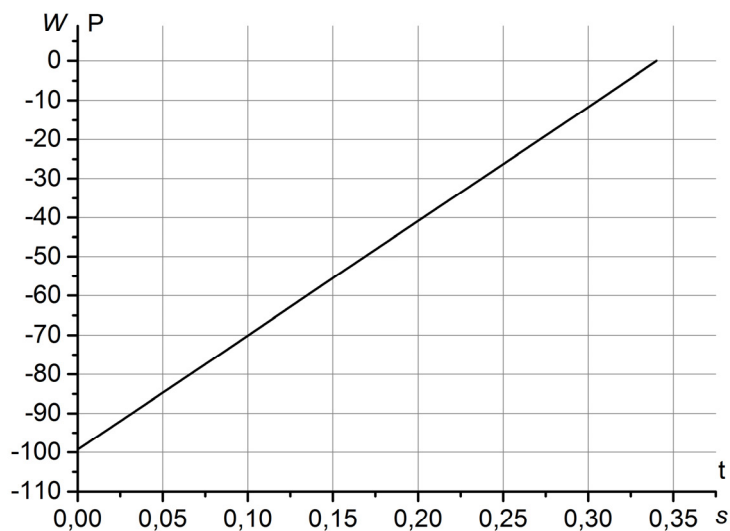
1 p.



Hihnalta tilannetta havaittaessa laatikko liikkuu aluksi nopeudella $v_0 = -1,5 \frac{m}{s}$, ja on lopulta levossa hihnan suhteen. Koska laatikon kiihtyvyyden on tasaista, kitkavoiman teho muuttuu lineaarisesti päätearvojen välillä. Tämä on esitetty kuvassa 2.

Kuva 2.

1 p.



Tehtävä 11

a) Näkyvä valo on aallonpituusalueella 400–700 nm.

Kuvaajasta voidaan havaita, että 2700 K:n lämpöisen mustan kappaleen säteilyspektrin huippuintensiteetti on aallonpituudella 1400 nm, joten suurin osa säteilyn intensiteetistä on infrapuna-alueella. 1 p.

Eli suurin osa hehkulampun tuottamasta säteilystä on lämpösäteilyä, ja vain pieni osa energiasta muuttuu näkyväksi valoksi. 1 p.

Kaikkein suurin osa sähkötehosta menee lampun osien lämmittämiseen. 1 p.

b) Kun mustan kappaleen lämpötila kasvaa, mustan kappaleen säteilyspektrin kokonaisintensiteetti kasvaa voimakkaasti. (Kokonaisintensiteetti on verrannollinen lämpötilan neljänteen potenssiin.) $\frac{2}{3}$ p.

Intensiteettihiippu siirtyy kohti pienempää aallonpituutta, eli infrapuna-alueelta kohti näkyvän valon aluetta. $\frac{2}{3}$ p.

Infrapunasäteilyn lisäksi musta kappale alkaa säteilemään voimakkaammin näkyvää valoa ja ultraviolettivaloa, kun kappaleen lämpötila kasvaa. $\frac{2}{3}$ p.

Kun lampun värilämpötila on 2700 K, sen lähettämä valo on kellertävää, koska keltaisen ja punaisen valon osuus spektristä on vallitseva. $\frac{1}{3}$ p.

Kun värilämpötilaa kasvatetaan, niin että se on 3000 K, valo on lämpimän valkoista. Vihreän valon osuus kasvaa. $\frac{1}{3}$ p.

(Silmän suhteellinen väriherkkyys vaikuttaa siihen, että punaista lyhemmät aallonpituudet nähdään voimakkaammin kuin intensiivisempi ja pitemmän aallonpituuden omaava punainen valo.)

Kun värilämpötila on 3500 K, siinä on mukana kaikkia näkyvän valon aallonpituuksia. Väri on kirkkaan valkoista. Tätä korkeampi värilämpötila nähtäisiin jo sinertävänä. $\frac{1}{3}$ p.

Tehtävä +12

- a) Ohmin lakia noudattavalle komponentille $R = \frac{U}{I}$ on vakio, jolloin napajännitettä virran funktiona esittävä kuvaaja (I,U) -koordinaatistossa on origon kautta kulkeva suora. 1 p.

Hehkulampun ja zenerdiodin kuvaajat eivät ole tällaisia, joten komponentit eivät noudata Ohmin lakia. 1 p.

- b) Hehkulamppu valaisee, kun volframista valmistetun ohuen hehkulangan läpi kulkeva sähkövirta kuumentaa langan hehkuvaksi. Hehkulangan lämpötila riippuu langan läpi kulkevasta sähkövirrasta. 1 p.

Metallilangan staattinen resistanssi $R_s = \frac{U}{I}$ kasvaa, kun lämpötila nousee. Tämän vuoksi hehkulampun (I,U) -kuvaaja on sitä jyrkempi, mitä suurempi on lampun läpi kulkevan sähkövirran itseisarvo. 1 p.

Hehkulampun kuvaaja on hieman epäsymmetrinen origon suhteen. Tämä johtuu lämpötilan muutoksen epäsymmetriasta lampun lämmitessä ja jäähtyessä. Kun sähkövirran ja jännitteen itseisarvot kasvavat, lamppu lämpenee ja kirkastuu. Tällöin lämpötila on hehkulangan lämpökapasiteetin vuoksi koko ajan hieman pienempi kuin lämpötila olisi staattisilla virran ja jännitteen arvoilla. Vastaavasti kun sähkövirran ja jännitteen itseisarvot pienenevät, lamppu jäähtyy ja himmenee, ja hehkulangan lämpötila on koko ajan hieman suurempi kuin se olisi staattisilla virran ja jännitteen arvoilla. 1 p.

- c) $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$. 1/3 p.
Lampun ja zenerdiodin läpi kulkee yhtä suuri virta. 1/3 p.
Etsitään kuvaajien avulla virran arvo, jolla $U_{AB} + U_{BC} = 3,5 \text{ V}$. 1/3 p.

Tämä toteutuu, kun $U_{AB} = 2,7 \text{ V}$ ja $U_{BC} = 0,8 \text{ V}$. 1/3+1/3 p.
Tällöin $I = 0,165 \text{ A}$. 1/3 p.

- d) Hehkulampun toiminta on riippumaton sähkövirran suunnasta, 1/3 p.
joten lamppu ei valaise kun $|I| < 0,075 \text{ A}$. 1/3 p.

$$I = 0,075 \text{ A}: \quad U_{AC} = 0,40 \text{ V} + 0,75 \text{ V} = 1,15 \text{ V} \quad 1/3 \text{ p.}$$

$$I = -0,075 \text{ A}: \quad U_{AC} = -0,55 \text{ V} + (-3,10 \text{ V}) = -3,65 \text{ V} \quad 1/3 \text{ p.}$$

Lamppu ei valaise, kun virtalähteen napajännite on välillä $-3,65 \text{ V} < U_{AC} < 1,15 \text{ V}$. 2/3 p.

Tehtävä +13

Vastauksessa on mainittava neljä energialähdettä (yhteensä 1 p.).

Kussakin kohdassa pitää olla synnyn ja hyödyntämisen kuvaus (1 p. per kohta) sekä näihin liittyvät fysikaaliset ilmiöt (1 p. per kohta).

Vesivoima

Auringon säteily haihduttaa valtameristä vettä, joka kasaantuu pilviksi. Haihtuvan veden potentiaalienergia maan painovoimakentässä kasvaa. Tuulet kuljettavat pilvet pois valtameren päältä mantereiden ylle korkeammille alueille, joille vesi laskeutuu sateena. Korkeammilta alueilta takaisin mereen laskeviin jokiin rakennetuissa vesivoimalaitoksissa veden potentiaalienergia muuttuu liike-energiaksi. Virtaava vesi pyörittää turbiinia, joka on kytketty sähkögeneraattoriin. Generaattori tuottaa sähköenergiaa sähkömagneettisen induktion avulla.

Aurinkoenergia

Aurinkoenergia on auringon säteilemää energiaa, joka käytetään suoraan sähkö- tai lämpöenergiana. Auringon säteilemää energiaa voidaan kerätä aurinkokennojen tai -keräimien avulla. Aurinkosähköä tuotetaan tavallisesti aurinkokennoilla, jotka on rakennettu puolijohteista ja jotka muuntavat auringon säteilyä sähköenergiaksi. Aurinkokennossa valokvantit synnyttävät puolijohteeseen elektroni-aukko-pareja, jotka kerätään elektrodeille. Näin syntyvä varauksen erottuminen voidaan hyödyntää sähköenergiana.

Aurinkolämmityksessä auringon energiaa käytetään käyttöveden tai sisäilman lämmitykseen. Lämpö otetaan talteen aurinkokeräimillä, joissa auringon säteily absorboituu väliaineeseen ja nostaa tämän lämpötilaa. Lämpö kulkeutuu lämmönvaihtimeen, josta se siirretään käyttökohteeseen tai varastoidaan lämpövaraajan sisäenergiana myöhempää käyttöä varten.

Tuulivoima

Auringon säteily saa aikaan ilmakehässä lämpötila- ja painevaihteluita, jotka tasoittuessaan synnyttävät ilmakehään virtauksia eli tuulia. Virtaukseen liittyvän ilman liike-energian avulla voidaan pyörittää tuulivoimalan lapoja, jotka on kytketty akselilla sähkögeneraattoriin. Generaattori tuottaa sähköenergiaa sähkömagneettisen induktion avulla.

Fossiiliset polttoaineet (kivihiili, maakaasu, öljy) ja turve

Kasvillisuus ja kasviplankton ovat muuttaneet auringon säteilyenergiaa yhteyttämisen avulla kemialliseksi energiaksi. Kivihiili on syntynyt miljoonien vuosien kuluessa kovassa paineessa maakerrosten välissä lahonneista kasveista, ja öljy ja maakaasu veden alla kasviaineksista ja pienistä merieliöistä. Turve on syntynyt tuhansien vuosien aikana hapettomassa tilassa lahonneesta kasviaineksesta.

Polttamalla fossiilisia polttoaineita voimaloissa saadaan tuotettua lämpöä, jota voidaan hyödyntää suoraan tai jolla voidaan käyttää lämpövoimakonetta, joka tuottaa sähköenergiaa sähkömagneettisen induktion avulla. Öljyä hyödynnetään laajasti myös kemianteollisuuden raaka-aineena.

Bioenergia ja hake

Biopolttoaineiksi kutsutaan eloperäisestä aineesta valmistettuja polttoaineita. Näihin sitoutunut energia on peräisin kasvien yhteyttämisprosessista, jossa auringonvalon energia varastoituu kemialliseksi energiaksi.

Biopolttoainetta, kuten haketta, voidaan kuivata ja polttaa sellaisenaan voimaloissa, jolloin saadaan lämpöä tai sähköenergiaa lämpövoimakoneen ja sähkömagneettisen induktion avulla. Biopolttoaineita voidaan myös jalostaa edelleen biokaasuksi tai nestemäisiksi polttoaineiksi, kuten etanoliksi ja dieseliksi, joita voidaan käyttää vaikkapa autojen polttoaineena.

Maalämpö (lämpöä maaperästä, vesistöistä ja ilmasta)

Auringon säteily lämmittää maan pintakerroksia ja ilmakehää. Lämmitysvaikutus ulottuu joi-takin kymmeniä metrejä maanpinnan alapuolelle. Maan pintakerroksista lämpö voidaan kerä-tä ja siirtää hyötykäyttöön lämpöpumppujen avulla. Lämpöpumpussa maaperään tai vesistöi-hin rakennetuissa putkistoissa kiertää alhaisessa lämpötilassa höyrystyvää ainetta. Höyrsty-essään aine sitoo itseensä energiaa, joka voidaan lämmönvaihtimessa ottaa käyttöön. Ilma-lämpöpumppu toimii saman periaatteen mukaisesti mutta lämpö kerätään ulkoilmasta. Syvemmältä maankuoresta saatava lämpö on geotermistä energiaa, joka ei ole peräisin Aurin-gosta.

Aaltovoima

Auringon säteilyn lämpövaikutus synnyttää virtauksia myös valtamerissä. Näin syntynyttä aaltojen liike-energiaa voidaan käyttää sähkögeneraattorin pyörittämiseen, joka tuottaa sähköenergiaa sähkömagneettisen induktion avulla. Vuorovesienergia on pääasiassa peräisin Kuun vetovoiman vaikutuksesta, eikä se siten ole peräisin Auringosta.