

Fysikaalisten tieteiden kandiohjelma

Valintakoe 24.5.2024 klo 9.00–12.00

Kirjoita nimesi ja henkilötunnuksesi tekstaamalla isoilla latinalaisilla kirjaimilla (ABCD...).

Jos sinulla ei ole suomalaista henkilötunnusta, kirjoita sen asemesta syntymäaikasi.

Kirjoita henkilötiedot kaikille sivuille.

Sukunimi	
Kaikki etunimet	
Henkilötunnus	

Lue huolellisesti kaikki ohjeet läpi

- Tarkista, että saamassasi koenipussa on kansilehden ja ohjesivujen (sivut 1–2) lisäksi:
 - kysymys- ja vastausosio (sivut 3–14)
 - kaavaliitteet (sivut 15–16)
 - yksi ruutupaperiarkki omia muistiinpanoja varten
 - laskin
- Tarkista, että olet kirjoittanut nimesi ja henkilötunnuksesi kaikkiin vastauslomakkeisiin.
- Kirjoita vastauksesi
 - suomeksi. Sinun on vastattava tehtäviin kielellä, jolla sait tehtävät. Muilla kielillä kirjoitettuja vastauksia ei huomioida arvostelussa.
 - Kirjoita / merkitse kukin vastaus sille varattuun tilaan. Merkintöjä, jotka ovat vastaukselle varatun tilan ulkopuolella, ei huomioida.
 - lyijykynällä ja selvällä käsialalla. Arvostelija tulkitsee tulkinnanvaraiset merkinnät vähiten pisteitä tuottavan vaihtoehdon mukaisesti.
- Älä kirjoita vaihtoehtoisia vastauksia. Jos kirjoitat vaihtoehtoisia vastauksia, arvostelussa huomioidaan vain vastaus, josta saat vähiten pisteitä.
- Voit luonnostella vastauksiasi ruutupaperille. Ruutupaperille tekemiäsi merkintöjä ei huomioida arvostelussa. Olet saanut yhden arkin ruutupaperia. Voit tarvittaessa pyytää lisää ruutupaperia valvojalta.
- Pidä koemateriaalisi niin, että lähelläsi istuvat hakijat eivät pysty katsomaan vastauksiasi ja merkintöjasi. Säilytä valmiit vastaukset konseptiarkin sisällä.

Pisteyttäminen

Valintakoe pisteytetään asteikolla 0–50. Tehtäväkohtaiset pisteet on ilmoitettu kunkin tehtävän kohdalla. Sinut voidaan valita vain, jos saat yhteensä vähintään 25 pistettä.

Valintakoekirjallisuus

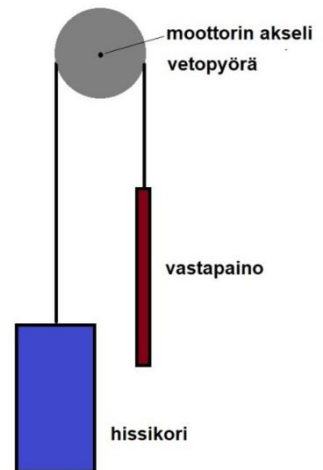
Valintakokeen tehtävät perustuvat lukion opetussuunnitelman 2019 mukaisiin fysiikan pakollisiin moduuleihin (moduulit FY1-FY2) ja valtakunnallisiin syventäviin moduuleihin (moduulit FY3-FY8).

Kun aiot palauttaa koepaperit

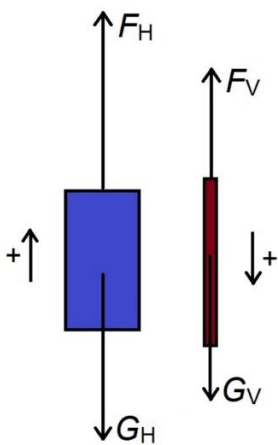
Muista kirjoittaa nimesi ja henkilötunnuksesi koepaperinipun kansilehdelle ja kaikkiin vastauspapereihin. Ota mukaan kaikki tavarat istumapaikaltasi, kun lähdet palauttamaan koepapereita. Todista henkilöllisyytesi, kun palautat paperit. Tarvittaessa saat kokeen valvojalta erillisen todistuksen valintakokeeseen osallistumisesta.

Tehtävä 1. (13 p)

Oheinen kuva esittää yksinkertaista vastapainohissiä. Hissikoriin ja siinä olevan kuorman yhteismassa on 830 kg ja vastapainon massa 670 kg. Hissikoriin ja vastapainon yhdistävä vaijeri ei pääse liukumaan sähkömoottorin akselilla olevalla vetopyörällä. Hissi lähtee liikkeelle ylöspäin, ja sen nopeus kasvaa 1,2 sekunnissa tasaisesti nolasta arvoon 1,6 m/s.



- (a) Määritä hissivaijerin hissikoriin ja vastapainoon kiihdytyksen aikana kohdistamat voimat.
- (b) Kuinka suuria ovat hissien nopeus ja moottorin tuottama mekaaninen teho, kun hissien liikkeellelähdestä on kulunut 0,80 sekuntia?



(a) Valitaan voimien positiiviset suunnat kuten yllä olevassa kuvassa. Hissikoriin vaikuttavat painovoima ja vaijerin jännitysvoima. Vastapainoon vaikuttavat painovoima ja vaijerin jännitysvoima. Hissin nopeus hetkellä $t_1 = 0$ on $v_1 = 0$ m/s ja hetkellä $t_2 = 1,2$ s nopeus on $v_2 = 1,6$ m/s. Näiden perusteella hissikoriin ja vastapainon kiihtyvyys on $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = 1,333 \text{ m/s}^2$. (1p kiihtyvyyden lauseke ja/ tai oikea arvo)

Newtonin 2. lain perusteella saadaan hissille ja vastapainolle

$$m_H a = F_H - m_H g, \quad m_V a = F_V - m_V g \quad (2p+2p oikeat liikeyhtälöt)$$

Ratkaistaan voimat F_H ja F_V . Sijoittamalla tunnetut massat ja kiihtyvyydet saadaan $F_H = 9,2 \text{ kN}$ ja $F_V = 5,7 \text{ kN}$.

(2p oikea lopputulos)

(b) Hetkellä $t=0.80$ s, hissien ja vastapainon nopeus on $v = at = 1,066 \text{ m/s}$. (2p lauseke ja/ tai arvo) Mekaaninen teho on

$$P = (F_H - F_V)v = 3,8 \text{ kW}.$$

(2p tehon oikeasta lausekkeesta ja 2p oikea lopputulos)

Tehtävä 2. (15 p)

Merenpinnan nousu on ollut 2000-luvulla useita millimetrejä vuodessa. Tämä on seurausta muun muassa meriveden lämpölaajenemisesta. On arvioitu, että merien vuodessa keräämä lämpömäärä on $1,3 \cdot 10^{22}$ J. Laske, kuinka suuri on lämpölaajenemisen aiheuttama merenpinnan korkeuden muutos vuodessa. Käytä alla annettuja meriveden ominaisuuksien keskiarvoja, ja voit olettaa, että merien pinta-ala pysyy vakiona.

Merien pinta-ala	$3,6 \cdot 10^8 \text{ km}^2$
Merien syvyys	3700 m
Meriveden tiheys	1030 kg/m^3
Tilavuuden lämpötilakerroin merivedelle	$1,37 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$
Ominaislämpökapasiteetti merivedelle	$3,96 \text{ kJ/(kg K)}$

Meriveden tilavuus (V) saadaan alan (A) ja syvyyden (d) avulla:

$$V = Ad \quad (1\text{p})$$

Meriveden massa (m) saadaan tiheyden (ρ) avulla:

$$m = \rho V \quad (1\text{p})$$

Meriveden lämpökapasiteetti C saadaan ominaislämpökapasiteetin (c) avulla:

$$C = cm \quad (1\text{p})$$

Lämpötilanmuutos (ΔT) saadaan annetun lämpömäärän (Q) nojalla:

$$\Delta T = \frac{Q}{cm} = \frac{Q}{c\rho Ad} \quad (1\text{p} + 1\text{p} + 1\text{p})$$

Jolloin sijoittamalla annetut lukuarvot saadaan:

(1p yksikkömuunnoksista taulukkoarvoissa)

$$\Delta T \approx 0,0024 \text{ K}$$

Tämä lämpötilan nousu aiheuttaa lämpölaajenemisen $\Delta V = \gamma V \Delta T$, missä γ on tilavuuden lämpötilakerroin (1p)

Oletetaan nyt, että tilavuuden muutos ei muuta merien pinta-alaa, vaan ainoastaan niiden syvyyttä, eli $\Delta V = A\Delta h$. (1p)

Tällöin merenpinnan nousuksi Δh saadaan:

$$\Delta h = \frac{\gamma V \Delta T}{A} = \frac{\gamma V Q}{A c \rho V} = \frac{\gamma Q}{A c \rho} \quad (1\text{p} + 1\text{p} + 1\text{p} + 1\text{p})$$

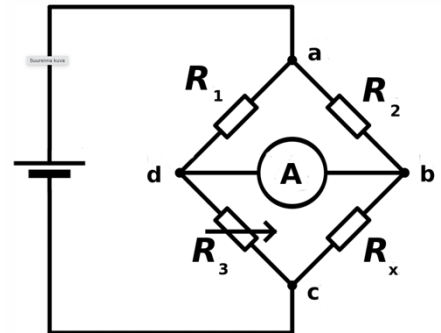
Sijoittamalla tähän annetut lukuarvot oikein saadaan: (1p)

$$\Delta h \approx 1,2 \text{ mm} \quad (1\text{p} \text{ järkevästä ilmoitustarkkuudesta})$$

Tehtävä 3. (10 p)

Oheinen kaaviokuva esittää ns. siltakytkentää, jota voidaan käyttää tuntemattoman resistanssin R_x määrittämiseen. Pisteiden a ja c välille kytketään jännite, jolloin piiriin syntyy sähkövirta. Säätoivastuksen resistanssi R_3 on säädetty niin, että pisteiden b ja d välillä ei ole sähkövirtaa.

- Mikä on sähkövirran suunta jännitelähteen ja pisteen a välillä ja jännitelähteen ja pisteen c välillä? Kumpi sähkövirroista on suurempi, vai ovatko ne yhtä suuret?
- Kuinka suuri jännite on pisteiden b ja d välillä?
- Johda resistanssille R_x lauseke, joka riippuu vain resistansseista R_1 , R_2 ja R_3 .



(a) Virran suunta on jännitelähteestä kohti pistettä a eli suuremmasta pienempään potentiaaliin. Pisteiden c ja jännitelähteen välillä suunta on vastaavasti kohti jännitelähdettä. (1p+1p suunnat oikein). Sähkövirrat ovat yhtä suuret (1p).

(b) Pisteiden b ja d välillä ei ole sähkövirtaa, joten niiden välinen jännite on nolla. (1p+1p oikea vastaus ja perustelu)

(c) Merkitään vastuksen R_i ($i=1,2$) läpi kulkevaa virtaa I_i . Säätoivastuksen R_3 läpi kulkee virta I_1 ja tuntemattoman vastuksen R_x läpi virta I_2 koska pisteiden b ja d välillä ei kulje sähkövirtaa. Tällöin jännitteet pisteiden a ja d sekä pisteiden a ja b välillä ovat yhtä suuret. Ohmin lain mukaan (sovellettu oikein ja oikeat yhtälöt 3p)

$$R_1 I_1 = R_2 I_2$$

Ja vastaavasti

$$R_3 I_1 = R_x I_2$$

Jakamalla yhtälöt keskenään saadaan ratkaistua

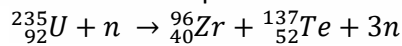
$$R_x = R_2 \frac{R_3}{R_1}$$

(Oikea lauseke 2p)

Tehtävä 4. (12p)

Tutkitaan uraanin ^{235}U isotoopin fissioreaktiota.

- a) Laske kuinka paljon energiaa vapautuu ^{235}U -isotoopin alla kuvatussa fissioreaktiossa:



- b) Uraania käytetään ydinvoimalassa, jonka teho on $1,6 \cdot 10^9 \text{ W}$ ja hyötysuhde 37 %. Kuinka paljon kyseistä ^{235}U isotoopin uraania tarvittaisiin, jotta ydinvoimala voi käydä täydellä teholla yhtäjaksoisesti kuukauden ajan? Anna vastaus kilogrammoina.

Tarvittavat atomimassat ovat: $M_U = 235,044 \text{ u}$, $M_{Zr} = 95,9083 \text{ u}$, $M_{Te} = 136,926 \text{ u}$, $M_n = 1,008 \text{ u}$

- a) Fissioreaktiossa vapautuu energiaa Q massakadon verran: (1p)

$$\text{Eli saadaan: } Q = (\Delta M)c^2 = (M_U + M_n)c^2 - (M_{Zr} + M_{Te} + 3M_n)c^2$$

(1p+1p)

Atomimassat on annettu tehtävänannossa atomimassayksiköissä. Sijoittamalla ne saadaan siis:

$$Q = (0,1937 \text{ u})c^2$$

Käyttämällä muunnosta $u = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (1p) ja valonnopeuden arvoa $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ (1p)

Saadaan $Q \approx 2,88 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ ($\approx 180 \text{ MeV}$) (järkevistä yksiköistä ja arvosta 1p)

- b) Sähköteho P saadaan kun ajassa t tuotetaan energia E hyötysuhteella η : $E = \frac{P}{\eta}t$ (teho-energia-relaatiosta 1p + hyötysuhde huomioitu 1p)

Edellä laskettiin yhden reaktion (yhden uraani-atomin) tuottama energia Q , joten n kpl reaktioita tuottaa energian E :

$$E = nQ \text{ (1p) josta siis } n = \frac{E}{Q}$$

Kuukaudessa tarvittavan uraanin massa saadaan siis kertomalla yhden $^{235}_{92}\text{U}$ -atomin massa reaktioiden lukumäärällä n : (1p)

$$m = nM_U = \frac{PtM_U}{\eta Q} \text{ (1p)}$$

Sijoittamalla annetut arvot saadaan $m \approx 151,9 \text{ kg} \approx 150 \text{ kg}$ (järkevä ilmoitustarkkuus 1p)

Kaavoja

$$I = U/R$$

$$P = UI$$

$$R_{sarja} = R_1 + R_2 + \cdots R_n$$

$$\frac{1}{R_{rinnan}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

$$P = \frac{E}{t}$$

$$W = qU$$

$$F = qvB$$

$$\Delta V = \gamma V \Delta T$$

$$C = cm$$

$$Q = cm\Delta T$$

$$Q = rm$$

$$\eta = P_a/P_o$$

$$F = ma$$

$$M = Fr$$

$$p = mv$$

$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E = mc^2$$

$$\Delta E = hc/\lambda$$

$$p = p_0 + \rho gh$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

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

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$N = \frac{m}{M} N_A$$

$$h = 6.62607 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$$

$$c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ eV} = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$$

$$1 \text{ u} = 1,660540 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$