

Fysikaalisten tieteiden kandiohjelma

Valintakoe 26.5.2023 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 3–16)
 - kaavaliitteet (sivut 17–18)
 - yksi ruutupaperiarkki omia muistiinpanoja varten
 - laskin.
- Tarkista, että olet kirjoittanut nimesi ja henkilötunnuksesi kaikkiin vastauslomakkeisiin.
- Kirjoita vastauksesi
 - suomeksi. 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 (8 pistettä)

Mikä perusvuorovaikutus pitää koossa seuraavat rakenteet:

- a) neutroni
- b) vesimolekyyli
- c) lumikide
- d) galaksi

Perustele lyhyesti, mikä perusvuorovaikutus tarvitaan selittämään mainitut ilmiöt:

- e) sateenkaari
- f) beetahajoaminen
- g) ruuan lämpeneminen mikroaaltouunissa
- h) vuorovesi

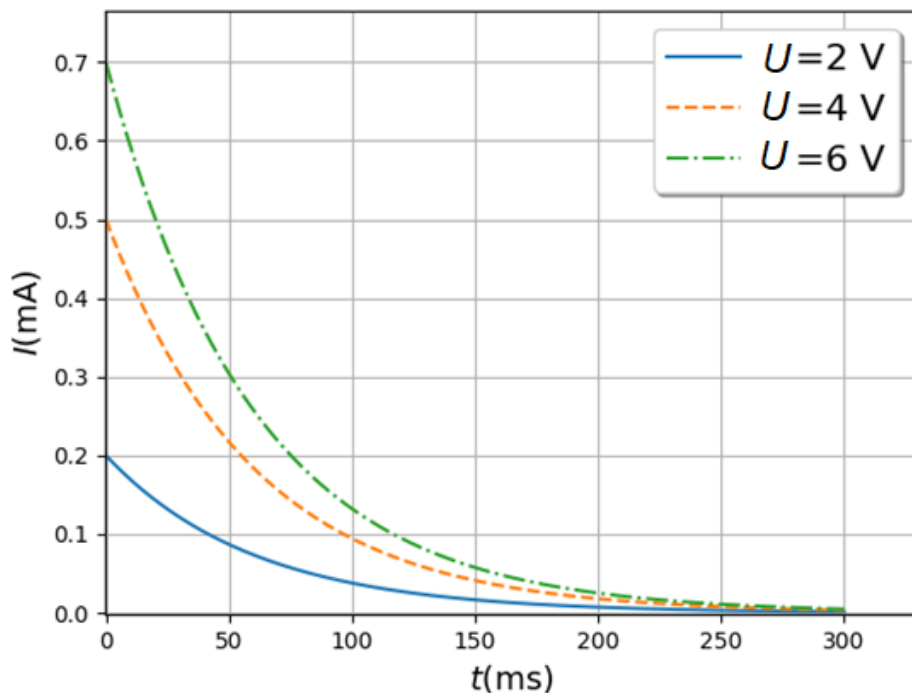
Tehtävä 2 (12 pistettä)

Maija ja Timo rakensivat keinulaudan tasapaksusta ja tasaleveästä lankusta ja tukista. Mihin kohtaan keinulaudan alle tukki on laitettava, jotta lankku olisi vaakasuorassa, kun lapset istuvat lankun päissä? Maijan massa on 28 kg, Timon 17 kg ja lankun 11 kg. Lankun pituus on 3,2 m.



Tehtävä 3 (14 pistettä)

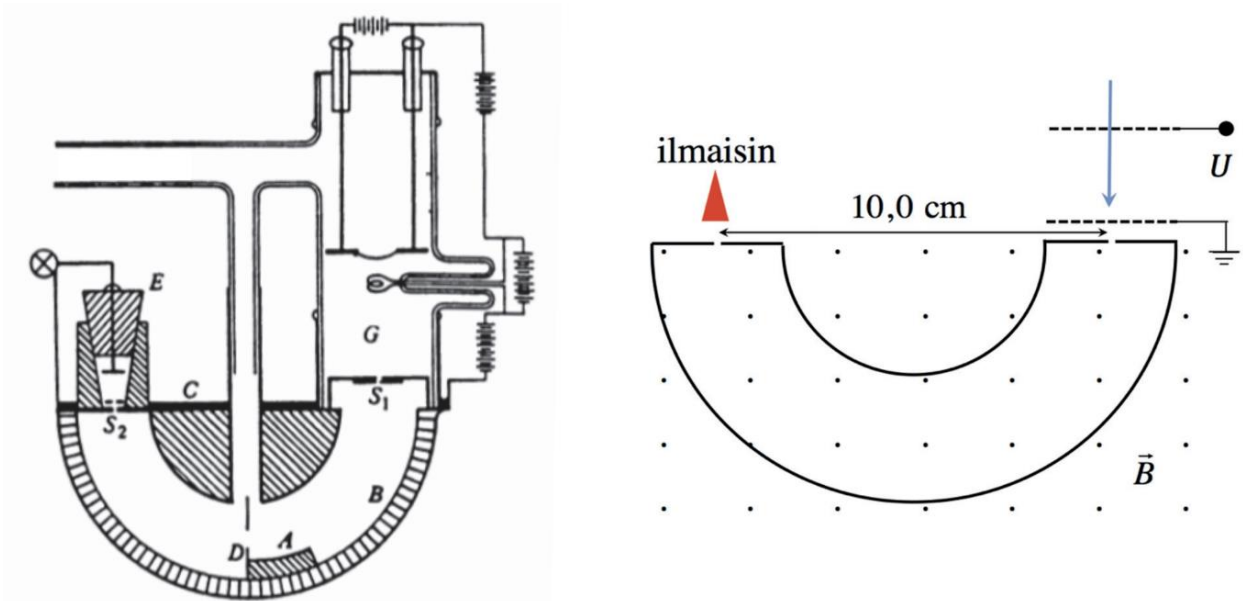
Eräs kondensaattori ladattiin käyttäen kolmea eri jännitteen (U) arvoa: $U=2,0$ V, $U=4,0$ V ja $U=6,0$ V. Kussakin kolmessa tapauksessa kondensaattorin varaus purettiin sarjaan kytketyn vastuksen kautta, ja piirissä kulkenutta sähkövirtaa (I) mitattiin ajan (t) funktiona. Oheisessa kuvaajassa on esitetty mittaustulokset (aika, virta) -kuvaajassa. Määritä kondensaattoriin latautunut varaus kussakin tapauksessa. Esitä määrittämäsi varauksen arvot käytetyn jännitteen funktiona eli piirrä (jännite, varaus)-kuvaaja. Määritä mikä oli kondensaattorin kapasitanssi.



Tehtävä 4 (16 pistettä)

A.J. Dempster rakensi sata vuotta sitten aikansa muihin laitteisiin verrattuna yliveraisen massaspektrometrin. Hän pyrki selvittämään muun muassa magnesiumin eri isotooppien pitoisuuksia. Ohessa on kuva alkuperäisestä julkaisusta* ja sen perusteella piirretty yksinkertaistus.

Tutkittavat metalli-ionit (Mg^+ , atomimassa $M = 23,9850423 \text{ u}$ ja varaus $q = 1,602176 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) kiihdyttiin käyttäen jännitettä U . Tämän jälkeen ne ohjattiin pienen sisäänmenoaukon läpi spektrometrikammioon. Ioneista pystyttiin havaitsemaan ne, jotka osuivat ulostuloaukkoon ja sieltä edelleen ilmaisimelle. Massaspektrometrin kammio oli sijoitettu homogeeniseen magneettikenttään, jonka magneettivuon tiheys oli $0,520 \text{ T}$ ja jonka suunta oli kuvassa paperista kohti katsojaa. Aukkojen keskikohtien välinen etäisyys oli $10,00 \text{ cm}$ ja kummankin aukon leveys $1,4 \text{ mm}$. Millaista kiihdytysjännitettä tulee käyttää, jotta tutkittava magnesiumin isotooppi päätyy ilmaisimelle? Nimeä vastauksessa käyttämäsi fysikaaliset lait ja mallit.



*A.J. Dempster, Phys Rev 11 (1918) 316

Kaavoja:

$$I = U/R$$

$$P = UI$$

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

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

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$C = \frac{q}{U}$$

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

$$W = qU$$

$$F = qvB$$

$$Q = cm\Delta T$$

$$Q = rm$$

$$\eta = P_a/P_o$$

$$F = ma$$

$$M = Fr$$

$$p = mv$$

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

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

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

$$E = mc^2$$

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

$$p = p_0 + \rho gh$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

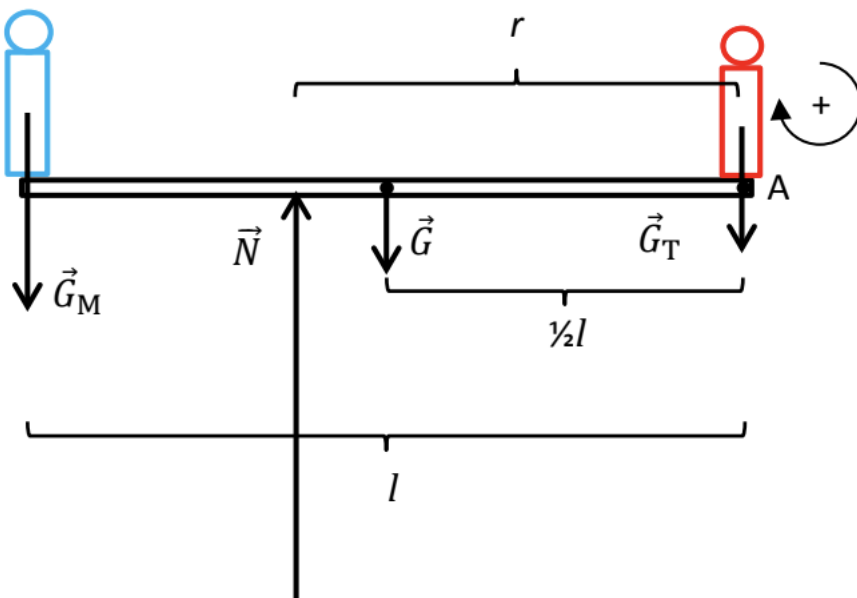
Arviointiperusteet

Tehtävä 1

Kohdissa a-d riittää pelkkä vuorov. nimeäminen; kohdissa e-h on oltava lisäksi hyväksyttävä perustelu täysiin pisteisiin

- vahva vuorovaikutus 1p
- sähkömagneettinen vuorovaikutus 1p
- sähkömagneettinen vuorovaikutus 1p
- gravitaatio 1p
- sähkömagneettinen vuorovaikutus, koska sateenkaari syntyy näkyvän valon, joka on sähkömagneettista säteilyä, dispersiosta (vuorovaikutus 0,5 p + selitys 0,5 p)
- heikko vuorovaikutus, koska beetahajoamisessa ytimen neutroni tai protoni hajoaa heikon vuorovaikutuksen vaikuttaessa (vuorovaikutus 0,5 p + selitys 0,5 p)
- sähkömagneettinen vuorovaikutus, koska ruuan lämpeneminen perustuu siihen että mikroaallot, jotka ovat sähkömagneettista säteilyä, saavat molekyylit värähtelemään (vuorovaikutus 0,5 p + selitys 0,5 p)
- gravitaatio, koska Kuun vetovoima aiheuttaa vuorovesi-ilmiön (vuorovaikutus 0,5 p + selitys 0,5 p)

Tehtävä 2



Voimatasapaino: $N - G_M - G - G_T = 0$, josta tukivoima $N = G_M + G + G_T$.

Valitaan momenttipisteeksi laudan pää A, jossa Timo istuu.

Momenttitasapaino: $Nr - G\frac{l}{2} - G_M l = 0$.

Tukivoiman etäisyys momenttipisteestä A:

$$r = \frac{G\frac{l}{2} + G_M l}{N} = \frac{\left(\frac{G}{2} + G_M\right)l}{G_M + G + G_T} = \frac{\left(\frac{m}{2} + m_M\right)l}{m_M + m + m_T} = 1,9 \text{ m}$$

Halko on asetettava 1,9 metrin päähän siitä päästä, jossa Timo istuu (tai 1,3 metrin päähän siitä päästä jossa Maija istuu).

Hyvässä vastauksessa on piirretty voimakuvio (3p) johon on merkitty momenttipiste (1p).

Voimatasapaino ja momenttitasapaino on mainittu ja esitetty yhtälöinä (4p). Tukivoiman etäisyyden suureyhtälö (2p) ja oikea lopputulos (2p).

Tehtävä 3

Kondensaattorin varaus saadaan (aika, virta)-kuvaajasta fysikaalisena pinta-alana, koska pätee

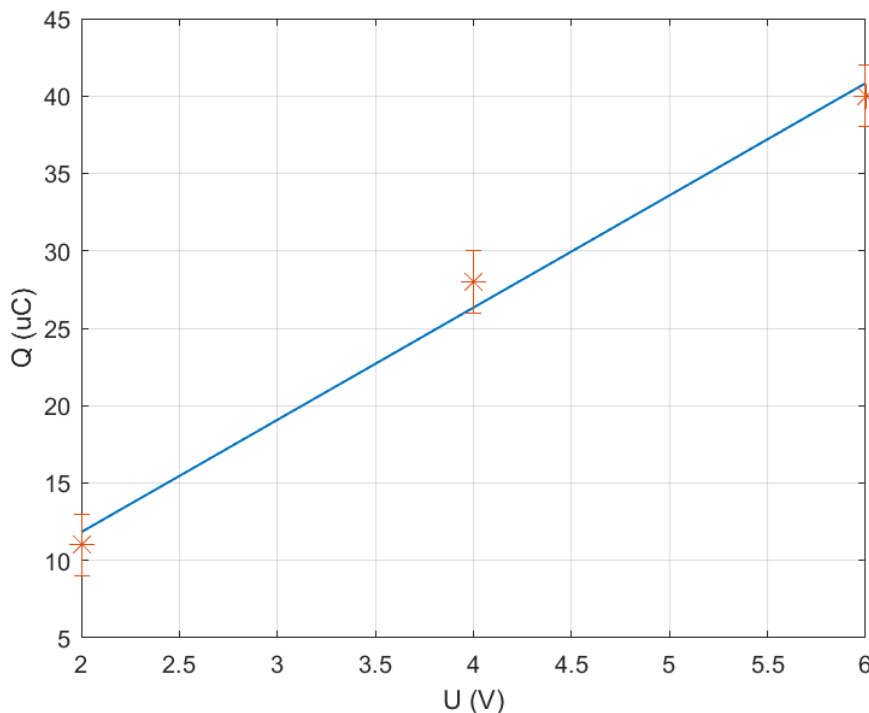
$$Q = \int I(t) dt$$

Määritetään annetusta kuvaajasta siis kunkin käyrän alle jäävä pinta-ala graafisesti arvioiden eli käyttäen hyväksi tietoa, että kuvaajassa yhden ruudun ala vastaa varausta: $Q_1 = 50 \cdot 10^{-3} s \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} A = 5,0 \mu C$ (1 p varauksen määritelmästä ja 1p yhdistämisestä pinta-alaan, 3p oikeista varauksen arvoista huom: ilmoitustarkkuuden oltava järkevä!)

eli käyrien alle jäävien pinta-alojen avulla saadaan arvioitua seuraavat arvot:

U (V)	2,0	4,0	6,0
Q (μC)	11 \pm 2	28 \pm 2	40 \pm 2

piirretään kuvaaja käsin (pisteytys: 1p jos asteikot järkevät + 1p jos akselit nimetty ja yksiköt esillä + 2p jos mittauspisteet sijaitsee oikein + 1p jos suoran esitys näkyvissä) (jännite, varaus) kuvaajan pitäisi siis näyttää seuraavalta:



Kuvaajan kulmakerroin on kysytty kondensaattorin kapasitanssi (määritelmänsä mukaan $C = Q/U$), joten määrittämällä kuvaajan kulmakerroin saadaan noin: $C = 7,3 \pm 0,5 \mu F$

(1p määritelmästä, 2p kulmakertoimen oikeasta määrittämisestä, 1p sopivasta ilmoitustarkkuudesta: ei tarvitse olla edes virherajoja esillä, mutta järkevä yhden(-kahden) desimaalin tarkkuus) yht. 14p

Tehtävä 4

Sähkökentässä ionien kiihdyttämiseksi tehtävä työ, $W = qU$, josta seuraa ioneille liike-energia $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = qU$, missä v on nopeus, jolla ionit tulevat spektrometrikammiossa olevaan magneettikenttään.

Näistä saadaan ratkaistua potentiaaliero,

$$U = \frac{mv^2}{2q}.$$

Magneettikentässä ioniin kohdistuu magneettinen voima. Ioni tulee kohtisuoraan magneettikenttään, jolloin voiman suuruus on $F = qvB$.

Voiman suuna on kohtisuorassa nopeutta ja magneettivuon tiheyttä vastaan, eli ionin lentorata on ympyrä, jonka säde on r . Ympyräradalla ionin kiihtyvyys on keskeiskiihtyvyyttä.

Newton II: $qvB = mv^2/r$.

Ratkaistaan nopeus, $v = qBr/m$, ja sijoitetaan kiihdytysjännitteen lausekkeeseen

$$U = \frac{qB^2r^2}{2m}.$$

Sijoittamalla lukuarvot saadaan $U=1360$ V.

Hyvässä vastauksessa potentiaalieron suureyhtälö on perusteltu sähkökentän tekemällä työn ja kineettisen energian lausekkeiden avulla (6p).

Magneettiselle voimalle on annettu lauseke (2p). Dynamiikan perusyhtälö tai Newton II mainittu (2p) ja keskeiskiihtyvyys (2p). Nopeuden suureyhtälö tai kiihdytysjännitteen suureyhtälö (2p) ja oikea lopputulos (2p).