

Osa 1: Tehtävät

1. Monivalinta 40 p.

1.1 Sähkövirran yksikkö on 2 p.

PERUSTELU

Sähkövirran yksiköksi on määritelty ampeeri. Jännitteen yksikkö on voltti, resistanssin yksikkö ohmi ja kondensaattorin kapasitanssin yksikkö faradi.

ampeeri.

1.2 Virtapiirissä on jännitelähde ja vastus. Jos vastuksen tilalle kytketään kolme samanlaista vastusta sarjaan, 2 p.

PERUSTELU

Kytettäessä vastuksia sarjaan, tulee piirin kokonaisresistanssi kasvamaan. Kokonaisresistanssi saadaan yksittäisten sarjaankytkettyjen vastusten resistanssien summana $R_{tot} = \Sigma R_i$.

Ohmin laista $U = RI$ saadaan virtapiirin läpi kulkevalle virralle $I = \frac{U}{R}$. Piirin kokonaisresistanssin kasvaessa piirin läpi kulkeva sähkövirta pienenee.

pienennetään virtapiirissä kulkevaa virtaa.

1.3 Yksinkertaisessa virtapiirissä kytketään toinen lamppu rinnan yhden lampun kanssa. Tällöin virtapiirin tehonkulutus 2 p.

PERUSTELU

Piirin tehonkulutus saadaan tehon määritelmästä ja Ohmin laista kokonaisresistanssin avulla. Kun yhden lampun resistanssi on R:

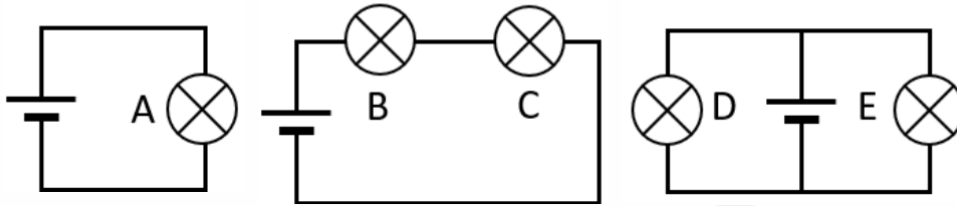
$$P = UI = \frac{U^2}{R_{\text{kok}}} = \frac{U^2}{R}$$

Kun kytketään toinen vastus ensimmäisen rinnalle, kokonaisresistanssi puolittuu ja lamppujen jännite pysyy saman suuruisena. Tällöin teho on kaksinkertainen.

$$P = \frac{U^2}{R_{\text{kok}}} = \frac{U^2}{\frac{R}{2}} = 2 \cdot \frac{U^2}{R}$$

kaksinkertaistuu.

1.4 Kuvien virtapiireissä lamput ovat keskenään samanlaisia ja paristojen jännite on jokaisessa virtapiirissä yhtä suuri. Paristot ovat ideaalisia.



Mikä on lampujen kirkkausjärjestys kirkkaimmasta himmeimpään? 2 p.

PERUSTELU

Lampun kirkkaus on sitä suurempi, mitä suurempi on jännite lampun napojen välillä. Lampujen A, D ja E jännite on yhtä suuri kuin pariston jännite, joten ne ovat yhtä kirkkaita. Lampujen B ja C jännitteet ovat keskenään yhtä suuret, mutta pienemmät kuin lampujen A, D ja E. Ne ovat siis himmeämpiä.

$$D = E = A > B = C$$

1.5 Rinnankytketyissä vastuksissa 2 p.

PERUSTELU

Kun vastukset kytketään rinnan, jokaisen vastuksen päät on kytketty suoraan samaan kahteen pisteeseen, eli kaikki vastukset ovat kiinni samassa jännitelähteessä. Tällöin kaikkien vastusten yli vaikuttaa sama jännite.

yksittäisen komponentin jännitehäviö on yhtä suuri kuin koko rinnankytkennän jännitehäviö.

1.6 Vastuslangan resistanssi on sitä suurempi, mitä 2 p.

PERUSTELU

Langan resistanssi kasvaa kaavan $R = \rho \frac{L}{A}$ mukaan, kun pituus L kasvaa, resistiivisyys ρ kasvaa ja poikki-pinta-ala A ja paksuus pienenevät.

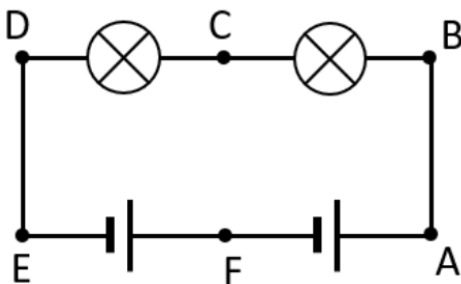
pidempi lanka on.

1.7 Kuvan virtapiirin lamput saadaan sammumaan yhdistämällä johtimella kaksi pistettä toisiinsa. Mitkä kaksi? 2 p.

PERUSTELU

Pisteet A ja D yhdistävä johdin synnyttää sähkövirralle reitin, jonka resistanssi on mitättömän pieni. Sähkövirta ohittaa molemmat lamput.

Pisteet A ja D.



1.8 Kuormitetusta jännitelähteestä mitattu jännite on 2 p.

PERUSTELU

Kuormitetusta jännitelähteestä mitattu jännite on pienempi, kuin kuormittamattoman jännitelähteen jännite. Ilmiö johtuu jännitelähteen sisäisestä resistanssista.

Kuormitetun jännitelähteen jännite voidaan laskea kaavalla $U = E - R_s I$, missä E on kuormittamattoman jännitelähteen jännite, R_s jännitelähteen sisäinen resistanssi ja I virtapiirin läpi kulkeva sähkövirta.

pienempi, kuin kuormittamattoman jännitelähteen jännite.

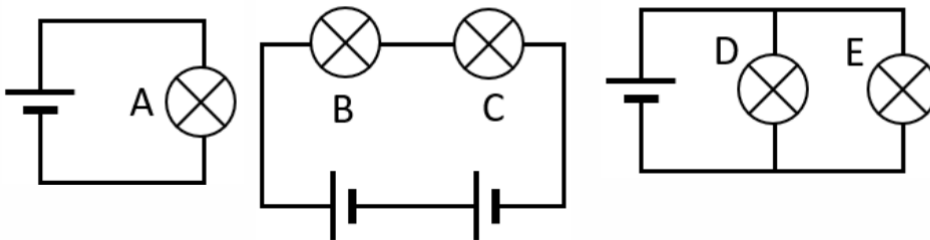
1.9 Ideaalisessa jännitelähteessä 2 p.

PERUSTELU

Ideaalisessa jännitelähteessä ei sisäistä resistanssia ole. Tämä tietenkin aiheuttaa sen, että jännitelähteestä mitattu napajännite ei muutu kuormituksen muuttuessa, jolloin myös napajännite on yhtä suuri kuin lähdejännite. Nämä ovat kuitenkin seuraus siitä, ettei jännitelähteellä ole sisäistä resistanssia, ei ideaalisuuden syy.

sisäinen resistanssi on merkityksettömän pieni.

1.10 Kuvan virtapiirissä lamput ovat keskenään samanlaisia ja lähdejännite on jokaisessa paristossa yhtä suuri. Paristoilla on pieni sisäinen resistanssi.



Mikä lamppu tai mitkä lamput valaisevat kirkkaimmin? 2 p.

PERUSTELU

Paristossa tapahtuu pieni jännitehäviö sisäisen resistanssin takia. Paristosta tuleva sähkövirta lamput D ja E on suurempi kuin paristosta A saatava sähkövirta, jolloin jännitehäviö paristossa on suurempi. Lamput D ja E ovat siis hieman himmeämpiä kuin lamppu A. Lamput B ja C on kytketty sarjaan. Sähkövirta on yhtä suuri kuin lampun A tapauksessa, koska jännitteen ja kokonaisresistanssin suhde on yhtä suuri. Molemmissa paristoissa jännitehäviö on yhtä suuri kuin kytkennässä A, joten lamput B ja C ovat yhtä kirkkaita kuin lamppu A.

Lamput A, B ja C ovat kirkkaimmat.

1.11 Kaksi protonia on yhden metrin etäisyydellä toisistaan. Protoneihin kohdistuva sähköinen voima on **2 p.**

PERUSTELU

$$m_p = 1,6726210 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{Protonin paino } G_p = m_p g = 1,6726210 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,6408... \cdot 10^{-26} \text{ N} \approx 1,6 \cdot 10^{-26} \text{ N}$$

Protonin varaus

$$Q = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

ja protonien välinen etäisyys $r = 1 \text{ m}$.

Coulombin lain vakio $k = 8,987551767 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ Protonien välinen sähköinen voima

$$F_s = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = k \frac{Q^2}{r^2}$$

$$F_s = 8,987551767 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{(1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{(1 \text{ m})^2}$$

$$F_s = 2,3070775... \cdot 10^{-28} \text{ N} \approx 2,3 \cdot 10^{-28} \text{ N}$$

Sähköinen voima on siis pienempi, kuin niihin kohdistuva painovoima.

pienempi, kuin niihin kohdistuva painovoima.

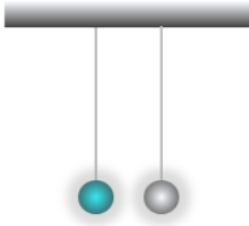
1.12 Varattu johdepallo sisältää positiivisen varauksen $10Q$. Varatulla johdepallolla kosketetaan varaamatonta johdepalloa. Tämän seurauksena **2 p.**

PERUSTELU

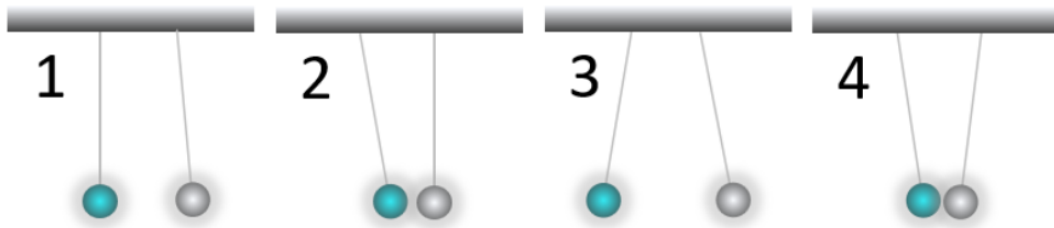
Pallojen välinen varausero purkautuu ja korkeammassa potentiaalissa oleva varattu pallo luovuttaa varaustaan varaamattomalle pallolle, kunnes varausero ei enää ole. Lopputuloksena molemmat pallot saavat saman varauksen $5Q$.

molemmat pallot saavat varauksen $5Q$.

1.13 Kaksi samanlaista kevyttä palloa maalataan metallimaalilla ja ripustetaan pellavalangoilla vierekkäin kuvan mukaisesti.



Siniselle pallolle tuodaan pieni sähkövaraus ja sen jälkeen harmaan pallon annetaan koskettaa sinistä palloa. Pallot asettuvat hetken päästä paikoilleen.



Mikä tilanteista kuvaa pallojen paikkaa niiden asetuttua paikoilleen?

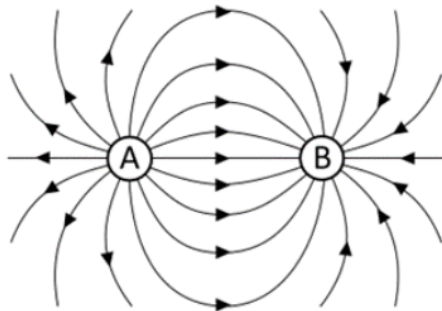
2 p.

PERUSTELU

Molemmat pallot varautuvat samanmerkkisesti. Pallojen välillä vaikuttaa sähköinen poistovoima, joka on yhtä suuri kumpaankin palloon. Kun pallojen niiden massat ovat yhtä suuria ja langat yhtä pitkiä, pallot asettuvat symmetrisesti ripustuspuisteisiin nähden.

Tilanne 3.

1.14 Kuvassa on esitetty kahden sähkövarauksen synnyttämä sähkökenttä.



Mitä sähkövarauksista voidaan päätellä kentän perusteella? 2 p.

PERUSTELU

Kenttä on varausten välissä symmetrinen, joten varaukset ovat yhtä suuria. Kenttäviivat lähtevät positiivisesta varauksesta ja päättyvät negatiiviseen varaukseen, joten A on positiivinen ja B negatiivinen varaus.

Varaukset ovat yhtä suuria.

1.15 Negatiivinen hiukkanen saa sähkökentässä **2 p.**

PERUSTELU

Sähkökentän suunta on sovittu positiivisesta negatiiviseen. Sähkökentässä varattuun hiukkaseen kohdistuu voima $\vec{F} = Q\vec{E}$, jossa Q on varauksen suuruus ja E on sähkökentän voimakkuus.

Negatiivinen hiukkanen kokee hylkimisvoiman sähkökentän muodostavasta negatiivisesta varausjakaumasta ja vastaavasti vetovoiman sähkökentän muodostamaan positiiviseen varausjakaumaan.

Negatiivinen hiukkanen saa sähkökentässä siis kiihtyvyyden, jonka suunta on sähkökentän suuntaa vastaan.

kiihtyvyyden, jonka suunta on sähkökentän suuntaa vastaan.

1.16 Kaksi levykondensaattorin levyä on varattu erimerkkisesti. Kondensaattorilevyjen välissä on ilmaa. Jos levyt siirretään lähemmäs toisiaan, **2 p.**

PERUSTELU

Sähkökenttä kondensaattorilevyjen välissä kasvaa levyjen etäisyyden pienentyessä. Sähkökentän voimakkuus on $E = \frac{U}{d}$, jossa U on levyjen välinen jännite ja d levyjen välinen välimatka. Kun sähkökenttä kasvaa riittävästi, se ionisoi väliaineen, jolloin väliaine muuttuu johtavaksi. Tämä aiheuttaa läpilyönnin.

varausero purkautuu näkyvänä virtapiikkinä levyjen välissä.

1.17 Kondensaattori ladataan ja puretaan. Mikä seuraavista kuvaajista esittää latautumista ja purkautumista oikein? **2 p.**

PERUSTELU

Kondensaattorin jännite on aluksi nolla kuten sähkövarauskin. Kun kondensaattoria ladataan, sen jännite ja varaus kasvavat aluksi nopeasti. Latausvirran täytyy olla alussa suuri, koska varauksia siirtyy nopeasti. Kondensaattorin jännitteen kasvu hidastuu sen lähestyessä latausjännitteen arvoa, jolloin sähkövirta pienenee.

Kun kondensaattorin sähkövaraus puretaan, varauksia siirtyy aluksi nopeasti, jolloin sähkövirta on suuri ja jännitteen lasku nopeaa.

Kuvaaja 1 on mahdoton, koska jännitteen muutosnopeus on lineaarinen. Kuvaaja 3 ei käy koska latausvirta jatkaa kasvamistaan. Kuvaaja 4 esittää sähkövirran suuruuden latautuessa ja purkautuessa oikein, mutta purkausvirran pitäisi olla latausvirtaan nähden vastakkaismerkkinen eli kuvaajassa toisen piikin pitäisi olla aika-akselin alapuolella.

Kuvaaja 2.

1.18 Diodi voidaan valmistaa **2 p.**

PERUSTELU

Pelkkä puolijohdemateriaali ilman epäpuhtausatomeja on huono johdin, sillä vapaita varauksenkuljettajia ei ole riittävästi.

Kaksi johdinlevyä, joiden välissä on eriste muodostaisi kondensaattorin.

Pelkkä vastuslanka toimisi vastuksena, eikä diodille ominaista sähkövirran estosuuntaa havaittaisi.

Jos diodi valmistetaan kahdesta puolijohdeesta, joissa on pinnalla ns. epäpuhtausatomeja saadaan toimiva diodi. Epäpuhtausatomit lisäävät varauksenkuljettajia puolijohdeessa.

kahdesta puolijohdeesta, joissa on pinnalla ns. epäpuhtausatomeja.

1.19 Kodeissa pistorasiat ja valaisimet on yleensä kytketty **2 p.**

PERUSTELU

Pistorasiat ovat kodeissa kytketty yleensä rinnan. Tällöin sähkövirran kulku käytettävään sähkökäyttöiseen komponenttiin ei esty, vaikka kaikki pistorasioihin kytketyt sähkölaitteet eivät olisikaan käytössä.

rinnan.

1.20 Mitä tehdään ensimmäiseksi, kun kohdataan sähkötapaturman uhri? **2 p.**

PERUSTELU

Arvioidaan tilanne ja huolehditaan omasta turvallisuudesta. Ennen kuin uhria voidaan auttaa, on viisainta katkaista sähkö pääkytkimestä.

Katkaistaan sähkövirta pääkytkimestä.