

## 5 Sähkökenttä vaikuttaa aineeseen

5-3.

Monivalintatehtävä

- a) Kun metallikappale tuodaan sähkökenttään,
- sähköinen voima siirtää kentässä olevan johdekappaleen vapaita elektroneja kentän suunnassa kohti kappaleen reunaa
  - **sähköinen voima siirtää kentässä olevan johdekappaleen vapaita elektroneja kentän suuntaa vastaan kohti kappaleen reunaa**
  - kappaleen sisällä sähkökentän voimakkuus on nolla vain jos kappale on ontto
  - **kappaleen sisällä sähkökentän voimakkuus on aina nolla.**
- b) Sähkökentän johteessa aiheuttamaa varausten erottumista sanotaan
- polaroidiksi
  - polarisoitumiseksi
  - fluoresenssiksi
  - **influenssiksi.**
- c) Varatussa johdekappaleessa
- **sähkövaraukset ovat sen pinnalla**
  - varaustiheys on suuri kappaleen keskellä
  - **varaustiheys on suuri kappaleen ulospäin kaarevissa pinnoissa ja kärjissä**
  - **sähkökentän voimakkuus on kärjen läheisyydessä suuri**
  - **sähkökentän voimakkuus kappaleen sisällä on nolla.**
- d) Jos eristekappaleen lähelle tuodaan varattu kappale,
- **eristekappaleen molekyylit kääntyvät eristeen sisällä sähkökentän suuntaisiksi**
  - **eristekappaleessa tapahtuu rakennehiukkasten polarisoitumista**
  - eristekappaleen sähkövaraukset siirtyvät kappaleen pinnalle
  - **eristekappaleen sähkövaraukset eivät siirry kappaleen pinnalle.**

5-4.

johde	influenssi
sähkökentän voimakkuus on nolla	johdekappaleen sisällä
eriste	sähköinen polarisoituminen
dipoli	molekyylin toisen pään osittaisvaraus $+Q$ ja toisen $-Q$

5-5.

Kun kappaleita hangataan toisiaan vasten, osa toisen kappaleen pinnalla olevista elektroneista irtoaa ja siirtyy toiseen kappaleeseen. Tällöin elektroneja vastaanottaneessa kappaleessa on ylimäärä elektroneja, joten sen sähkövaraus on negatiivinen. Toisen kappaleen sähkövaraus on positiivinen, koska siinä on, osan elektroneista siirryttyä toiseen kappaleeseen, enemmän positiivisesti varattuja hiukkasia kuin elektroneja.

Ulkoisen sähkökentän johteessa aiheuttamaa varausten erottumista sanotaan influenssiksi. Metallikappaleessa on vapaita johdinelektroneja, jotka ovat jakautuneet tasaisesti kappaleen pinnalle. Kun metallikappale tuodaan sähkökenttään, sähköinen voima siirtää kentässä olevan johdekappaleen vapaita elektroneja kentän suuntaa vastaan kohti kappaleen reunaa, joka varautuu negatiivisesti. Johdekappaleen vastakkainen reuna jää varaukseltaan positiiviseksi.

Sähkökentässä olevassa eristekappaleessa tapahtuu polarisaatio, jolloin aineen varaukset jakautuvat siten, että kappaleeseen muodostuu positiivisesti ja negatiivisesti varautuneet päät.

## 5 Sähkökenttä vaikuttaa aineeseen

5-6.

Faradayn häkki on sähköä johtavasta materiaalista valmistettu suojus (häkki tai muu yhtenäinen kuori), jonka sisällä ei ole sähkökenttää. Faradayn häkin avulla esimerkiksi herkäät sähkölaitteet voidaan suojata ulkoisen sähkökentän vaikutuksilta asettamalla laitteen ympärille metallisuojaus. Esimerkiksi auton kori muodostaa Faradayn häkin.

5-7.

Kun suuren metallipallon vierelle tuodaan pieni positiivisesti varattu pallo, se vetää puoleensa suuren pallon elektroneja. Suuressa metallipallossa elektroneja siirtyy kohti positiivisesti varattua palloa.



Vastakkaiselle puolelle jää yhtä suuri määrä positiivista varausta. Oheisen kuvan esittämä suuren pallon varaus on nolla, pienen pallon puolella on negatiivinen varaus ja vastakkaisella puolella yhtä suuri positiivinen varaus. Suuressa pallossa on tapahtunut sähköinen influenssi.

5-8.

- a) Vesimolekyylit ovat dipoleja. Vesimolekyylin hapella on negatiivinen ja vedyillä positiivinen osittaisvaraus. Viivaimen sähkövaraus on positiivinen. Koska viivaimen sähkökenttä on epähomogeeninen, viivainta lähempänä olevaan vesimolekyylin negatiiviseen osittaisvaraukseen kohdistuva vetovoima on suurempi kuin positiiviseen osittaisvaraukseen kohdistuva hylkivä voima. Siksi vesinoro taipuu positiivisesti varattua viivainta kohti.

Samoin tapahtuu myös, kun vesinoron lähelle tuodaan negatiivisesti varattu kappale kuten lasisauva. Molemmissa tapauksissa vesinoro taipuu sauvaa kohti.

- b) Varattu ilmapallo vaikuttaa sähköisesti neutraaliin kattoon tai tapettiin siten, että tapetin omat sähkövaraukset järjestäytyvät. Oletetaan, että ilmapallon varaus on positiivinen. Silloin se vetää puoleensa tapetin pinnan elektroneja. Eristeen (tapetin) varaukset järjestäytyvät eri tavalla ja tapetti vetää ilmapalloa puoleensa.
- c) Metalleilla on vapaita elektroneja. Eristeissä sähkövarausten muutokset ovat paikallisia, sillä elektronit eivät voi liikkua pallon pinnalla. Jos johtavaan alumiinipalloon tuodaan varauksia, ne jakautuvat koko pallon pinnalle ja siksi alumiinipallon kokonaisvaraus voi olla suurempi. Jos alumiinipintaista ilmapalloa hankaa, pallon pinnalle voi siirtyä runsaasti sähkövarauksia, ja mahdollisesti syntyvä varausten purkautuminen voi olla hyvinkin voimakas.

5-9.

- a) Pölyhuiskan voi varata sähköisesti esimerkiksi hankaamalla sitä villasormikkailla tai -kankaalla. Kun varattu pölyhuiska viedään lähelle pölyhiukkasia, huiskan sähkökenttä aiheuttaa pölyn atomeissa ja molekyyleissä sähköisen polarisoitumisen. Tästä aiheutuu huiskaan päin kohdistuva sähköinen voima ja pöly tarttuu huiskaan.
- b) Kuivausrummussa vaatteet pyörivät teräksissä rummussa. Hankauksesta johtuen sähkövarauksia voi syntyä runsaastikin. Väite siis pitää paikkansa.

5-10.

Kun negatiivisesti varattu sauva tuodaan ympäristöstään eristetyn metallikappaleen lähelle, sauvan elektronit hylkivät metallipallon vapaita elektroneja, ja sauva aiheuttaa metallipallossa varausten jakautumisen. Sauvasta kauimpana oleva pallon osa varautuu negatiivisesti. Kun tämä osa pallosta yhdistetään maahan, osa negatiivisista varauksista (elektroneista) johtuu maahan. Kun varattua sauvaa pidetään pallon lähellä ja pallo irrotetaan maasta, pallo muuttuu positiivisesti varatuksi.

## 5 Sähkökenttä vaikuttaa aineeseen

5-11.

- Pilvien jää- ja lumikiteiden hankautuminen toisiaan vasten voi kerätä pilviin suuren sähkövarauksen, tyypillisesti kymmeniä coulombeja. Tällöin pilviin sekä maan ja pilvien välille syntyy voimakkaita sähkökenttiä. Pilvien ja maanpinnan välissä on paksu ilmakerros, joka on eriste. Kun maan ja pilvien välinen jännite kohoaa riittävän suureksi (noin kymmenien miljoonien volttien suuruiseksi), ilma ei enää pysty estämään sähkövarauksia purkautumasta; tapahtuu läpilyönti. Tämän seurauksena nähdään valona salaman välähdykset ja kuullaan äänenä ukkosen jyrähdykset. Salamointia voi olla sekä pilvissä että pilvien ja maanpinnan välillä.
- Ukkosen jyrinä johtuu siitä, että salamakanavan kohdalla ilma äkillisesti lämpenee noin  $15\,000\text{ °C}$ :een ja muutaman senttimetrin levyinen kanava laajenee nopeasti. Tällöin syntyy voimakkaita painevaihteluja. Ukkosen jyrinän aiheuttavat pää- ja sivuhaaroissa tapahtuvat purkaukset ja niiden kaiku. Havaitseminen ja salaman välinen etäisyys voidaan arvioida viiveestä, joka esiintyy välähdyksen ja äänen välillä.
- Syöksyvirtaukset ovat ukkospilvien yhteydessä esiintyviä, muutamasta sekunnista muutama minuuttiin kestäviä nopeita ilmavirtauksia, joita kutsutaan myös ukkospuuskiksi. Hyvin suuren ja korkean ukkospilven sisältä alaspäin syöksyvä kylmä ilmavirtaus kääntyy vaakasuuntaan kohdatessaan maan- tai vesipinnan. Virtauksen nopeus on tavallisesti  $15\text{--}20\text{ m/s}$ , mutta nopeus voi olla jopa  $50\text{ m/s}$ . Maan tai veden pinnalla virtaus etenee ja leviää säteittäisesti pilven alta sivusuuntiin. Pahimmillaan ne kaatavat puita ja repivät talojen kattoja irti.
- Salamaniskun ja jyrinän havaitsemisen aikaerosta voi päätellä salaman etäisyyden. Salamanisku ja jyrähdys tapahtuvat samaan aikaan. Äänen nopeus ilmassa on noin  $340\text{ m/s}$ . Lasketaan salamaniskusta sekunteja, kunnes jyrinä kuuluu ja jaetaan saatu sekuntimäärä kolmella: tulos on likimain salaman etäisyys kilometreinä.

5-12.

Pallojen välinen jännite on  $U = Ed = 4,7\text{ kV/mm} \cdot 70\text{ mm} \approx 330\text{ kV}$ .

5-13.

Ilmassa on hiukkasia, jotka polarisoituvat sähkökentässä. Ilmassa on myös ilmankosteudesta aiheutuvia vesimolekyylidipoleja. Kärjen luona on epähomogeeninen sähkökenttä, joten kärki vetää puoleensa tällaisia hiukkasia. Hiukkaset liikkuvat ilmassa myös lämpöliikkeen vaikutuksesta. Näistä syistä johtuen ilmassa olevat molekyylit ja muut hiukkaset törmäilevät nauhageneraattorin sähköisesti varatun kuvun päällä olevaan reaktiorattaaseen. Reaktiorattaan teräviin kärkiin muodostuu erittäin suuri varaus. Varaus on niin suuri, että se riittää ionisoimaan rattaan kärkien lähetyvillä olevaa ilmaa. Syntyneet, rattaan varauksen kanssa samanmerkkiset ionit hylkivät ratasta. Newtonin III lain mukaan rattaaseen aiheutuu voima, ja ratas alkaa pyöriä. Ratas pyörii samaan suuntaan, olipa ratas positiivisesti tai negatiivisesti varautunut.

5-14.

Elektrostaattinen suodatus eli sähkösuodatus poistaa ilmasta pienhiukkasia ja esimerkiksi pölyä. Elektrostaattisessa suodatuksessa hiukkaset aluksi ionisoidaan ja tämän jälkeen ohjataan sähkökenttään. Koska erimerkkiset sähkövaraukset vetävät toisiaan puoleensa, sähkövarauksen saaneet hiukkaset kulkeutuvat vastakkaismerkkisesti varautuneen suodattimen levyille. Keräyslevyihin tarttuneet hiukkaset voidaan irrottaa levystä esimerkiksi ravistamalla tai pesemällä levyt. Sähkösuodattimet ovat tehokkaita. Ne pystyvät erottamaan ilmassa olevasta pölystä yli  $99\%$ , ja voivat poistaa ilmasta jopa alle nanometrinen suuruusluokkaa olevia hiukkasia. Poistokyky riippuu myös hiukkasista, sillä eri hiukkasilla on erilaiset sähköiset ominaisuudet.

## 5 Sähkökenttä vaikuttaa aineeseen

5-15.

Aluksi paperisilppu on sähköisesti neutraalia. Varattu kampa aiheuttaa paperipalasissa sähköisen polarisoitumisen (varausten jakautumisen). Koska erimerkkiset varaukset vetävät toisiaan puoleensa, paperisilppu tarttuu kampaan.