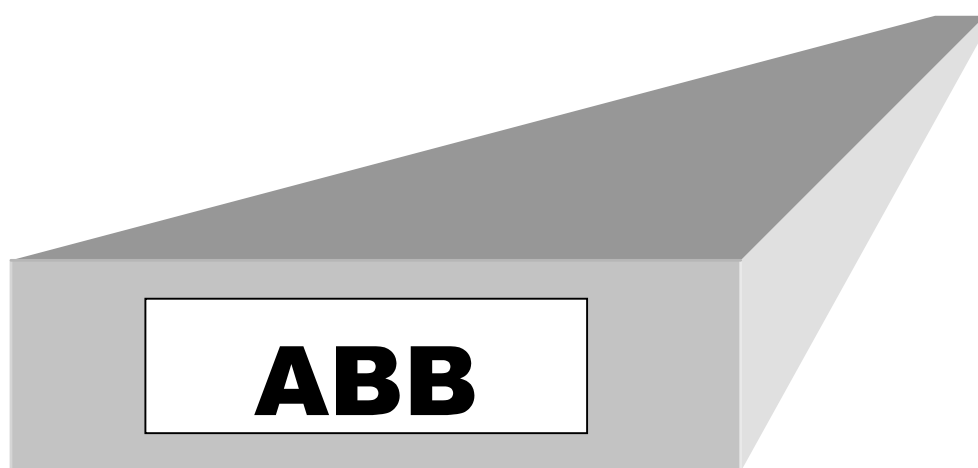


# Fysiikan luokan Työkansio

Peruskoulu ja lukio



# PERUSKOULUN TYÖT (P)      LUKIO TYÖT (L)

P1	Aurinkopaneelitutkimus .....	1
P2	Sähköparit .....	2
P3	Vaihtovirran tutkiminen .....	3
P4	Ohmin laki .....	4
P5	Induktio .....	5
P6	Resistanssin mittaaminen yleismittarilla .....	6
P7	Porrasvalokytkin.....	7
P8	Polarisaatio .....	8
P9	Valon heijastuminen ja taittuminen .....	9
P10	Valon väri .....	10
P11	Linssit.....	11
P12	Loistelampun valaistuksen tutkiminen .....	12
L1	Sähkömagneettinen induktio.....	13
L2	Resonanssi .....	14
L3	Planckin vakion kokeellinen määrittäminen .....	15
L4	Kylmfysiikkaa nestetyypellä .....	16
L5	Hallin ilmiö, Permeabiliteetin määrittäminen .....	17
L6	Pariston napajännite, lähdejännite, sisäinen resistanssi.....	18
L7a	Kondensaattorin latautuminen ja purkaminen yleismittareja käyttäen .....	19
L7b	Kondensaattorin latautuminen ja purkautuminen CBL:ää käyttäen .....	20
L8	Vaihtovirtapiirit .....	21
L9	Muuntaja .....	22
L10	Magneettikenttätutkimuksia .....	23

## TYÖ P1 AURINKOPANEELITUTKIMUS

**Välineet:** kaksi aurinkopaneelia, kaksi yleismittaria, johtimia, kytkentäalusta, lamppu, propelli, valaisin

### Työ A

Mitataan yhdestä paneelista saatava jännite. Miten paneelin osittainen peittäminen vaikuttaa jännitteeseen? Miten valaistuksen lisääminen vaikuttaa jännitteeseen? Miten paneelin kallistuskulma valaisimeen nähden vaikuttaa jännitteeseen?

Vaihdellaan paneelin etäisyyttä valaisimesta. Miten jännite vaihtelee.

### Työ B

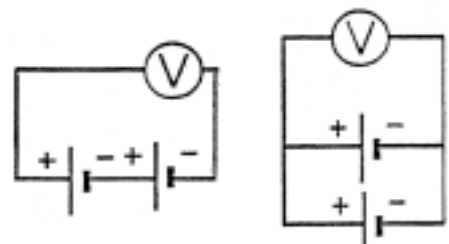
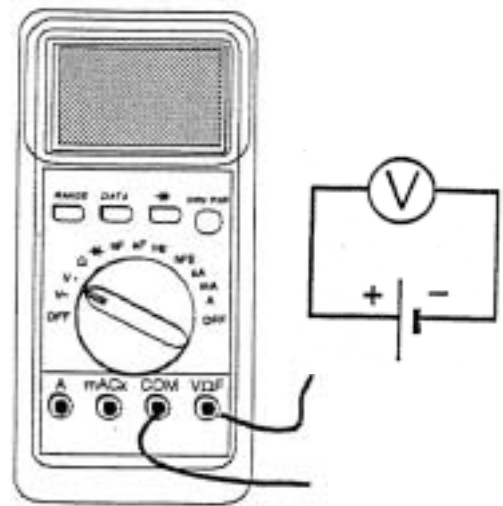
Kytetään kaksi paneelia kytkentäalustan avulla sarjaan.

Mitataan yhdistelmän jännite. Kuinka suuri jännite on yhden paneelin jännitteeseen verrattuna?

Kytetään paneelit rinnan ja mitataan yhdistelmän jännite. Mitä havaitaan?

### Työ C

Rakennetaan kahden sarjaankytketyn aurinkoparin ja propelin muodostama virtapiiri. Käytetään ulkopuolista valaisinta. Kytetään jännitemittari mittaamaan yhdistelmän jännitettä ja ampeerimittari piirin virtaa. Lasketaan aurinkoparin antama teho kertomalla virran ja jännitteen arvot keskenään. Vaihdetaan pieni lamppu propelin paikalle. Palaako lamppu?



## TYÖ P2 SÄHKÖPARIT

### Välineet ja aineet:

- \* johtimia, jännitemittari, hauenleukoja
- \* kaksi lasiastiaa, metallielektrodeja Zn, Pb, Ni, Cu, Cu, Fe, Al, messinki + hiilielektrodi, lasielektrodi, muovielektrodi, fantamehua, ruokaöljyä
- \* paristolla toimiva kello, brazil-appelsiinimehua, kupariliuska, magnesiumnauhaa
- \* kaksi kupari-rauta metalliliitosta, kaksi kynttilää ja tulitikut

**Esitehtävä:** Ota selvää kemian kirjastasi tai lukion taulukkokirjasta, mitä edellä olevat kemialliset merkit tarkoittavat. Miksi messingillä ei ole omaa kemiallista merkkiä?

1. Aseta kuparielektrodi muovilevyn läpi lasiastiaan, jossa on fanta- tai muuta mehua. Yhdistä elektrodi jännitemittariin. Upota vuorotellen elektrodeja, jotka on ensin liitetty jännitemittariin, mehuun ja lue mittarista jännite etumerkkeineen.

Tulokset:

- Cu - lasi
- Cu - muovi
- Cu - Cu
- Cu - Zn
- Cu - Pb
- Cu - C
- Cu - Ni
- Cu - Fe
- Cu - Al
- Cu - messinki



Mikä yhdistelmä antaa jännitettä eli mikä yhdistelmä kelpaa sähköpariksi? Mikähän yhdistelmä antaisi suurimman jännitteen? Kokeile tämän yhdistelmän antamaa jännitettä vedessä ja ruokaöljyssä. Millainen liuoksen pitää olla, jotta saisit jännitteen aikaan?

Aseta mehussa mitaamasi jännitteet suuruusjärjestykseen ja vertaa listaasi lukion taulukkokirjassa olevaan metallien jännitesarjaan.

2. Poista paristo kellosta. Tee jännitelähde magnesiumnauhasta, appelsiinimehusta ja kuparilevystä. Käytä hauenleukoja johtimien kiinnitykseen. Lähteekö kello käyntiin?

3. Rakenna vielä niin sanottu lämpösähköpari. Yhdistä metalliliitosten kupariset osat toisiinsa johtimilla hauenleukoja hyväksikäyttäen. Yhdistä rautapäät jännitemittariin. Mitä mittari näyttää? Aseta toinen liitos kylmään veteen ja kuumenna toista liitosta varovasti kynttilän liekillä. Mitä havaitset? Kuumenna sitten toistakin liitosta kynttilän liekillä. Mitä nyt havaitset, kun molemmat liitokset ovat kuumia? Mikä on jännitteen syntymisen ehto?

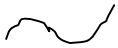
**Lisätehtävä:** Lue sähköparin keksimisestä esimerkiksi kirjasta Ismo Lindell: Sähkötekniikan historia (Otatieto Oy) kohdasta, missä kerrotaan Luigi Galvanista ja Aleksandro Voltasta niin selviää sekin, miksi voltti on jännitteen yksikkö.

## TYÖ P3 VAIHTOVIRRAN TUTKIMINEN

**Välineet:** Taajuusgeneraattori, oskilloskooppi, jännitemittari, kytkentäalusta, lamppu, diodi, lampunpidin

**Esitehtävä:** Ota selvää mitä tarkoittaa sähkölaitteessa merkintä 230V/ 50 Hz.

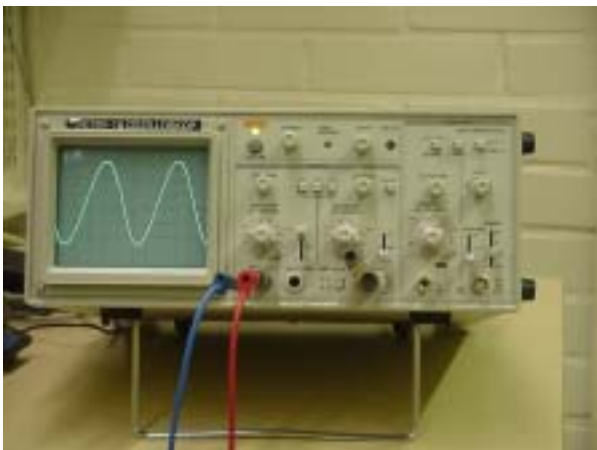
1. Yhdistä lamppu taajuusgeneraattoriin. Kasvata taajuutta nolasta lähtien. Kirjaa havaintosi muistiin. Pysähdy esimerkiksi 5 Hz:n kohdalla ja laske montako kertaa sekunnissa lamppu syttyy ja sammuu. Mitähän yksikkö yksi hertsi tarkoittaa?
2. Kytke lampun paikalle oskilloskooppi ja tutki lampun antamaa jännitettä taajuuksilla 10 Hz, 100 Hz, 1000 Hz ja 10 000 Hz. Miten kuvaaja muuttuu taajuuden kasvaessa? Oskilloskoopin vaaka-akseli esittää aikaa ja pystyakseli jännitettä. Miten jännite vaihtelee ajan funktiona? Kuinka pitkä on yksi jakso?



Mistähän vaihtovirran symboli kuvaa? Tutki oskilloskoopin säätönuppeja ja lue minkä arvojen välissä jännite vaihtelee. Mittaa sama jännite myös tavallisella jännitemittarilla. Mitä mittari näyttää? *Huom. Tavallinen jännitemittari antaa sen tasajännitteen arvon, joka aiheuttaa lampussa tai muussa johtimessa samanlaisen lämpövaikutuksen kuin mitattava vaihtojännite.*

3. Kytke diodi taajuusgeneraattorin ja oskilloskoopin väliin. Miten kuvaajan muoto nyt muuttuu? Mikähän on diodien tehtävä virtapiirissä? Tutki myös sähköparin jännitettä oskilloskoopilla ja tavallisella jännitemittarilla. Mitä havaitset?

**Lisätehtäviä:** Selvitä mitä etuja vaihtovirralla on tasavirtaan verrattuna. Mihin ilmiöön perustuu vaihtovirran kaupallinen tuottaminen (työ P5)?



Oskilloskooppi



Taajuusgeneraattori

## TYÖ P4 OHMIN LAKI

Välineet: 2 yleismittaria, jännitelähde, kytkentäalusta, kolme  $220\ \Omega$ :n vastusta, lamppu, 5 johdinta

Työssä tutkitaan vastusten läpi kulkevan sähkövirran riippuvuutta vastuksen napojen välisestä jännitteestä.

### Työ A

Tehdään oheisen kuvan mukainen kytkentä.

Säädetään jännitelähteestä aluksi hyvin pieni jännite ja luetaan mittareista jännitteen ja virran arvot. Kasvatetaan jännitettä vähitellen ja mitataan virta kuudella eri jännitteen arvolla. Jännite ei saa kuitenkaan ylittää 3,8 voltia. Kokeillaan välillä sormella lämpeneekö vastus.

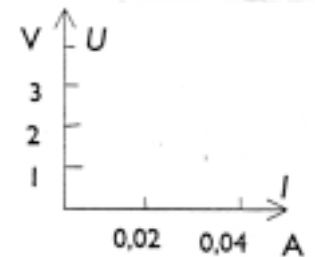
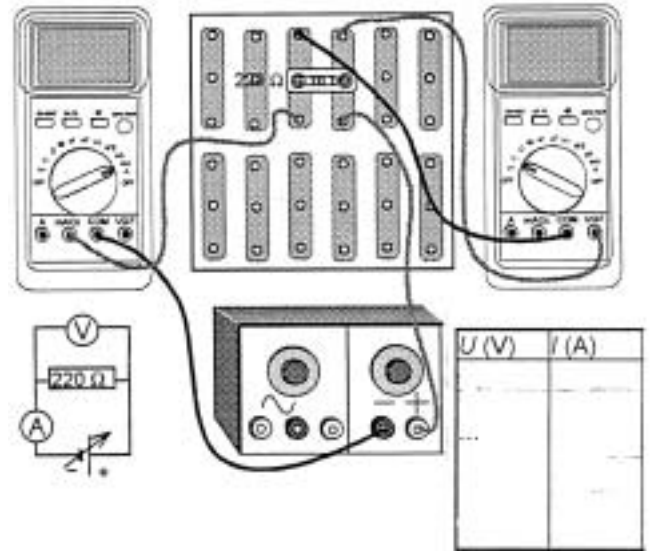
Esitetään tulokset taulukossa ja koordinaatistossa. Piirretään pisteiden avulla origon kautta kulkeva suora siten, että suunnilleen yhtä monta pistettä jää suoran alapuolelle ja yläpuolelle. Vastataan seuraaviin kysymyksiin:

Kuinka suuri virta vastuksen läpi kulkee, kun jännite on 0,5 V?

Kuinka suuri on jännite, jotta vastuksessa kulkisi 0,02 A:n virta?

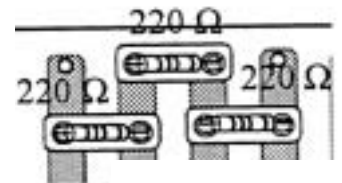
Valitaan suoralta mielivaltainen piste, luetaan akseleilta jännitteen ja virran arvot ja lasketaan jännitteen ja virran suhde. Tutkitaan vielä suoralta valitun toisen pisteen avulla onko jännitteen ja virran suhde sama.

Tätä suhdetta sanotaan vastuksen resistanssiksi ja sen yksikkö on ohmi ( $\Omega$ ).



### Työ B

Toistetaan koe kytkemällä ensin kaksi ja sitten kolme vastusta sarjaan. Piirretään tulokset eri värisellä kynällä A-kohdan koordinaatistoon ja verrataan tuloksia toisiinsa.



Suoran jyrkkyys on kullekin vastukselle ominainen ja sitä kuvaa jännitteen ja virran suhde, jota sanotaan vastuksen resistanssiksi. Tätä tulosta sanotaan Ohmin laiksi.

(hae Georg Ohmista tietoja netistä)

### Työ C

Tehdään työn A kytkentä, mutta korvataan vastus hehkulampulla. Säädetään jännitelähteestä aluksi hyvin pieni jännite ja luetaan mittareista jännitteen ja virran arvot. Kasvatetaan jännitettä vähitellen ja mitataan virta kuudella eri jännitteen arvolla. Jännite ei saa kuitenkaan ylittää 3,8 voltia.

Kokeillaan varovasti sormella lampun lämpötilaa. Esitetään tulokset taulukossa ja koordinaatistossa. Voidaanko nyt piirtää suora pisteiden kautta?

Kuten havaitaan lämpötila vaikutti virran ja jännitteen suhteeseen. Ohmin lakia voidaan soveltaa ainoastaan siinä tapauksessa, että lämpötila pysyy muuttumattomana.

## TYÖ P5 SÄHKÖMAGNEETTINEN INDUKTIO

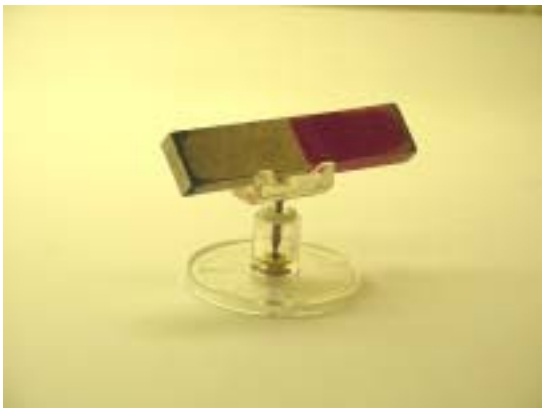
**Välineet:** Pyörivä alusta, sauvamagneetti, yleismittari, vahva magneetti, alumiinipala, käämi ja rautasydän, muovilevy, alumiinilevy tai messinkilevy

1. Kytke käämi jännitemittariin. Aseta sauvamagneetti pyörivälle alustalle. Pyöritä magneettia käämin lähellä ja seuraa jännitemittarin lukemia. Miten lukemat muuttuvat, kun käämin sisään viedään rautasydän? Miten lukemat muuttuvat, kun pyörimisnopeutta kasvatetaan?

Vie sauvamagneetti käämin sisään, pidä hetki käämin sisällä ja vedä ulos. Mitä mittari näyttää eri tilanteissa? Milloin saadaan syntymään jännitettä?

2. Tutki vahvalla magneetilla alumiinilevyn ja messinkilevyn magneettisuutta. Mitä havaitset? Aseta alumiinipala ja vahva magneetti liukumaan alumiini tai messinkilevyä pitkin. Kumpi liikuu nopeammin? Toista koe muovilevyllä? Kumpi pala liikuu nopeammin muovilevyä pitkin? Selitä ilmiö. Tee tarvittaessa lisäkokeita.

**Lisätehtäviä:** Selvitä miten sähkögeneraattori toimii?



## TYÖ P6 VASTUKSEN RESISTANSSIN MITTAAMINEN

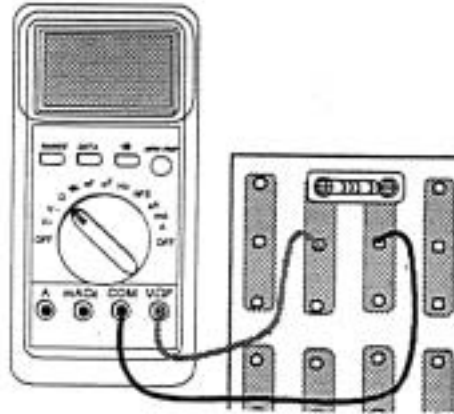
**Välineet:** kolme 220 Ω:n vastusta, NTC-vastus, PTC-vastus ja LDR-vastus, 2 yleismittaria, johtimia, kytkentäalusta, lamppu, jännitelähde

### Työ A

Rakennetaan kuvan mukainen kytkentä ja mitataan vastusten resistanssien arvot ja verrataan komponenteissa oleviin merkintöihin.

Kytetään kaksi vastusta sarjaan ja mitataan yhdistelmän resistanssi. Toistetaan mittaus kolmen vastuksen sarjakytkennällä.

Kytetään kaksi vastusta rinnan ja mitataan yhdistelmän resistanssi.

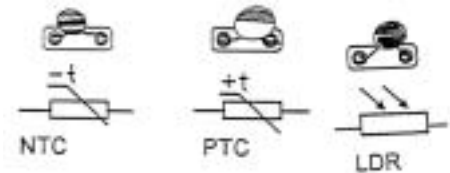


Millaisia johtopäätöksiä voidaan tehdä sarja- ja rinnankytkentöjen resistansseista verrattuna yhden vastuksen resistanssiin.

Jokainen mittaa oman resistanssinsa. Tuloksia verrataan keskenään. Mitataan paperipalan resistanssi. Piirretään paperipala täyteen viivoja lyijykynällä ja mitataan resistanssi. Verrataan tuloksia toisiinsa.

### Työ B

Mitataan NTC-vastuksen resistanssi ja seurataan resistanssia, kun komponenttia lämmitetään ja jäädytetään. Toistetaan edellinen koe PTC-vastuksella ja verrataan tuloksia.

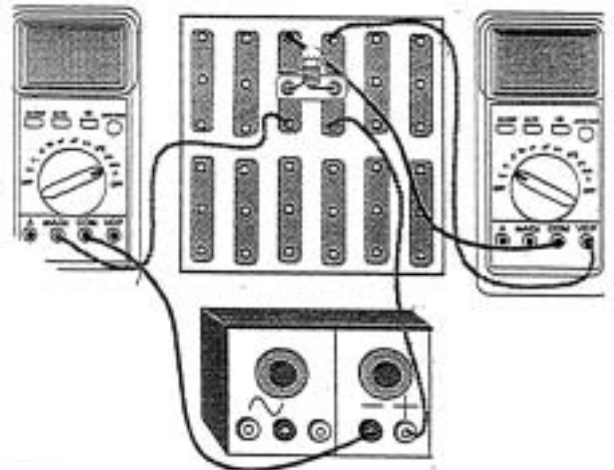


Mitataan LDR-vastuksen resistanssi ja seurataan, mitä valaistuksen vaihtelut vaikuttavat resistanssin arvoon.

Työryhmä keksii yhden sovellusmahdollisuuden jokaiselle edellä mainitulle komponentille.

### Työ C

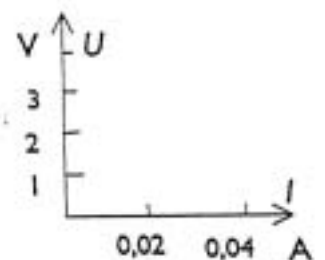
Yleismittarin resistanssin mittaus perustuu Ohmin lakiin. Mittarissa on paristo. Mittari mittaa piirissä kulkevan sähkövirran ja "laskee" komponentin resistanssin, kun pariston jännite tunnetaan. Resistanssi voidaan määrittää myös mittaamalla erikseen vastuksen läpi kulkeva virta ja vastuksen päiden välinen jännite.



Tehdään oheisen kuvan mukainen kytkentä. Säädetään jännitelähteestä aluksi hyvin pieni jännite ja luetaan mittareista jännitteen ja virran arvot. Kasvatetaan jännitettä vähitellen ja mitataan virta kuudella eri jännitteen arvolla. Jännite ei saa kuitenkaan ylittää 3,8 voltia. Kokeillaan varovasti sormella lampun lämpötilaa. Esitetään tulokset taulukossa ja koordinaatistossa.

Miten resistanssi, joka määritellään jännitteen ja virran suhteena, muuttuu lampun lämpötilan kasvaessa? Mihin B-kohdan komponenttiin lampun hehkulankaa voidaan verrata?

U (V)	I (A)



## TYÖ P7 PORRASVALOKYTKIN

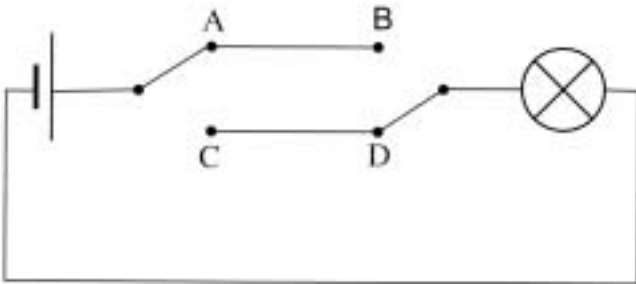
Tarvikkeet: paristo, virtajohtimia, lamppu, 2 kytkintä

### Mitä tutkitaan?

Tutkitaan, miten portaikon valon voi sytyttää ja sammuttaa alhaalta ja ylhäältä.

### Työn suoritus

Tehdään oheisen kaavion mukainen kytkentä.



Johtimet AB ja CD voidaan virittää vaikkapa eristetolppien päihin.

Kokeillaan lampun sytyttämistä ja sammuttamista ”ylhäältä” ja ”alhaalta”

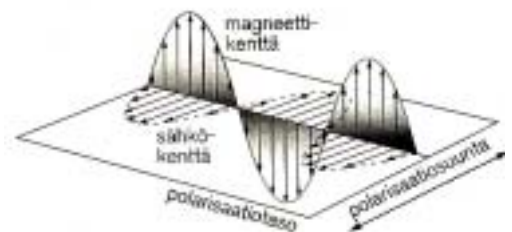
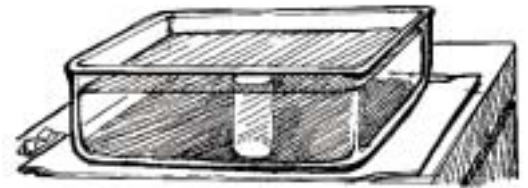
### Lisätehtävä

Suunnitellaan kytkentä, jossa valo saadaan syttymään ja sammumaan kolmesta eri pisteestä.

## TYÖ P8 POLARISAATIO

**Välineet:** kaksi polarisaatiolevyä, kyvetti, lasilevy, peili, geokolmio ja polarisoivat aurinkolasit.

1. Katsele valonlähteen valoa polarisaatiolevyn läpi. Kiertele levyä. Toista koe katsellen seinää vasten asetetun lasilevyn eri esineistä heijastamaa valoa. Katsele heijastunutta valoa eri kulmista ja kiertele levyä. Toista koe katsellen peilistä heijastuvaa valoa. Kirjaa kaikki havaintosi muistiin.
2. Aseta polarisaatiolevy piirtoheittimen tai muun valonlähteen päälle. Kierrä toista levyä. Katsele myös kattolamppuja kahden levyn läpi vaihdellen levyjen asentoja toisiinsa nähden. Mitä havaitset? Toista koe polarisoivien aurinkolasien linsseillä. Onnistuuko koe kaikilla aurinkolaseilla? Kokeen voi tehdä myös katselemalla levyjen läpi kattolamppuja.
3. Aseta polarisaatiolevyjen väliin viivain tai geokolmio ja kierrä toista levyä. Toista koe asettamalla levyjen väliin rypistettyä, läpinäkyvää muovia. Kirjaa havaintosi muistiin.
4. Kiertele polarisaatiolevyä taskulaskimen tai kännykän näytön päällä. Mitä havaitset?
5. Tutki pienistä hiukkasista heijastunutta eli sironnutta valoa: Leikkaa pyöreä reikä pahvilevyyn ja peitä piirtoheitin pahvilevyllä. Kaada vettä kyvetiin ja aseta kyvetti reiän päälle. Lisää veteen muutama tippa maitoa tai liitupölyä. Minkä väristä valo on, kun sitä katsotaan kyvetin päältä ja sivusta. Katsele kyvetin sivusta tulevaa valoa polarisaatiolevyn läpi kierrellen levyä. Mitä havaitset?

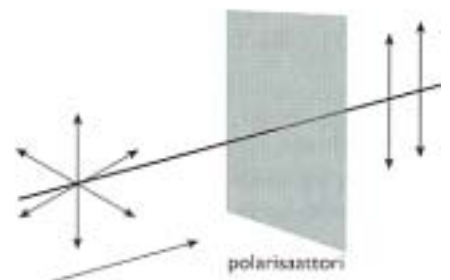


### Selityksiä:

Valo on sähkömagneettista aaltoliikettä, missä kenttä värähtelee kaikissa tasoissa. Polarisaatiolevy suodattaa värähtelytasoja siten, että levyn läpi mennyt valo värähtelee vain yhdessä tasossa. Tason määrää polarisoivan aineen kiteet. Jos kahden polarisaatiolevyn kideakselit ovat ristikkäin, ei valoa pääse läpi ollenkaan.

Valoa, jossa värähtelyt tapahtuvat vain yhdessä tasossa, sanotaan polaroituneeksi.

Heijastava pinta suodattaa myös värähtelytasoja, joten heijastunut valo on polaroitunutta. Heijastuskulma vaikuttaa polarisaatioasteeseen.



Peilin pinnassa on metallia ja metallipinnasta heijastunut valo ei ole polaroitunutta.

Sironnut valo, etenkin sininen, on myös polarisoitunutta. Sininen valo siroaa eniten. Tämän voi huomata katsellessa aurinkolasien läpi sinitaivasta.

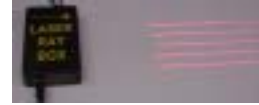
## TYÖ P9 VALON HEIJASTUMINEN JA TAITTUMINEN

### Työ A

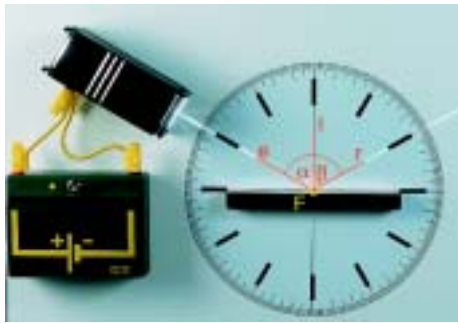
#### Heijastuslaki

Välineet: magneettitaulu, laser, tasopeili, pyöreä asteikko

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*



Aseta pyöreä asteikko magneettitaululle ja sijoita tasopeili kuvan mukaisesti.



Kohdistaa valonsäde peilin keskipisteeseen. Kulma  $\alpha$  on nimeltään tulokulma ja kulma  $\beta$  heijastuskulma. Määritä tulokulma ja heijastuskulma. Tee kolme eri havaintoa ja merkitse tulokset taulukkoon.

Tulokulma, $\alpha$	Heijastuskulma, $\beta$

Millaisen johtopäätöksen voit tehdä ?

### Työ B

#### Taittumislaki

Välineet: magneettitaulu, laser, puoliympyrän muotoinen linssi, pyöreä asteikko

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*

Aseta pyöreä asteikko magneettitaululle ja sijoita puoliympyrän muotoinen linssi kuvan mukaisesti. Kohdistaa valonsäde kuvan mukaisesti. Kulmaa  $\alpha_1$  kutsutaan tulokulmaksi ja kulmaa  $\alpha_2$  taitekulmaksi. Määritä tulokulma ja taitekulma. Tee kolme eri havaintoa ja merkitse tulokset taulukkoon.



Tulokulma, $\alpha_1$	Taitekulma, $\alpha_2$	$\sin\alpha_1$	$\sin\alpha_2$	$\sin\alpha_1/\sin\alpha_2$

Millaisia johtopäätöksiä voit tehdä?

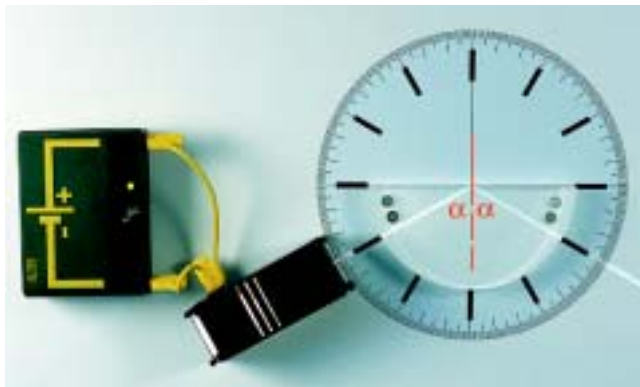
Suhdetta  $\sin\alpha_1/\sin\alpha_2$  kutsutaan aineiden 1 ja 2 väliseksi taitesuhteeksi  $n_{12}$ .

Mikä on mittaustesi perusteella ilman ja muovin välinen taitesuhde?

**TYÖ P9 VALON HEIJASTUMINEN JA TAITTUMINEN****Työ C****Valon kokonaisheijastus**

Välineet: magneettitaulu, laser, puoliympyrän muotoinen linssi, pyöreä asteikko

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*



Aseta pyöreä asteikko magneettitaululle ja sijoita puoliympyrän muotoinen linssi kuvan mukaisesti siten, että linssin tasoreunan keskipiste yhtyy pyöreän asteikon keskipisteeseen. Valonsäteen tulee kohdistua jatkuvasti tarkalleen keskipisteeseen. Mittaa tulokulma ja taitekulma.

Kasvata tulokulmaa. Mitä taitekulmalle tapahtuu? Määritä taitekulmaa  $90^\circ$  vastaava tulokulma. Mitä tapahtuu, kun tulokulmaa kasvatetaan edelleen?

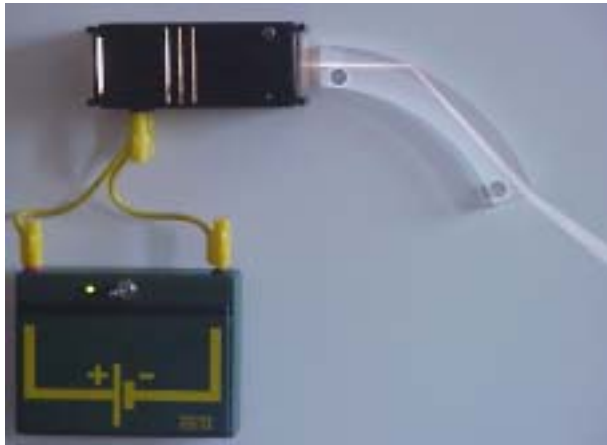
Ilmiötä kutsutaan kokonaisheijastukseksi. Määritä muovin ja ilman kokonaisheijastuksen rajakulma.

**TYÖ P9 VALON HEIJASTUMINEN JA TAITTUMINEN****Työ D Kokonaisheijastus**

Välineet: Magneettitaulu, laser, C-muotoinen kappale.

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*

Kohdista valonsäde kohtisuoraan C-muotoiseen muovikappaleeseen. Valo kokonaisheijastuu muovin ja ilman rajapinnasta. Tämä esittää optisen kuidun periaatteen.

**Työ E Kokonaisheijastus muovikierukassa**

Välineet: jalusta, laser, muovikierukka

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*

Aseta laser jalustalle ja kohdista laserin valo muovikierukan päähän. Tarkastele valon kulkua.

**Työ F Optinen kuitu**

Välineet: laser ja taipuisa optinen kuitu

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*

Suuntaa laserin valo optisen kuidun päähän. Tarkastele ulostuloaukkoa. Vertaa valon siirtymistä optisessa kuidussa ja muovikierukassa. Optista kuitua ei saa taivuttaa liian voimakkaasti – katkeamisvaara.

## TYÖ P10 VALON VÄRI

### Työ A

#### Valkoinen valo

**Välineet:** magneettitaulu, jännitelähde, valolähde, 1-urainen himmennin, pieni lasiprisma, Viisto varjostin

*Lamppu kuumenee nopeasti. Käytä lamppua mahdollisimman lyhyitä aikoja.*

Aseta 1-urainen himmennin valolähteeseen. Suuntaa valokeila kuvan mukaisesti prismaan. Tutki varjostimen avulla taittunutta valokeilaa. Mikä väri taittuu eniten ja mikä väri taittuu vähiten? Valkoisen valon hajoaminen prismassa spektriiksi johtuu siitä, että valon nopeus väliaineessa riippuu valon aallonpituudesta.



### Työ B

#### Yksi spektrin väri

**Välineet:** magneettitaulu, jännitelähde, valolähde, 1-urainen himmennin, pieni lasiprisma, suuri prisma, viisto varjostin

Aseta suurikokoinen prisma kuvan mukaisesti violetin valokeilan eteen. Tutki hajaantuuko violetti spektriiksi.



## TYÖ P10 VALON VÄRI

### Työ C Spektrivärien yhdistäminen

**Välineet:** magneettitaulu, jännitelähde, valolähde, 1-urainen himmennin, pieni lasiprisma, kupera linssi, puolilympyrän muotoinen linssi, viisto varjostin.

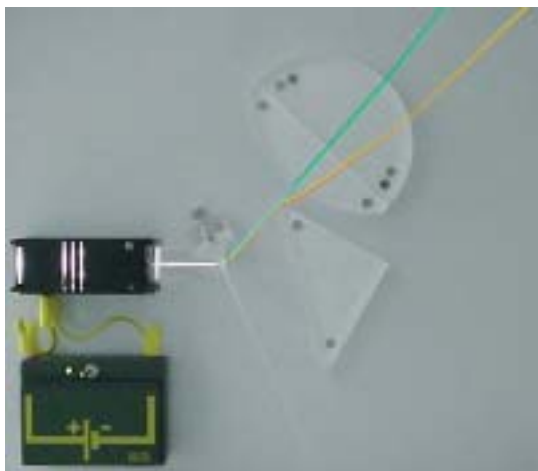
Suuntaa kuvan mukaisesti spektri linssisysteemin keskelle. Tutki varjostimen avulla kokoojalinsseistä lähtenyttä valoa. Etsi varjostinta siirtelemällä paikka, missä spektrin värit yhtyvät valkoiseksi valoksi.



### Työ D Vastavärit eli komplementtivärit

**Välineet:** magneettitaulu, jännitelähde, valolähde, 1-urainen himmennin, pieni lasiprisma, suuri prisma, kupera linssi, puolilympyrän muotoinen linssi, viisto varjostin.

Jatka edellistä työtä. Aseta suurikokoinen prisma kuvan mukaisesti punaisen valokeilan eteen. Tutki varjostimelle tulevan valo väriä. Punaista ja turkoosia kutsutaan toistensa vastaväreiksi eli komplementtiväreiksi. Toista koe siirtämällä suurikokoinen prisma sinisen valokeilan eteen.

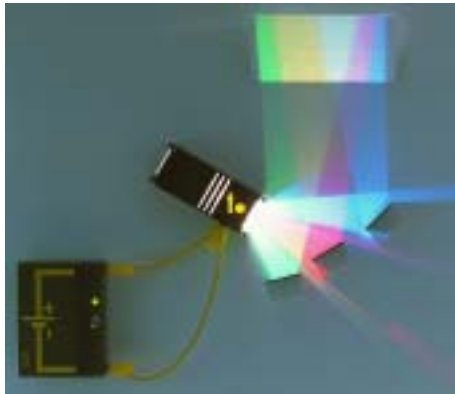


## TYÖ P10 VALON VÄRI

### Työ E Päävärit, värien yhdistäminen

**Välineet:** magneettitaulu, jännitelähde, valolähde, kolmivärisuodatin (punainen, vihreä, sininen), varjostin

Aseta kolmivärisuodatin valolähteeseen. Vedä valolähteen linssi ylös. Punainen, sininen ja vihreä valokeila hajaantuu. Heijasta toisen peilin avulla punainen valokeila varjostimelle ja toisella peilillä vihreä valokeila. Tutki samalla tavalla muut väriyhdistelmät.



Punainen + vihreä = keltainen

Punainen + sininen = purppura eli magenta

Sininen + vihreä = turkoosi eli syaani

Heijasta kolmen peilin avulla kaikki kolme valokeilaa varjostimelle. Pääväreiksi kutsutaan kolmea sellaista valoa, joista yhdistelemällä saadaan valkoista.

### Työ F Värien näkeminen

**Välineet:** kolme värikiekkoa: syaanin sininen, magentan punainen ja keltainen

Aseta kaksi kiekkoa kerrallaan valkoista taustaa vasten. Tutki seuraavien yhdistelmien värejä.



Syaani + magenta = sininen

Keltainen + magenta = punainen

Syaani + keltainen = vihreä

Mitä näet, kun kaikki kiekot ovat päällekkäin?

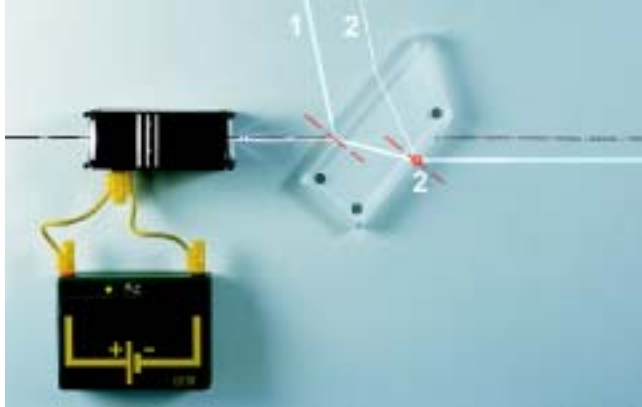
## TYÖ P11 LINSSIT

### Työ A Yhdensuuntaissiirto

Välineet: magneettitaulu, laser, puolisuunnikkaan muotoinen muovikappale

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*

Suuntaa laserin valo kuvan mukaisesti muovikappaleeseen ja tutki rajapinnoista heijastunutta ja taittunutta valoa. Vertaa heijastuneita säteitä keskenään ja taittuneita säteitä keskenään. Mitä tapahtuu yhdensuuntaissiirrolle, kun tulokulmaa suurennetaan?

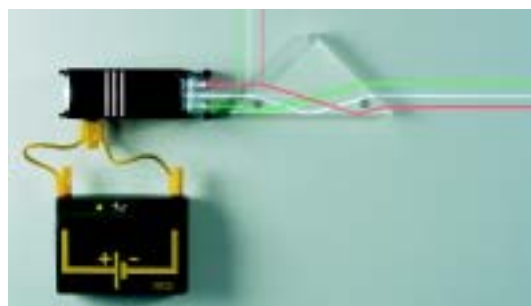
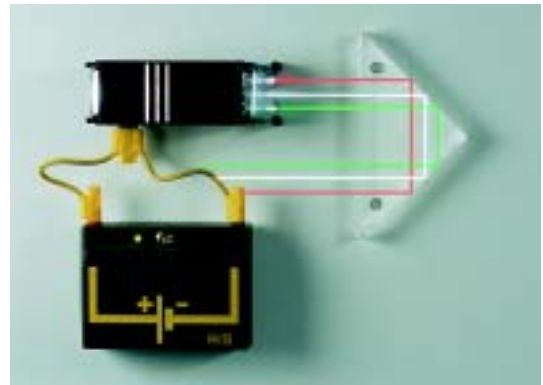
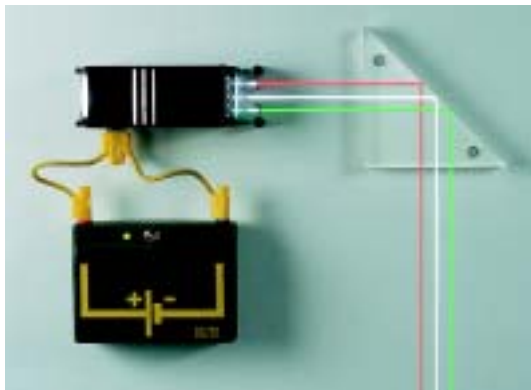


### Työ B Kokonaisheijastuminen prismassa

Välineet: magneettitaulu, laser, prisma, sininen värikalvo

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*

Käytä laserin kolmea sädettä ja kohdista ne prismaan kuvien mukaisesti. Aseta laserista tulevan reunimmaisen säteen eteen sininen värikalvo. Tutki kokonaisheijastuneiden säteiden järjestystä.

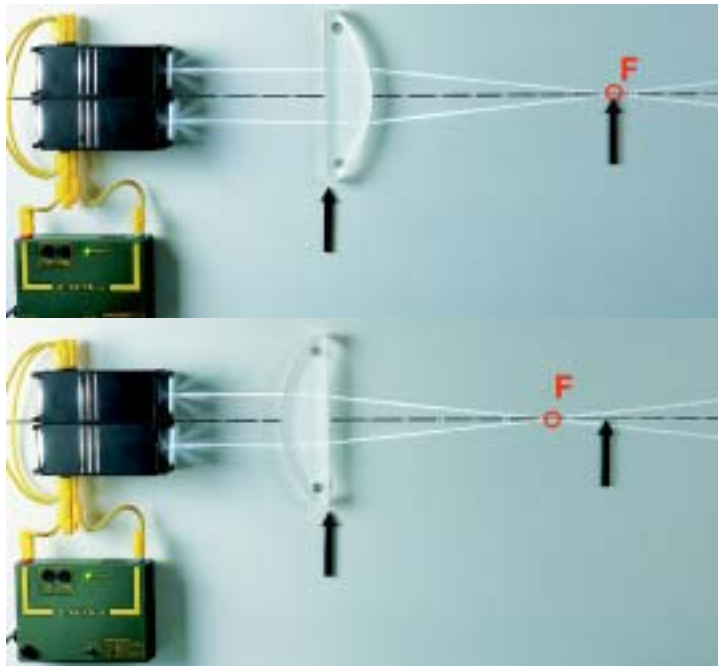


**TYÖ P11 LINSSIT****Työ C Tasokuperan linssin polttopiste**

Välineet: magneettitaulu, laser, tasokupera linssi, viivain

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*

Käytä viittä laserin sädettä. Kohdista valonsäteet kohtisuorasti linssin tasopintaa vastaan. Valonsäteiden leikkauspistettä kutsutaan polttopisteeksi,  $F$ . Sen etäisyyttä linssin keskipisteestä kutsutaan polttoväliksi  $f$ . Mittaa polttoväli  $f_1$ . Pyöräytä linssi ympäri ja mittaa polttoväli  $f_2$ . Miksi jälkimmäisessä tapauksessa linssi taittaa voimakkaammin? Piirrä vesiliukoisella piirtoheitinkynällä viivaimen avulla taululle vaakasuora viiva,



pääakseli. Käytä yhtä laserin sädettä ja suuntaa se linssiin pääakselin suuntaisesti. Mittaa valonsäteen ja pääakselin leikkauspisteen etäisyys linssin keskipisteestä.



Käytä yhtä laserin sädettä ja suuntaa se kuvan mukaisesti kohti linssin keskipistettä. Miten valonsäteen suunta muuttuu?

Suuntaa valonsäde linssiin siten, että taittunut säde on pääakselin suuntainen. Mittaa pääakselin ja valonsäteen leikkauspisteen etäisyys linssin keskipisteestä. Vertaa mittaustulosta linssin polttoväleihin  $f_1$  ja  $f_2$ .

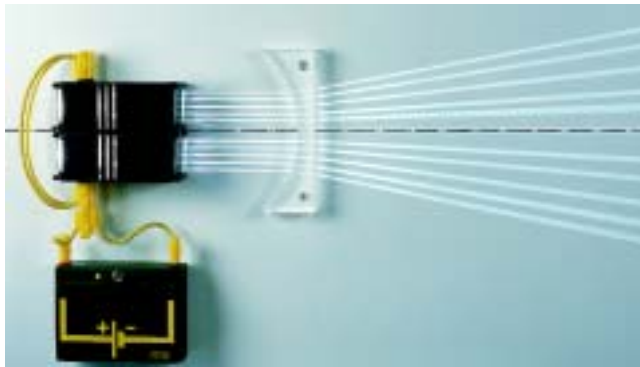
## TYÖ P11 LINSSIT

### Työ D Tasokoveran linssin polttopiste

Välineet: magneettitaulu, laser, tasokovera linssi, vesiliukoinen tussi, viivain

*Varo, ettei lasersäde osu kenenkään silmiin !*

Käytä viittä laserin sädettä. Kohdistat valonsäteet kohtisuorasti linssin tasopintaa vastaan. Piirrä vesiliukoisella tussilla taittuneiden valonsäteiden jatkeet linssin eteen. Valonsäteiden jatkeiden leikkauspistettä kutsutaan valepolttopisteeksi,  $F$ . Mittaa polttoväli  $f_1$ . Pyöräytä linssi ympäri ja mittaa polttoväli  $f_2$ . Kummassa tapauksessa linssi taittaa voimakkaammin?



Käytä yhtä laserin sädettä ja suuntaa se kuvan mukaisesti kohti linssin keskipistettä. Miten valonsäteen suunta muuttuu?



## TYÖ P12 VALOVOIMAKKUUS

**Välineet:** Tiedonkeräin, valoanturi

Työssä tutkitaan loistelampun lähettämää valoa. Luokkatilassa voi olla niin paljon luonnon valoa, että anturin toiminta-alueen yläraja  $1 \text{ mW/cm}^2$  saavutetaan, siksi kokeet on paras tehdä käytävässä.

Valoanturi sisältää valotransistorin. Anturi toimii näkyvän valon ja infrapunasäteilyn alueella. Anturin toiminta-alue on  $10 \text{ }\mu\text{W/cm}^2 - 1 \text{ mW/cm}^2$ . Laskimen näytössä näkyvän lukeman yksikkö on  $\text{mW/cm}^2$ .

**Tiedonkeräimen käyttö vaatii malttia! Odota edellisen käskyn toteutumista ennen kuin annat uuden käskyn.**

### Työ A Loistelampun valaistuksen jaksollisuus

Valoanturi on kytketty tiedonkeräimen kanavaan CH1.

1. Paina laskimen näppäintä ON
2. Paina APPS
3. Siirry kohdistin näppäimen avulla kohtaan DataMate ja paina ENTER
4. Paina 1 (SETUP)
5. Siirry kohdistin näppäimen avulla kohtaan MODE ja paina ENTER
6. Paina 2 (TIME GRAPH)
7. Paina 2 (CHANGE TIME SETTINGS)
8. Kirjoita kohtaan "time between samples" .0003 ja paina ENTER
9. Kirjoita kohtaan "number of samples" 99 ja paina ENTER
10. Paina 1 (OK)
11. Paina 1 (OK)

Siirry laitteiston kanssa käytävään kattovalaisimen alapuolelle. Suuntaa valoanturi kohti loistelamppua ja aloita mittaus painamalla 2 (START). Mittaus kestää vain 3 sekunnin tuhannesosaa. Laskimen näyttöön pitäisi tulla oheisen kuvaajan mukainen kuvio. Voit toistaa kokeen painamalla ENTER ja sen jälkeen 2 (START)

Kuvaajan huiput osoittavat aikoja, jolloin lamppu valaisee täydellä teholla, minimi osoittavat hetkiä, jolloin lamppu ei valaise ollenkaan.

Määritä kohdistimen avulla lampun välähdyksen jakson aika, T. Oheisessa kuviossa on noin kolme jaksoa. Laske valaistuksen taajuus, frekvenssi,  $f = 1/T$ . Valaistuksen taajuus on kaksinkertainen verrattuna vaihtovirran taajuuteen. Vaihtovirta vaihtaa suuntaa kaksi kertaa jakson aikana. Vertaa omia mittaustuloksia tietoon, että Suomessa vaihtovirran taajuus on 50 Hz.



## TYÖ L1 SÄHKÖMAGNEETTINEN INDUKTIO

### 1. Sähkömagneettinen induktio

Kytetään käämi jännitemittariin, jossa osoitin on keskellä ja liikutetaan sauvamagneettia käämin sisälle ja ulos. Mitä havaitaan? Vaihdeltaan käämien kierroslukuja. Mitä havaitaan? Mitä magneetin liikkumisnopeuden vaihtelu aiheuttaa.

### 2. Pyörrevirta

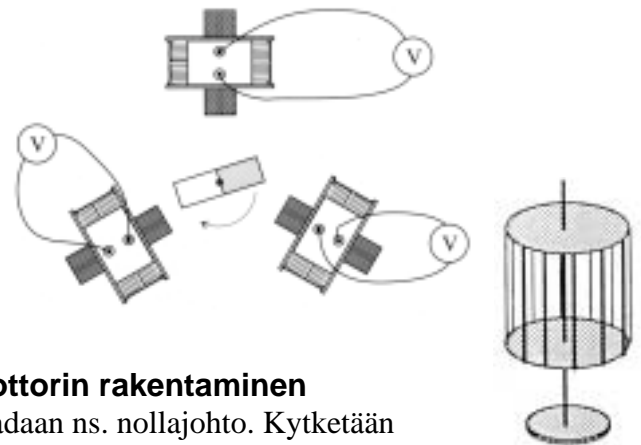
Pudotetaan sylinterimäiset rautapalat, joista toinen magneettinen, pitkien alumiiniputkien läpi yhtä aikaa pehmustetulle alustalle. Verrataan putoamisaikoja ja selitetään ilmiö.

Alumiinikouruun laitetaan sylinterimäinen magneetti ja ohut alumiinirengas pujotetaan kourun ympärille ja päästetään putoamaan. Mitä havaitaan renkaan liikkeessä magneetin kohdalla? Miksi? Laitetaan alumiinikampa heilahtelemaan U-magneetin sakaroiden väliin siten, että alumiinikamman yhtenäinen osa on magneetin keskellä. Kiskaistaan alumiinikampa irti telineestä ja vaihdetaan kampamainen osa heilahtelemaan magneetin sakaroiden väliin. Mitä havaitaan?

### 3. Generaattorien rakentaminen

Asetetaan kolme 600:n kierroksen käämiä 120 asteen kulmiin toisiinsa nähden. Viedään käämeihin rautasydämet ja kytetään jokaiseen käämiin jännitemittari. Laitetaan sauvamagneetti pyörimään käämien keskelle. Seurataan jännitemittarien lukemia.

Mitä havaitaan?

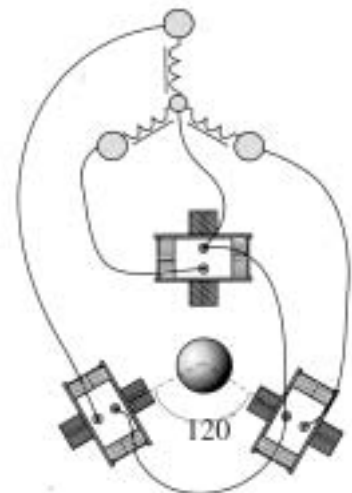


### 4. Kolmivaihegeneraattorin ja kolmivaihemoottorin rakentaminen

Yhdistetään käämien toiset navat johtimilla. Näin saadaan ns. nollajohto. Kytetään

jännitemittari vapaaseen napaan (vaihejohto) ja yhteiseen johtoon.

Laitetaan magneetti pyörimään käämien keskelle. Seurataan lukemia. Mitä havaitaan? Toistetaan koe kytkemällä jännitemittari kahden käämin vapaan navan välille. Eroaako tulos edellisestä?



### 5. Tutkitaan käännteistä ilmiötä

Kytetään nollajohto kolmivaihemuuntajan keskimmäiseen ulostuloon ja vaihejohtot kolmeen muuhun ulostuloon. (valitaan isompi jännite). Asetetaan kellolasi käämien keskelle ja laitetaan kellolasille metallikuula. Mitä havaitaan, kun kolmivaihemuuntajaan kytetään virta?

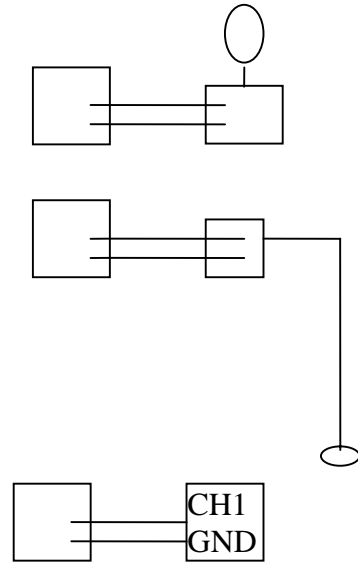
Vaihdetaan roottori käämien keskelle. Mitä havaitaan?

# TYÖ L2 RESONANSSI



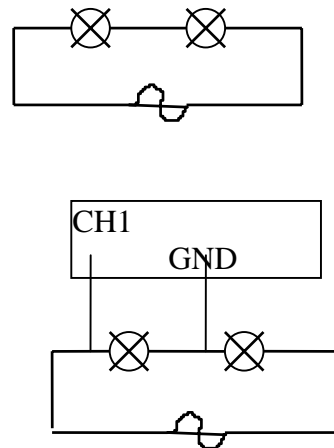
## A. Värähtelytaajuus ja resonanssi

Kytetään mekaaninen värähtelijä funktiogeneraattoriin. Selvitetään mitä tarkoitetaan värähdysajalla ja taajuudella. Värähtelijään kytketään ympyränmuotoiseksi taivutettu muutaman millimetrin paksuinen metallilanka ja vaihdellaan värähtelytaajuutta. Mitä havaitaan? Kytetään vielä suora muutaman metrin pituinen kumilanka ja sitten samanpituisen jousi värähtelijään. Tuetaan jouta lattiaa vasten. Kytetään vielä eripituisten metalliliuskojen sarja värähtelijään. Mitä tapahtuu? Kytetään värähtelijä oskilloskooppiin ja seurataan mekaanisen ja sähköisen värähtelyn yhteyttä ja sinikäyrän muodostumista. Miten jaksonaika näkyy oskilloskoopin kuvaruudulla?



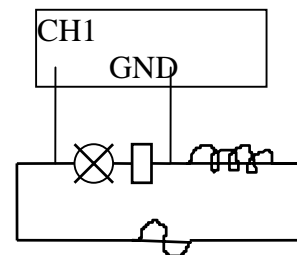
## B. Vastus vaihtovirtapiirissä

Kytetään kaksi polttimoa sarjaan funktiogeneraattorista saatavaan noin 3 V:n sinimuotoiseen vaihtojännitteeseen niin, että lamppu palaa sopivalla kirkkaudella. Pidetään jännite vakiona ja kasvatetaan taajuutta nolasta alkaen. Tarkkaillaan lampun syttymistä ja sammumista ja verrataan sitä taajuuslukemaan. Muuttuuko lampun kirkkaus taajuuden muuttuessa? Tutkitaan samaa asiaa oskilloskoopilla. Seurataan piirin virtaa mittaamalla lampun jännitettä, kun taajuutta muutetaan.



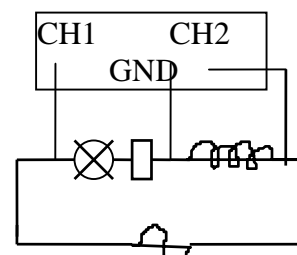
## C. Käämi vaihtovirtapiirissä

Kytetään sarjaan lamppu, vastus ja käämi, jossa on 600 kierrosta, funktiogeneraattorin sinijännitteeseen (n.4 V). Tutkitaan piirissä kulkevaa virtaa, kun taajuus vaihtelee nolasta hertsistä 10 kHz:iin seuraamalla lampun kirkkautta. Tutkitaan asiaa oskilloskoopilla, jolla piirin virtaa voidaan seurata mittaamalla vastuksen jännitettä. Toistetaan koe, kun käämissä on rautasydän. Mitä havaitaan? Pidetään jännite vakiona ja toistetaan koe käämillä, jossa on 1200 kierrosta.



## D. Vaihe-ero käämissä

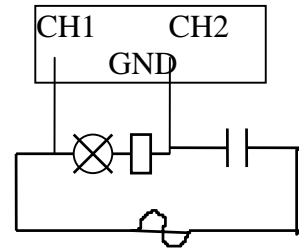
Otetaan oskilloskoopin toinen kanava mittaamaan käämin jännitettä ja toinen kanava vastuksen jännitettä, joka ilmoittaa samalla piirin virran vaiheen. (1200 kierrosta, 1000Hz:n taajuus). Todetaan virran ja jännitteen vaihe-eron suuruus. (invert, jos maa keskellä)



## TYÖ L2 RESONANSSI

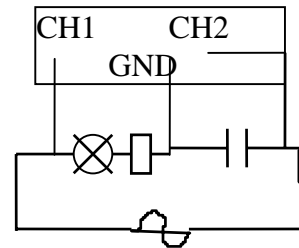
### E. Kondensaattori vaihtovirtapiirissä

Kytetään kondensaattori, jonka kapasitanssi on  $1,0 \mu\text{F}$ , vastuksen kanssa sarjaan. Yhdistelmä liitetään funktiogeneraattorista saatavaan sinimuotoiseen vaihtojännitteeseen. Vaihdellaan taajuutta ja seurataan virran suuruutta lampulla, virtamittarilla tai mittaamalla vastuksen jännitettä oskilloskoopilla. Mitä havaitaan? Mitataan komponenttien jännitehäviöitä ja verrataan jännitehäviöiden summaa kokonaisjännitteeseen.



### F. Vaihe-ero kondensaattorissa

Kytetään oskilloskoopin toinen kanava mittaamaan kondensaattorin jännitettä ja toinen kanava vastuksen jännitettä, joka samalla ilmoittaa virran vaiheen. Todetaan vaihe-eron suuruus (invert, jos mää keskellä).



### G. Piirin resonanssikohdan määrittäminen

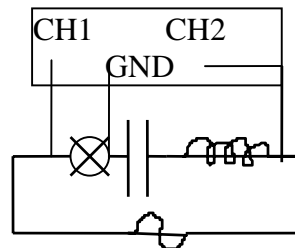
Kytetään sarjaan lamppu, käämi ja kondensaattori ( $100\Omega$ ,  $1200$  kierrosta ilman rautasydäntä, induktanssi merkitty käämiin,  $1,0 \mu\text{F}$ )  $6,0 \text{ V}$ :n jännitteeseen. Vaihdellaan taajuutta  $1\text{kHz}$ :n taajuusalueella. Haetaan taajuus, jolla lamppu palaa kirkkaimmin. Silloin piirin impedanssi  $Z$  on pienimmillään.

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$Z$  on pienimmillään, kun  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$

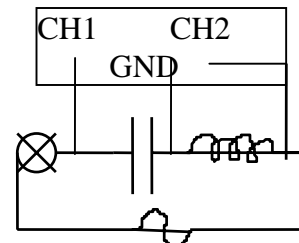
Tällöin  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Verrataan laskemalla saatua resonanssitaajuutta mitattuun. Resonanssitaajuus voidaan määrittää myös oskilloskoopilla. Kun oskilloskooppi on x,y-tilassa oheisen kytkennän mukaisesti, ellipsi supistuu suoraksi viivaksi resonanssikohdassa.



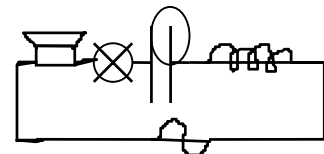
### H. (R,L,C)-piirin vaihe-erot

Mitataan oheisen kytkennän mukaisesti käämiin ja kondensaattorin jännitteet ja todetaan jännitteiden vastakkaisvaiheisuus. (invert, jos mää keskellä)



### I. Lisätehtävä

Lisätään G- kohdan kytkentään kaiutin ja käämiin laitetaan rautasydän. Haetaan resonanssikohta lampun kirkkautta seuraamalla. Kuunnellaan äänen voimakkuuden vaihtelua. Mitä havaitaan? Voidaanko kuuntelemalla seurata virran vaihtelua?



## TYÖ L3 PLANCKIN VAKION KOKEELLINEN MÄÄRITTÄMINEN

### Opettajalle

Valonlähteenä olevan UV-lampun on lämmentävä parikymmentä minuuttia ennen pysäytysjännitteiden mittauksia (viisi minuuttia kyllä riittää, mutta varsinaista  $h$ :n määrittämistä varten mitatuissa arvoissa lampun on syytä lämmentä tuo 20 minuuttia). Kytke siis virta valonlähteeseen heti luokkaan tultuasi, jos käytätte laitteistoa. Lamppua ei ole syytä myöskään sammuttaa välillä eri ryhmien tehdessä saman työn. Suorita paristotesti (ohje monisteen lopussa) ja vaihda paristot tarvittaessa.

### Teoreettinen perusta

Einsteinin selitys valosähköiselle ilmiölle oli, että valo (ja muu smg-säteily) paitsi emittoituu, myös luovuttaa energiansa kvantteina. Tällöin kunkin kvantin energia on  $hf$ , missä  $h$  on (Planckin) vakio ja  $f$  säteilyn taajuus.

Riittävän suuritaajuisen säteilyn osuessa metalliin kuluu osa kvantin energiasta metallin pintaelektronien irrottamiseen ja loppu irronneiden elektronien vauhdittamiseen.

Kvanttien irrottaessa metalliin heikoimmin sitoutuneita elektroneja saavat nämä suurimman liike-energian. Jos merkitään  $W_0$ :lla mainittujen elektronien irrottamiseen tarvittavaa työtä, voidaan kirjoittaa yhtälö

$$hf = W_0 + E_{kin}^{max},$$

joka voidaan kirjoittaa muotoon  $E_{kin}^{max} = hf - W_0$ .

Kiidyttäessä elektronia jännitteellä  $U$  saa elektroni liike-energian  $Ue$ . Vastaavasti energian  $Ue$  omaava elektroni voidaan pysäyttää samaisella jännitteellä  $U$ , jota sanotaankin pysäytysjännitteeksi. Laitteistolla mitataan säteilyn fotodiodin katodilta irrottamien elektronien pysäyttämiseen tarvittavaa jännitettä. Jos se on esim. 1,5 V, on säteilyn irrottamien elektronien maksimaalinen liike-energia elektronivolteina 1,5 eV.

Nyt voidaan kirjoittaa  $Ue = hf - W_0$

Valokennoa säteilytetään valolla, jonka taajuus vaihtelee ja mitataan vastaava pysäytysjännite  $U$ .

$(f, E_{kin}^{max})$ -koordinaatistossa kuvaaja on suora, jonka fysikaalinen kulmakerroin on  $h$ .

### Laitteiston toimintaperiaate

Säteilyä emittoi elohopeahöyryä sisältävä ns. ultraviolettilamppu. Nimestään huolimatta lamppu ei lähetä pelkästään UV-säteilyä, vaan sen lisäksi neljää muuta aallonpituutta.

Hila jakaa valon eri kertalukujen spektreiksi, minkä voit todeta laittamalla paperin osien 2 ja 4 välille lähelle varjostinta. Huomaat lisäksi, että spektrit koostuvat viivoista - viivat vastaavatkin kukin yhtä tarkasti tunnettua aallonpituutta ja taajuutta (taulukko jäljempänä).

Päälaitteen fotodiodia valaistetaan kullakin 'viivalla' ja mitataan suoraan vastaavan pysäytysjännitteen arvo.

## TYÖ L3 PLANCKIN VAKION KOKEELLINEN MÄÄRITTÄMINEN

### Alkuvalmistelut

**Jollei opettajasi ole muistanut kytkeä virtaa valonlähteeseen tee se heti, koska lampun on saatava lämmitä.**

Hila-linssisysteemiä voidaan liikuttaa tankoja pitkin (jäykähkö). periaatteessa etäisyyden pitäisi kuitenkin olla valmiiksi oikea. Edelleen päälaitetta voidaan kiertää avaamalla ruuvi (9) . Tämänkin pitäisi kuitenkin olla kohdallaan valmiiksi.

Varsinainen säätö tapahtuu niveltapin avulla. Kun liikutat tappia pöydän pinnan suunnassa, huomaat, että valokuovat liikkuvat varjostimella (4).

Hae aluksi sellainen asento, että varjostimen rakoon osuu väreiksi hajoamaton valkea valokuova vastaten nollatta kertalukua. Tukivarsien pitäisi olla nyt kutakuinkin yhdensuuntaisia. Jos näin ei ole, liikuta niveltä niin, että varret muodostavat  $180^\circ$  kulman ja ovat siis yhdensuuntaisia, aukaise ruuvi ja kierrä päälaitetta, kunnes valkea juova osuu rakoon ja kiristä ruuvi.

Pyöräytä suojakilpi ( 5) sivuun (huomaat, että sillä on kaksi asentoa). Nyt valokuovan pitäisi mennä laitteen sisään pyöreästä aukosta. Kurkista aukkoon; huomaat, että valokuova osuu myös pieneen koloon, josta se pääsee fotodiodille. Jos kolo näyttää olevan valokuovan keskellä, säädöt ovat kohdallaan. Ellei, säädä hila-linssisysteemin etäisyyttä.

Kuten edellä todettiin, tarvetta muuttaa säätöjä ei pitäisi olla.

Pyöräytä nyt suojakilpi päälle.

### Koe 1. Intensiteetin vaikutus

1. Kytke päälaitteeseen virta.
2. Valitse jännitemittarista tasavirta-alue 0 - 20 V.
3. Säädä nivelestä niin, että valkean valon sijasta varjostimen rakoon osuu ensimmäinen sinertävä viiva. Se edustaa UV-säteilyä (varjostimen materiaali on sellaista, että siitä heijastunut valo on näkyvää, vaikka ultraviolettia valoa ei jollain muulla pinnalla havaitsisikaan).
4. Paina päälaitteen nollausnappulaa ja totea pysäytysjännite, jota mittari jää näyttämään. Jännitteen pitäisi olla reilut 1,8 V, jos kaikki kunnossa.
5. Ota sitten intensiteettisuodatin (13) ja kiinnitä se varjostimeen (pysyy magneettisesti). Laita raon kohdalle vaikkapa juova 60 % . Nyt siis säteilystä pääsee läpi 60 % .
6. Paina jälleen nollausnappia ja lue pysäytysjännitteen arvo. Muista, että pysäytysjännite kuvaa fotodiodin katodista irronneiden elektronien maksimaalista nopeutta. Säilyikö pysäytysjännite ja siis elektronien liike-energia samana, vai putosiko se esim. 60 %:iin?
7. Siirrä sitten niveltä niin, että vaikkapa kolmas viiva (sininen) osuu rakoon ja suorita edellistä vastaavat mittaukset parilla tai kolmella eri intensiteetillä.

Johtopäätös Einsteinin hengessä:

Metallista irronneiden elektronien maksimaalinen liike-energia riippuu taajuudesta (sinisellä taajuus pienempi kuin ultraviolettilla), mutta ei riipu intensiteetistä.

Ilmeisesti intensiteetin (valon 'määrän') vähetessä elektroneja irtautuu harvemmin, mutta niiden energia riippuu vain taajuudesta.

## TYÖ L3 PLANCKIN VAKION KOKEELLINEN MÄÄRITTÄMINEN

8. Vertaapa vielä aikaa, joka kuluu pysäytysjännitteen ilmestymiseen nollaamisen jälkeen, kun valosta pääsee läpi 80 % tai 20 %. Jälkimmäisessä tapauksessa aika on selvästi pitempi. Elektroneja irtoaa aikayksikössä vähemmän ja tuottaa heikomman latausvirran, joka merkitsee pidentynyttä latausaikaa (Irronneiden elektronien voi kuvitella varaavan katodin ja anodin muodostamaa kondensaattoria, jolloin elektronit lisäävät katodin ja anodin välistä jännitettä, kunnes se tulee niin suureksi, etteivät elektronit jaksa anodille (pysäytysjännite). Mitä heikompi elektronivirta (pienempi intensiteetti) on, sitä kauemmin lataus kestää.

### Koe 2. Planckin vakion määrittäminen

Löydät oheisen taulukon koordinaatistoinen työn L3 lopusta, täydennä sinne pysäytysjännitteiden arvot.

väri	taajuus/*10 <sup>14</sup> Hz	pysäytysjännite/V
ultravioletti	8,20	
violetti	7,41	
sininen	6,88	
vihreä	5,49	
keltainen	5,19	

Huomaa, että värit ovat siinä järjestyksessä, mitä ne spektrissä esiintyvät, joten mittaukset onnistuvat erottipa värit toisistaan tai ei.

- Ota intensiteetisuodatin pois varjostimesta.
- Ota suojakilpi (5) päältä ja varmista, että valokuuva osuu koloon, kuten edellä kuvattiin.
- Laita suojakilpi päälle.
- Tutki 1. kertaluvun spektriä, siis värillisiä viivoja, jotka esiintyvät lähinnä valkoista juovaa. Mittaa kolmea ensimmäistä viivaa (ultravioletti, violetti ja sininen) vastaavat pysäytysjännitteiden arvot ja merkitse ne taulukkoon. Muista nollaukset ennen lukeman ottamista.
- Mitattaessa vihreää ja keltaista viivaa vastaavia jännitteitä on käytettävä vataavia suodatimia. Näin siksi, että suljetaan pois huoneesta ja laitteistosta mahd. heijastusten kautta tulevat liian korkeat taajuudet. Mittaa oikeaa suodatinta käyttäen nämä kaksi jännitettä ja merkitse nekin taulukkoosi.
- Jos toiset jatkavat mittauksia, jätä virta valolähteeseen. Katkaise virta jännitemittarista ja päälaitteesta.

# TYÖ L3 PLANCKIN VAKION KOKEELLINEN MÄÄRITTÄMINEN

## Tulosten käsittelystä

Todennäköisesti sinulla ei ole aikaa tehdä tätä välittömästi. jos aikaa kuitenkin on, etkä mittaa muuta, toimi näin:

Merkitse taulukkoasi vastaavat pisteet koordinaatistoon. Huomaa kuitenkin, että pystyakselilla ei ole pysäytysjännitteiden arvoja, vaan arvot  $E_{kin}^{max}$ , yksikkönä elektronivoltti. Muista, että pysäytysjännitteiden lukuarvot edustavat suoraan liike-energioita yksikkönä eV.

Piirrä sitten pisteitä mahdollisimman hyvin edustava suora (onnistuu tietysti parhaiten taulukkolaskentaohjelmalla).

Koska suoran yhtälö on muotoa  $E_{kin}^{max} = hf - W_0$ , on Planckin vakio suoran kulmakerroin.

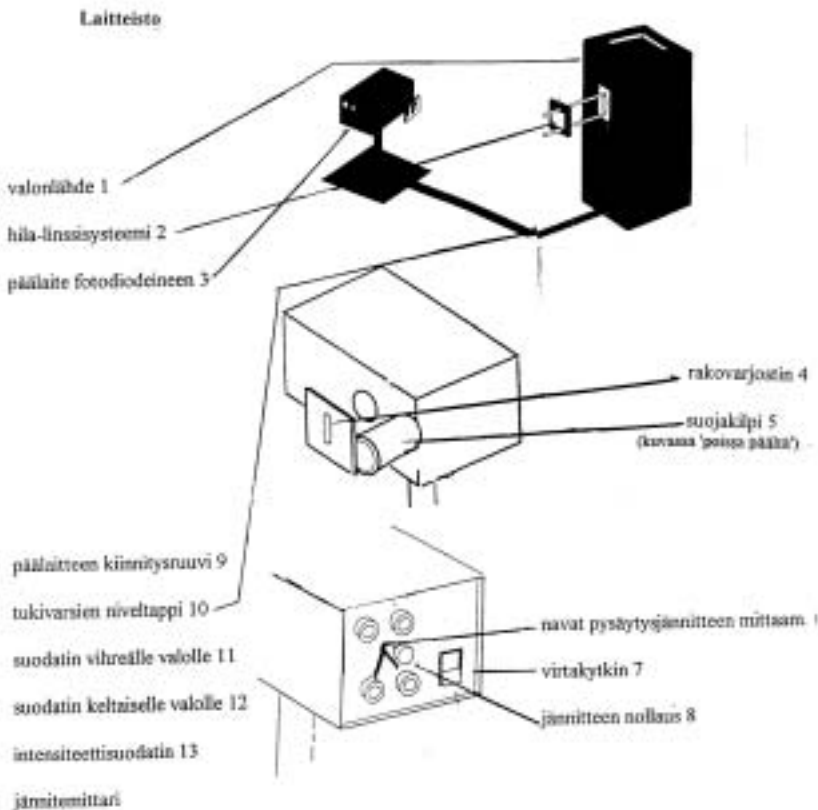
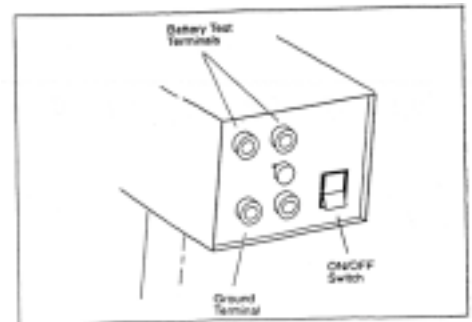
Määritä se ja huomaa, että sait h:n yksiköksi eV/Hz = eVs. Muunna tämä Js:ksi niin

voit verrata saamaasi arvoa oikeaan likiarvoon  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Js.

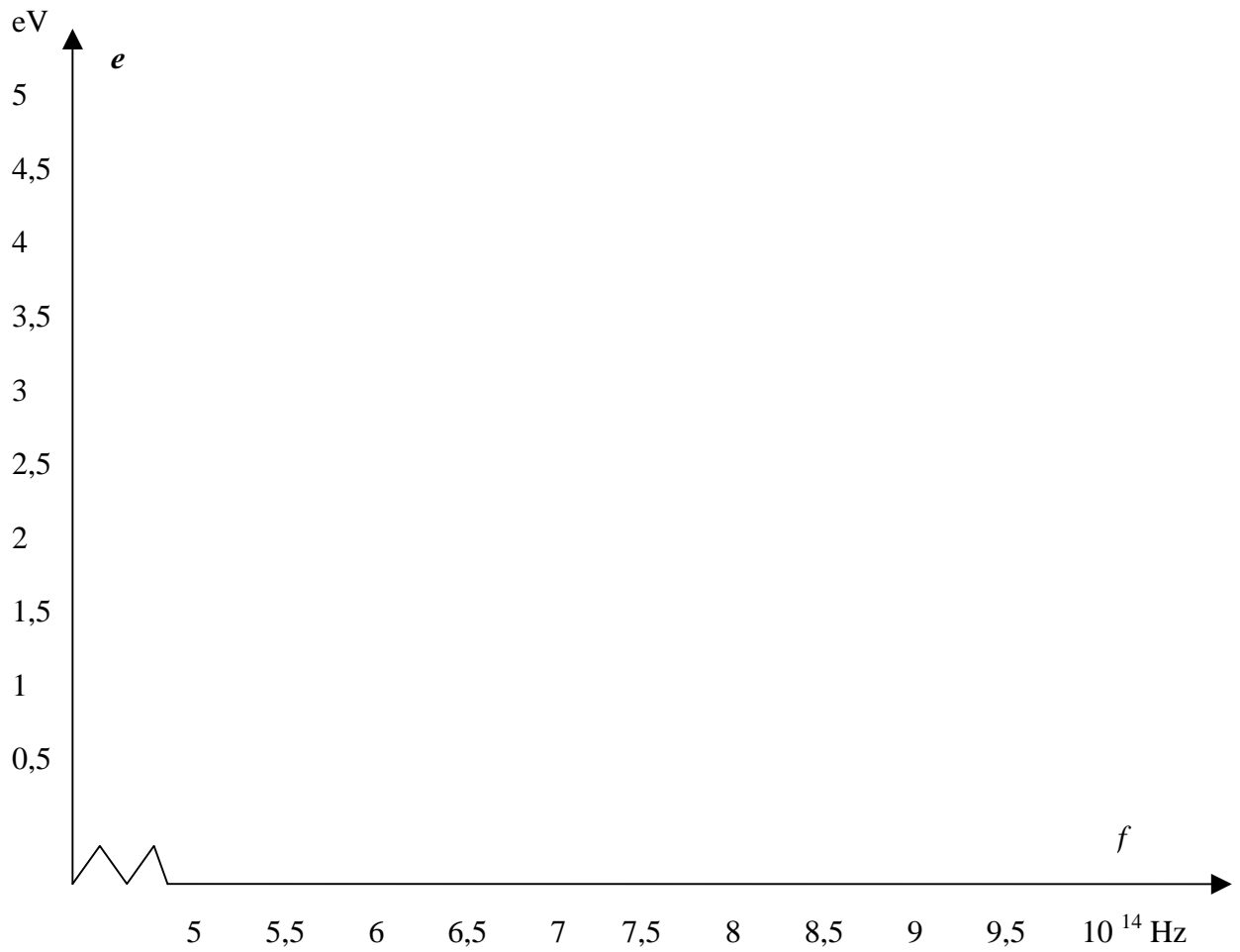
Kuviostasi voit nähdä myös irrotustyön  $W_0$  arvon, sekä kynnystaajuuden so. pienimmän taajuuden, jolla elektroneja irtoaa metallista.

## Paristotesti

Kytke jännitemittarin nollanapa laitteen maadoitettuun napaan ja mittarin toinen napa vuorotellen laitteen ylempiin patteritestinapoihin. Lukemien pitäisi olla yli 6 V ja alle -6 V. Jos näin ei ole, aukaise ruuvi päälaitteen takaa ja vaihda paristot.



## TYÖ L3

PLANCKIN VAKION KOKEELLINEN  
MÄÄRITTÄMINEN

## TYÖ L4 KYLMÄFYSIIKAN KOKEITA NESTETYPELLÄ

### Tarvikkeet

- nestetyppeä
- termospullo typen siirtelyä varten
- keitinlasi 500 ml ja 250 ml
- erlenmayer-pullo
- mittalasi
- posliinimalja
- ilmapalloja
- kumiletkoa
- kupari- ja rautalankaa tai nauvoja
- katkaisupihdit
- lyijylevystä tehty tiuku
- opettajan tai oppilaiden mukanaan tuomia tuoreita kasvinlehtiä, kukkia, hedelmäviipaleita tms.
- suprajohdekappale ja magneettikuutio
- pieniä styrokseen upotettuja suprajohdepaloja ( suprajohdejuna )
- magneettinauhaa junaradan rakentamista varten
- muoviset pihdit
- yleismittari
- johtimia
- NTC- ja PTC- puolijohteet
- vaaka
- tasavirtalähde
- käämi, pitkä rautasydän ja alumiinirengas
- suoja-alusta pöydälle
- suojavisiiri ja hansikkaat
- telineet lasiastioille

### Turvallisuusohjeet

- Noudata varovaisuutta nestetypen käsittelyssä. Lämpötila on noin **-190°C** ja iholle joutunut neste aiheuttaa paleltumia.
- Työt saa tehdä ainoastaan opettajan valvonnassa.
- Käytä suojahansikkaita, suojavisiiriä ja suojalaseja
- Kaada töitä varten tarvittava määrä nestetyppeä termoskannuun. Älä kaada suuresta säilytysastiasta typpeä suoraan keitinlaseihin tai muihin pieniin astioihin. Älä sulje termospullon korkkia tiiviisti.
- Katsele kokeita riittävältä etäisyydeltä.

## TYÖ L4 KYLMÄFYSIIKAN KOKEITA NESTETYPELLÄ

### 1. Kvalitatiivisia kokeita

- Tiputetaan muutama pisara nestetyypeä erlenmayer-pullossa olevan lämpimän veden päälle. Mitä havaitaan? Miten ilmiö selitetään?
- Heitetään muutama pisara nestetyypeä pöydän suojalevyille. Selitetään havainnot.
- Nestetyypeä kaadetaan tyhjän 500 ml:n keitinlasin pohjalle. Täyteen puhallettu ilmapallo viedään keitinlasiin tai keitinlasin suulle nestetyypen lähelle. Mitä pallolle tapahtuu ja miksi?
- Tutkitaan kumiletkun/muoviletkun/muovirenkaan taipuisuutta huoneen lämpötilassa ja nestetyypikäsittelyn jälkeen.
- Tutkitaan metallien taipuisuutta huoneenlämpötilassa ja nestetyypikäsittelyn jälkeen. Yritetään taivutella tai katkaista katkaisupihdeillä eri metalleja eri lämpötiloissa. Tehdään havainnot ja yritetään selittää ne.
- Tutkitaan lyijystä tehdyn tiu'un sointia huoneen lämpötilassa ja nestetyypijäähdytyksen jälkeen.
- Tutkitaan, mitä kudokselle tapahtuu, kun se jäähdytetään alhaisiin lämpötiloihin. Upotetaan tuore kasvi, hedelmäviipale tai kukka nestetyypen. Mitä havaitaan?

### 2. Levitaatio

Haihdutusmaljassa olevan suprajohdekappaleen päälle kaadetaan nestetyypeä ja annetaan nesteen hetken aikaa kiehua. Magneettipala asetetaan muovipihtien avulla suprajohdepalan päälle. Seurataan ilmiötä muutaman minuutin ajan. Suprajohdejuna jäähdytetään nestetyypessä ja viedään liukumaan pitkin magneettirataa. Miten havaitut ilmiöt selitetään ja missä niitä voitaisiin soveltaa.

### 3. Lämpötilan vaikutus resistanssiin

Kytetään vuorotellen NTC- ja PTC-puolijohde yleismittarin kanssa virtapiiriksi. Seurataan resistanssin muutosta, kun puolijohteet viedään huonelämpötilasta nestetyypen. Miten ilmiö voitaisiin selittää?

Asetetaan pitkä rautasydän pystyasennossa olevan käämin sisään. Pudotetaan alumiinirengas rautasydämen ympärille. Käämi kytetään virtalähteen napoihin. Kytetään virta päälle. Mitä havaitaan ja miten havainto selitetään? Toistetaan koe pitämällä alumiinirengasta ensin nestetyypessä. Mistä ero havaituissa ilmiöissä johtuu?

### 4. Nestetyypen tiheys

Kaadetaan nestetyypeä 100 ml:n mittalasiin ja yritetään mitata massa vaa'alla ja tilavuus lukemalla millilitra-asteikkoa. Lasketaan nestetyypen tiheys. Mitä ongelmia mittaukseen liittyy? Mitkä ilmiöt aiheuttavat mittausvirheitä?

## TYÖ L4 KYLMÄFYSIIKAN KOKEITA NESTETYPELLÄ

### Vastausvinkkejä

#### 1. Kvalitatiiviset kokeet

- Höyrystyvän typen lähellä ilma jäähtyy, vesihöyry tiivistyy ja jopa jäätyy.
- Nestetyypipisarat liikkuvat lähes kitkatta niiden ympärille syntyneen typpikaasutyynyn varassa kuten vesipisarat kuumalla keittolevyllä.
- Ilmapallo kutistuu, kun sisällä oleva ilma tihenee. Vesihöyry ja hiilidioksidi tiivistyvät ja jähmettyvät.
- Rakenneosasten lämpöliike hidastuu ja joustavuus katoaa.
- Lyijy kovenee lämpötilan laskiessa ja tiuku soi kirkkaammin.

#### 2. Levitaatio

Magneetin vieminen jäähdytetyn suprajohteen luo synnyttää suuren induktiovirran, koska suprajohteen resistanssi on olematon. Induktiovirran synnyttämä magneettikenttä on sen suuntainen, että kohdistaa hylkivän voiman magneetinpalaan, joka jää leijumaan.

#### 3. Lämpötilan vaikutus resistanssiin

Sekä NTC- että PTC-puolijohteen resistanssi kasvaa huomattavasti lämpötilan laskiessa nestetyypen lämpötilaan. Lämpöliike hidastuu ja samalla varauksenkuljettajien liike vähenee.

Alumiinirengas pomppaa siihen syntyvien induktiovirtojen takia. Kun alumiinirengas on jäähdytetty alhaiseen lämpötilaan, se pomppaa paljon korkeammalle. Metallin resistanssi pienenee lämpötilan laskiessa ja induktiovirta ja samalla magneettikenttä kasvavat suuremmiksi.

#### 4. Nestetyypen tiheys

Nestetyppi kiehuu koko ajan ja yhtäaikainen tilavuuden ja lämpötilan lukeminen on vaikeaa. Jos lukemaa odotetaan liian kauan, ympäröivästä ilmasta tiivistynyt vesi vääristää mittaustulosta.

## TYÖ L5 HALLIN ILMIÖ, PERMEABILITEETIN MITTAUS

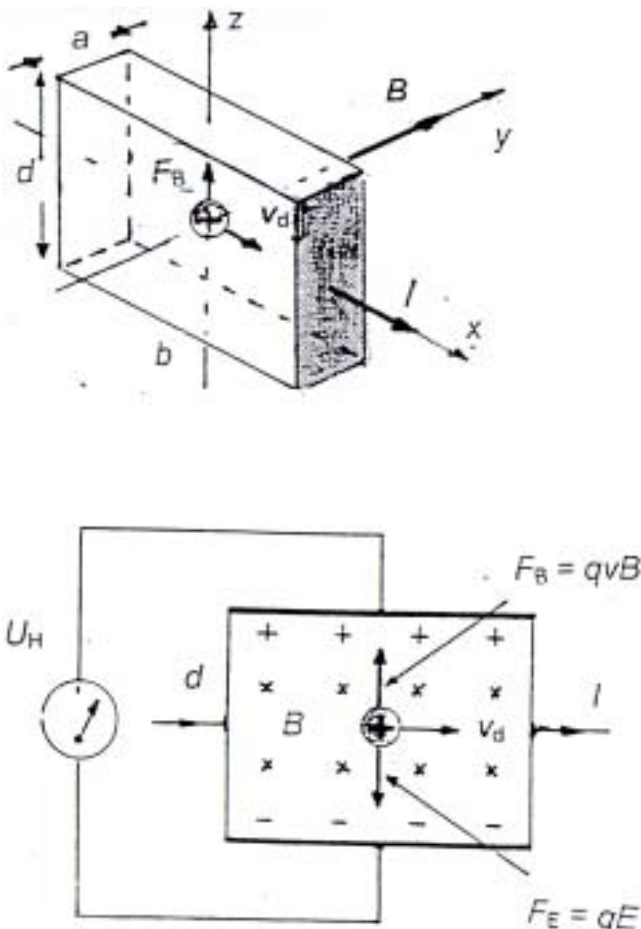
### Löytyminen

Yhdysvaltalainen Edwin H. Hall (1855-1938) tutki mm. aineiden sähköjohtavuutta ja löysi menetelmän, jolla hän pystyi mittaamaan virrankuljettajien nopeutta aineissa. Hän asetti levynmuotoisen virtajohtimen kohtisuorasti homogeeniseen magneettikenttään ja havaitsi, että johdin polarisoituu kohtisuorasti sekä magneettikenttää että sähkövirran kulkusuuntaa vastaan. Johtimen reunojen välille syntyy mitattava jännite, jota sanotaan Hallin jännitteeksi  $U_H$ . Tutkimuksen mukaan jännitteen suuruus riippuu magneettivuon tiheydestä, virrankuljettajien tiheydestä ja nopeudesta aineessa. Hall havaitsi ilmiön vuonna 1879. Tämä ns. Hallin ilmiö tekee mahdolliseksi mm. tutkia eri materiaalien, kuten metallien, puolijohteiden ja kaasujen sähkönjohtavuuteen vaikuttavia tekijöitä, virrankuljettajien nopeutta ja tiheyttä aineissa ja mitata magneettivuon tiheyttä. Hallin ilmiöön perustuvat monet hyvin herkäät lämpö- ja painemittarit sekä säteilyn ilmaisimet.

### Hallin jännite

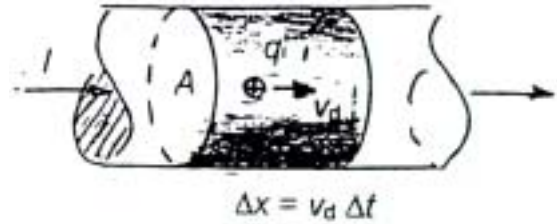
Kuva esittää magneettikentässä olevaa Hallin levyä, jossa tapahtuvaa ilmiötä tutkitaan. Levyn mitat ovat  $a$ ,  $b$  ja  $d$ . Sähkövirran  $I$  ja magneettivuon tiheyden  $B$  suunnat on merkitty kuvaan.

Virrankuljettajiin vaikuttava magneettinen voima on  $F_B = qv \times B$ . Sen suuruus on  $F_B = qvb$  ja suunta ylöspäin. Kun levy polarisoituu, siihen syntyy sähkökenttä  $E$ . Se vaikuttaa virrankuljettajiin voimalla  $F_E = qE$  alaspäin.



## TYÖ L5 HALLIN ILMIÖ, PERMEABILITEETIN MITTAUS

Virrankuljettajat liikkuvat magneettikentässä ja sähkökentässä suoraan, kun  $F_B = F_E$  eli  $qv_d B = qE$ .  
 Nyt levyjen reunojen välinen jännite  $U = Ed = v_d B d$ .  
 Virrankuljettajien tiheys (kpl/tilavuusyksikkö) levyssä on  
 $n = I/(qv_d A)$ . Levyn poikkipinta-ala  $A = ad$ .



Hallin jännite, joka voidaan mitata, on siis  $U_H = (RHIB)/d$ .

$R_H = 1/nq$  on ns. Hallin kerroin.

Metalleissa elektronien nopeus  $v_d$  on noin 1 mm/s, puolijosteissa paljon suurempi, noin 0,3 m/s.

Johdeliuskaan syntyvä Hallin jännite  $U_H$  on hyvin pieni, 20-30  $\mu\text{V}$ , ja puolijosteisiin, esim. germanium- ja piilevyyn, muutamia millivolteja.

### Työn tarkoitus ja välineet

Tässä työssä mitataan Hallin antureilla virtakäämien magneettikenttiä ja määritetään tyhjiön permeabiliteetti.

1. Tutkitaan virtakäämin magneettikenttää käämin sisällä ja ulkopuolella ja rautasydämen vaikutusta siihen.  
 Mitataan käämissä kulkeva sähkövirta  $I$  ja sen synnyttämän magneettikentän vuon tiheys  $B$ .
2. Mitataan avoimessa pitkässä käämissä kulkeva sähkövirta  $I$  ja magneettivuon tiheys  $B$  käämin keskellä. Mittaustulosten perusteella määritetään tyhjiön permeabiliteetti eli magneettivakio  $\mu_0$ .

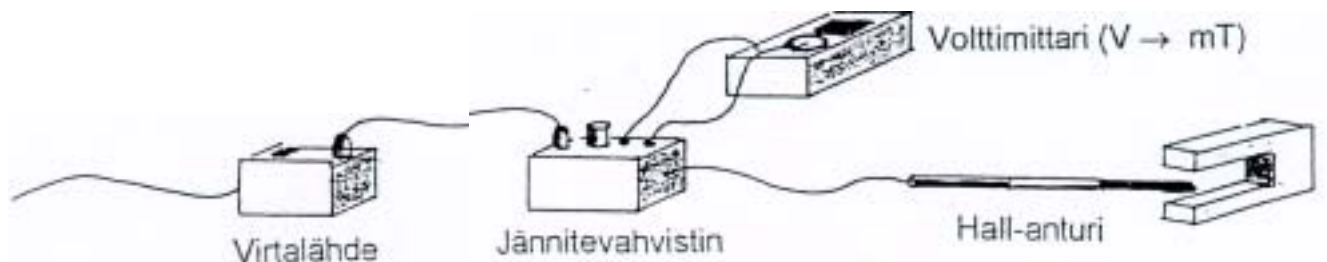
Mittauksissa käytettävät välineet ovat:

yleisvirtalähde, volttimittari, ampeerimittari  
 tangentialinen Hallin anturi, aksiaalinen Hallin anturi,  
 jännitevahvistin ja sen virtalähde  
 käämi (1200 k), rautasydän, pitkä käämi, sähköjohtoja

**Hallin anturit on kalibroitu siten, että volttimittarin näytössä 1 voltti vastaa 1 milliteslaa, siis  $1 \text{ V} \hat{=} \text{mT}$ .**

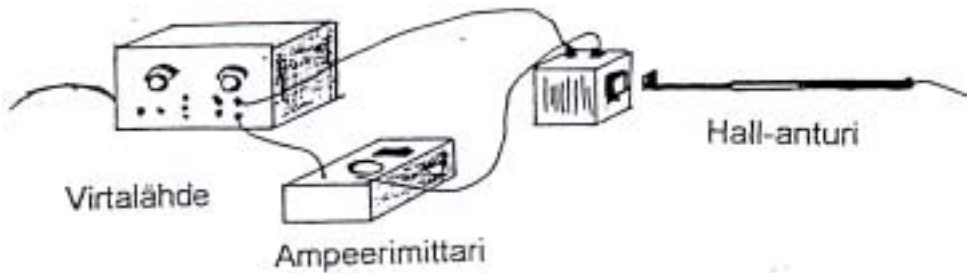
### Työn suoritus

1. Kytke jännitevahvistimeen sen oma virtalähde, volttimittari (COM...V) ja Hallin anturi. Valitse jännitevahvistimesta mittaalue 30 mT ja volttimittarista tasajännitealue. Tällä kytkennällä mitataan magneettivuon tiheys. Hallin anturin tulee olla kohtisuorassa magneettikenttää vastaan.



## TYÖ L5 HALLIN ILMIÖ, PERMEABILITEETIN MITTAUS

Kytke käämi (1200 k) ja ampeerimittari (COM... 20a) sarjassa yleisvirtalähteeseen. Sijoita Hallin anturi käämin aukon suulle. Mittaa käämin sähkövirta ja magneettivuon tiheys. Merkitse tulokset työselostuksessa olevaan taulukkoon. Älä ylitä käämin sähkövirran kestoä. Laita käämiin rautasydän ja mittaa magneettivuon tiheys rautasydämen päästä. Toista mittaussarja ja merkitse tulokset taulukkoon. Voit myös tutkia magneettivuon tiheyttä käämin ympärillä.



Piirrä kuvaajat samaan  $(I, B)$  –koordinaatistoon ja pohdi rautasydämen vaikutusta käämin magneettikenttään.

2. Vaihda käämin paikalle pitkä avoin käämi. Työnnä Hallin anturi Käämin keskelle. Mittaa sähkövirta ja magneettivuon tiheys. Kirjoita tulokset taulukkoon.

### **Huomaa! Suurin sähkövirta on 5 A.**

Mittaa käämin pituus ja laske johdinkierrosten lukumäärä.

Käännä mittausten loputtua virtakatkaisimet 0-asentoon, myös V- ja A- mittareista.

Piirrä kuvaaja  $(I, B)$  –koordinaatistoon.

Tutki, antaako mittaus käämin suureyhtälön (MAOL-taulukot s. 119) ennustaman tuloksen.

Määritä kuvaajaa käyttäen tyhjiön permeabiliteetti  $\mu_0$ .

# TYÖ L5 HALLIN ILMIÖ, PERMEABILITEETIN MITTAUS

## Mittauspöytäkirja ja työselostus

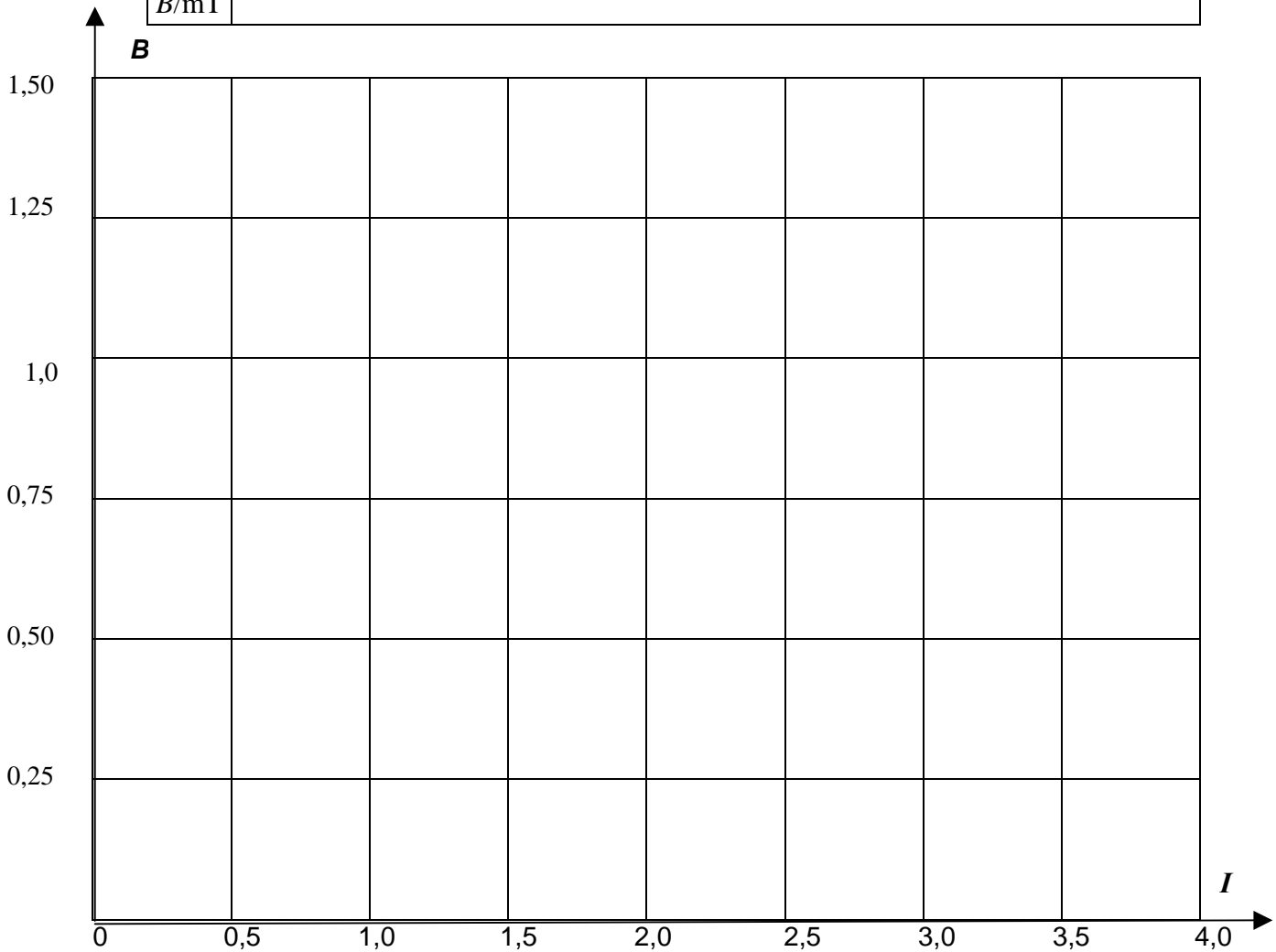
### 1. Käämi ja rautasydän

Käämi ilman rautasydäntä

$I/A$	
$B/mT$	

Käämi ja rautasydän

$I/A$	
$B/mT$	



**Johtopäätöksiä:**

## TYÖ L5 HALLIN ILMIÖ, PERMEABILITEETIN MITTAUS

### 2. Pitkä käämi

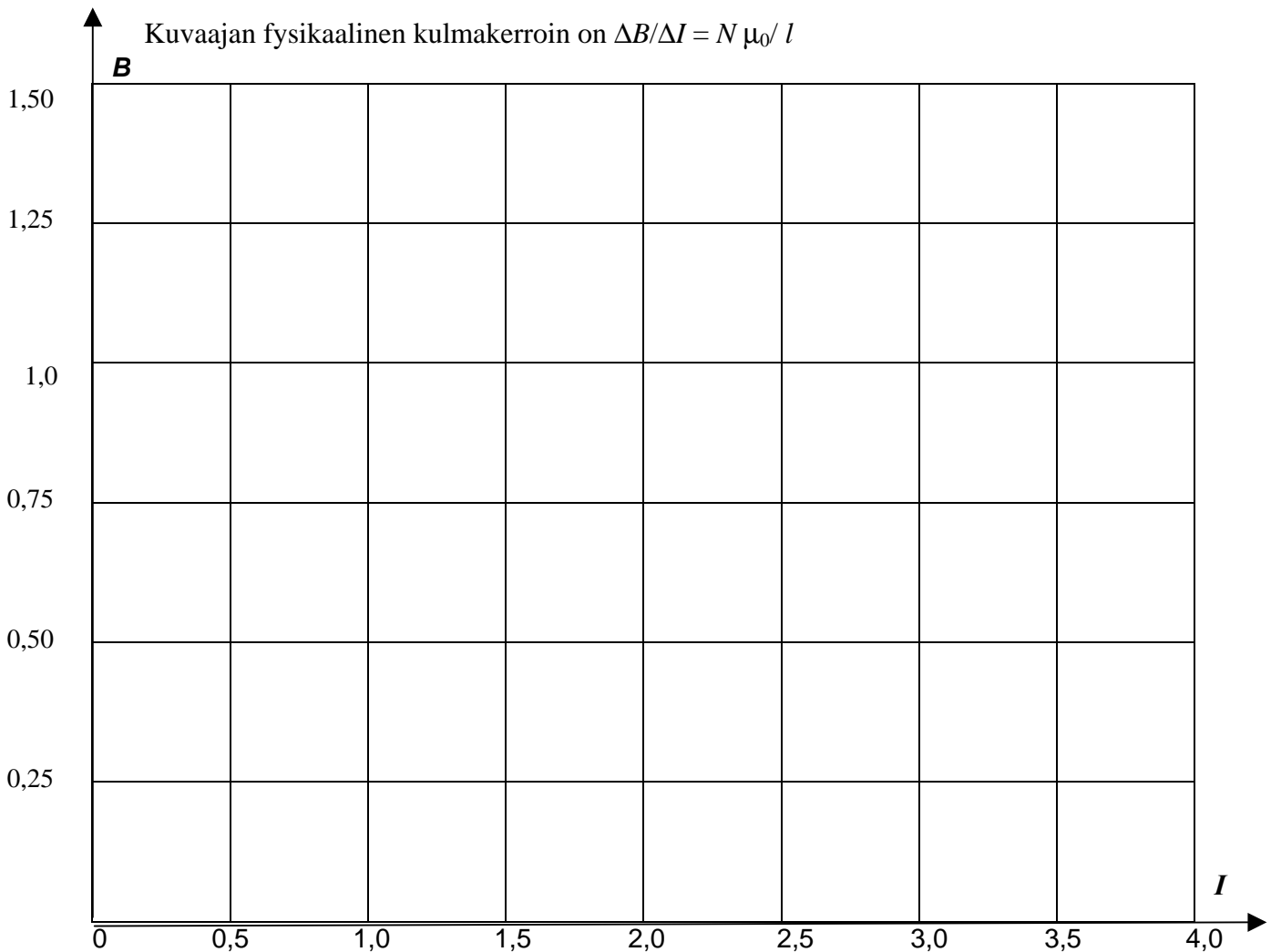
$I/A$	
$B/mT$	

Käämin pituus \_\_\_\_\_

Johdinkierrosten lukumäärä \_\_\_\_\_

Magneettivuon tiheys pitkän käämin sisällä on  $B = (N \mu_0 I)/l$

Kuvaajan fysikaalinen kulmakerroin on  $\Delta B/\Delta I = N \mu_0 / l$



a) Kun sähkövirta  $I =$  \_\_\_\_\_ A, magneettivuon tiheyden mitattu arvo on  $B =$  \_\_\_\_\_ mT ja laskettu arvo  $B =$  \_\_\_\_\_ mT.

b) Tyhjiön permeabiliteetti  $\mu_0 =$  \_\_\_\_\_  $N/A^2$  taulukkoarvo  $\mu_0 =$  \_\_\_\_\_  $N/A^2$

**Arviointia ja johtopäätöksiä:**

## TYÖ L6 PARISTON NAPAJÄNNITE, LÄHDEJÄNNITE JA SISÄINEN RESISTANSSI

### Avoin oppilastyö

**Käytössä olevat välineet:** kytkentäalusta, johtimia, vastuksia: 4 kpl 1 k $\Omega$ , 2 kpl 15 k $\Omega$ , 3 kpl 220 k $\Omega$ , kaksi oikosulkukappaletta, kaksi yleismittaria, 9 V:n paristo, 1,5 V:n paristo tai kaksi 1,5 V:n paristoa rinnan.

**Tutkitaan,** miten pariston napojen väliltä mitattu jännite, napajännite, riippuu piirissä kulkevasta virrasta.

**Työn suoritus** voidaan toteuttaa ryhmän ikäluokan ja tason mukaisessa laajuudessa.

1. Kytetään vastuksia eri tavalla rinnan ja sarjaan. Piirretään jokaisesta kytkennästä kytkentäkaavio. Mietitään virran suuruusjärjestys kytkentäkaavioiden perusteella ja tehdään johtopäätökset kvalitatiivisesti:

Lähdejännite on **likimain** napajännite siinä tilanteessa, kun piirissä on ainoastaan paristo ja volttimittari, jolla on hyvin suuri sisäinen resistanssi.

2. Käytetään vastuksia ja tehdään mahdollisimman monta erilaista kytkentää ja mitataan virrat eri kytkennöissä kummallakin paristolla. Piirretään kuvaaja ( $I, U$ )-koordinaatistoon ja määritetään sisäinen resistanssi kulmakertoimena ja lähdejännite  $U$ -akselin leikkauskohtana.



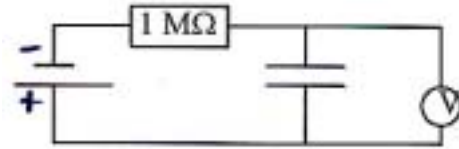
### Ohjearvoja kytkennöissä:

1. 9 V:n pariston kanssa kytetään esimerkiksi: 1 k $\Omega$ , kaksi 1 k $\Omega$ :n vastusta rinnan ja 1 k $\Omega$ :n vastus rinnankytkennän kanssa sarjassa, kaksi 1 k $\Omega$ :n vastusta sarjassa, kaksi 1 k $\Omega$ :n vastusta sarjassa ja sarjakytkennän kanssa rinnan kaksi 1 k $\Omega$ :n vastusta, kolme 1 k $\Omega$ :n vastusta sarjassa, kaksi 15 k $\Omega$ :n vastusta rinnan, 15 k $\Omega$ :n vastus, kaksi 15 k $\Omega$ :n vastusta.
2. 1,5 V:n paristoa käytettäessä, kytetään 220  $\Omega$ :n vastuksia vastaavalla tavalla rinnan ja sarjaan.

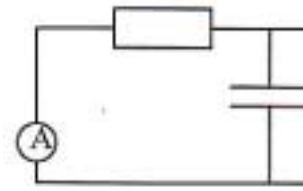
## TYÖ L7A KONDENSAATTORIN PURKAUSKÄYRÄ, KAPASITANSIN MÄÄRITYS

**Välineet:** Kytentäalusta, kolme  $10\ \mu\text{F}$ :n kondensaattoria, kaksi yleismittaria, kolme  $9\ \text{V}$ :n paristoa, yksi  $1\ \text{M}\Omega$ :n vastus, johtimia, kello

1. Kondensaattori ladataan  $1\ \text{M}\Omega$ :n vastuksen kautta paristolla. Seurataan kondensaattorin jännitettä ajan funktiona. Merkitään muistiin latautuneen kondensaattorin jännite  $U$ .



2. Irrotetaan jännitelähde ja volttimittari kondensaattorista. Kytetään jännitelähteen paikalle ampeerimittari ( $\mu\text{A}$ ) ja seurataan purkautumisvirtaa ajan funktiona.



3. Toistetaan koe1 lataamalla kondensaattori noin  $18\ \text{V}$ :n jännitteellä (kaksi paristoa sarjassa) ja seurataan purkautumisvirtaa ajan funktiona. Toistetaan vielä edellinen koe  $27\ \text{V}$ :n jännitteellä (kolme paristoa sarjassa).
4. Kytetään ensin kaksi kondensaattoria ja sitten kolme kondensaattoria rinnan ja systeemit ladataan. Toistetaan kohdan 2 ja 3 työ.
5. Piirretään millimetripaperille tulokset  $(t, I)$ -koordinaatistoon ja määritetään sähkövaraus  $Q$  kullakin jännitteen arvolla ja kullakin kytkennällä fysikaalisena pinta-alana.
6. Piirretään millimetripaperille kuvaaja  $(U, Q)$ -koordinaatistoon ja määritetään kondensaattorin kapasitanssi kulmakertoimena. Määritetään varastoituneet energiat fysikaalisina pinta-aloina.
7. Mitataan vielä kondensaattorin kapasitanssi yleismittarilla sekä kapasitanssit rinnankytkennöissä ja verrataan tuloksia.

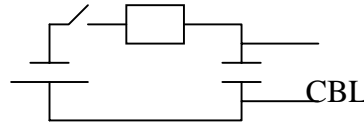
## TYÖ L7B KONDENSAATTORIN LATAUTUMISEN JA PURKAUTUMISEN TUTKIMINEN TIEDONKERÄIMEN AVULLA

**Välineet:** Kytkeäalusta, 10  $\mu\text{F}$ :n kondensaattori, 9 V:n paristo, 1M $\Omega$ :n vastus, johtimia, CBL 2 tiedonkeräin, TI-jänniteanturi

### Kondensaattorin latautuminen

Tee oheisen kytkentäkaavion mukainen kytkentä.

Kytke jänniteanturi kondensaattorin päiden välille.



### Kytke jänniteanturi CBL 2-keräimen kanavaan CH1.

1. Paina ON
2. Paina APPS-näppäintä
3. Siirry kohdistinnäppäimen avulla kohtaan DataMate ja paina ENTER
4. Paina 1 (SETUP)
5. Siirry kohdistinnäppäimen avulla kohtaan MODE ja paina ENTER
6. Paina 2 (TIME GRAPH)
7. Paina 2 (CHANGE TIME SETTINGS)
8. Kirjoita kohtaan "time between samples" 0.1 ja kohtaan "number of samples" 200
9. Paina 1 (OK)
10. Paina 1 (OK)

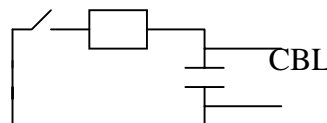
Sulje virtapiiri ja aloita samanaikaisesti mittaus painamalla 2 (START)

Tutki kondensaattorin latautumiskäyrää.

### Kondensaattorin purkautuminen

**Siirry CBL:n päävalikkoon. Poista kytkennästä paristo ja korvaa se oikosulkukappaleella. Sulje virtapiiri ja käynnistä samanaikaisesti mittaus painamalla 2 (START)**

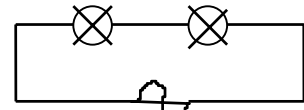
Tutki kondensaattorin purkautumiskäyrää.



## TYÖ L8 VAIHTOVIRTAPIIRI

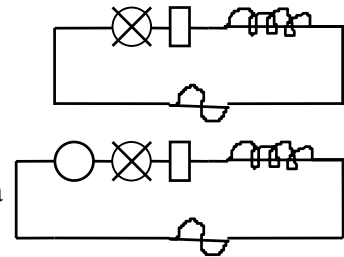
### A. Vastus vaihtovirtapiirissä

Kytetään kaksi polttimoa sarjaan funktiogeneraattorista saatavaan noin 3 V:n sinimuotoiseen vaihtojännitteeseen niin, että lamppu palaa sopivalla kirkkaudella. Pidetään jännite vakiona ja kasvatetaan taajuutta nolasta alkaen. Muuttuuko lampun kirkkaus taajuuden muuttuessa? Vertaillaan lampun syttymistä ja sammumista taajuuslukeman kanssa.



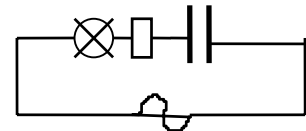
### B. Käämi vaihtovirtapiirissä

Kytetään sarjaan lamppu, vastus ja käämi, jossa on 600 kierrosta, funktiogeneraattorin sinijännitteeseen (n.4 V). Tutkitaan piirissä kulkevaa virtaa, kun taajuus vaihtelee 10Hz:sta 10 kHz:iin seuraamalla lampun kirkkautta sekä virtamittarin lukemaa. Toistetaan koe, kun käämissä on rautasydän. Mitä havaitaan? Tehdään koe vielä käämillä, jossa on 1200 kierrosta.



### C. Kondensaattori vaihtovirtapiirissä

Kytetään kondensaattori, jonka kapasitanssi on 1,0 μF, vastuksen kanssa sarjaan. Yhdistelmä liitetään funktiogeneraattorista saatavaan sinimuotoiseen vaihtojännitteeseen. Vaihdeltaan taajuutta ja seurataan virran suuruutta lampulla tai virtamittarilla. Mitä havaitaan?.



### D. Piirin resonanssikohdan määrittäminen

Kytetään sarjaan lamppu, käämi ja kondensaattori (1200 kierrosta ilman rautasydäntä, induktanssin arvo merkitty käämiin, 1,0 μF) 6,0 V:n jännitteeseen. Vaihdeltaan taajuutta 1kHz:n taajuusalueella. Haetaan taajuus, jolla lamppu palaa kirkkaimmin. Silloin piirin impedanssi Z on pienimmillään.

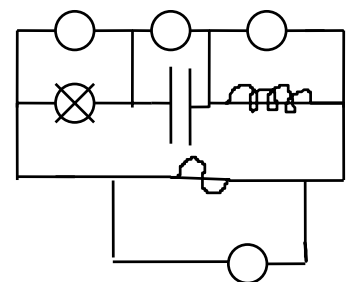
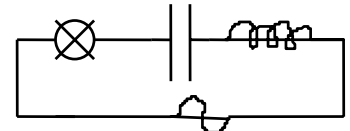
$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

Z on pienimmillään, kun  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  .

Tällöin  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

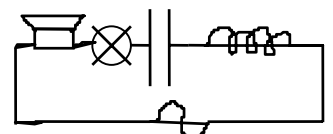
Verrataan laskemalla saatua resonanssitaajuutta mitattuun.

Mittaa komponenttien jännitehäviöitä ja vertaa jännitehäviöiden vektorisummaa kokonaisjännitteeseen.



### E. Lisätehtävä

Lisätään D- kohdan sarjakytkentään kaiutin ja käämiin laitetaan rautasydän. Haetaan resonanssikohta lampun kirkkautta seuraamalla. Kuunnellaan äänen voimakkuuden vaihtelua. Mitä havaitaan? Voidaanko kuuntelemalla seurata virran vaihteluja?



**TYÖ L9**

**MUUNTAJA**

## TYÖ L10    MAGNEETTIKENTTÄTUTKIMUKSIA

1. Käynnistä tietokone. Käynnistä Windows ( win, enter ). Paina cancel, kun kone kysyy salasanaa. Avaa cattsoft- mittausohjelma.
2. Mene ohjelman File-valikkoon ja avaa abb300.phx. Oletuksena on, että anturi on 300 mT:n alueella.
3. Kun olet avannut tiedoston, ruudulla pitäisi olla mittarinäkymä, jossa yksikkönä on millitesla mT.
4. Kytke virta magneettivoanturin jännitelähteeseen sekä interfaceen.
5. Mittaus käynnistyy ruudun oikeasta laidasta näkyvältä välilehdeltä 'recorder' napauttamalla punavihreää kytkintä.
6. Palaamalla takaisin välilehdelle ' Display' saat näkyviin magneettivuon arvot.
7. Ohjelma keskeyttää mittauksen samasta punavihreästä kytkimestä.

**Huom.** Jos käytät magneettivoanturin 3 mT:n tai 30 mT:n alueita, sinun tulee avata tiedosto aab3.thx tai abb30.thx.

