

FYSP1082

Perusopinnojen laboriotyöt 2 kevät 2023

Aloitusluento

Jussi Maunuksela

10.1.2023

Aloituseruennon sisältö:

- **Opintojakson suorittaminen:**
 - **Laboratoriotyöt, työmäärä, tehtävien palautus ja arviointi sekä kurssin arvostelu**
- **Laboratoriotyöt:**
 - **Lapputöiden ja arvioitavien töiden esittely.**
 - **Töiden ajoitus**
- **Laboratoriotyöskentely:**
 - **Yleistä laboratoriossa työskentelystä**
 - **Yleisiä turvallisuusmääräyksiä**
- **Kytkenäkaavioiden laadinta ja tulkinta**

Opintojakson suorittaminen

Tämän laboratoriotyökurssin työt liittyvät aihealueiltaan kurssien FYSP1040 Sähköopin perusteet ja FYSP1050 Sähkömagnetismin perusteet sisältöihin.

Mitä opiskelijan odotetaan osaavan opintojakson suoritettuaan eli mitä oppija tietää, ymmärtää tai kykenee tekemään oppimisen tuloksena?

Ydinsisältö:

- Opintojaksojen Sähköopin perusteet ja Sähkömagnetismin perusteet aihepiireihin liittyviä mittaustekniikoita.
- Mittausten suunnittelua, toteutusta ja dokumentointia.
- Mittaustulosten keräämistä, esittämistä graafisesti ja luotettavuuden arviointia.
- Kokeellisen tutkimuksen raportointia.
- Virheen eteneminen laskutoimituksessa. Harjoitellaan maksimi-minimi-virhearviota tai virheen yleisen etenemislain käyttöä.

Osaamistavoitteet: Opiskelija osaa

- laatia ja tulkita kytkentäkaavioita ja käyttää sähkösuureiden mittaamiseen tarkoitettuja mittalaitteita.
- suunnitella ja toteuttaa kokeellisen tutkimuksen itsenäisesti ja yhteistyössä muiden kanssa.
- tulkita kokeellisia havaintoja ja arvioida niiden luotettavuutta.
- hyödyntää tietokonetta kokeellisen työskentelyn apuna monipuolisesti (datankeruu, tekstinkäsittely, esitysgrafiikka, taulukkolaskenta ja kuvankäsittely)

Kurssin suoritukseen sisältyy kuusi ohjattua laboratoriotyötä: neljä (4) lapputyötä ja kaksi (2) arvioitavaa selostustyötä.

Lappu- ja selostustöihin valmistaudutaan

- **lukemalla huolellisesti työohje, jonka voit ladata työosaston verkkosivulta**
- **tekemällä työohjeessa annetut tehtävät, jotka palautetaan ennen työvuoroa Moodleen.**

Lapputyö

- **Mittaukset, tulosanalyysi, virhearvio ja kirjallisuusarvoihin vertaaminen tehdään valmiiksi työvuoron aikana.**
- **Työ dokumentoidaan mittausten aikana täytettävälle kaavakkeelle, jonka saat oppilaslaboratoriosta.**
- **Työ pyritään saamaan valmiiksi työvuoron aikana.**
- **Arviointi hyväksytty/hylätty.**

Arvioitava selostustyö

- **Mittaukset sekä alustavat tulos- ja virhelaskut tehdään työvuoron aikana.**
- **Tulosanalyysi, virhearvio ja kirjallisuusarvoihin vertaaminen tehdään valmiiksi työvuoron jälkeen.**
- **Tehdyistä mittauksista ja työhön liittyvästä mittaustulosten analyysistä laaditaan selostus.**
- **Selostus palautetaan työn vastuuhenkilölle (1) palautteen antoa ja (2) arviointia varten.**
- **Arviointi 0-12 pistettä.**

Ajankäyttö ja sen suunnittelu ovat avainasemassa laboratoriotöihin valmistautumisessa, tekemisessä ja raportoinnissa.

Työmäärän mitoitus ja opintopisteet

Opintojakson laajuus on 2 opintopistettä ja sitä vastaava keskimääräinen työmäärä on 54 tuntia.

Kysely 1: Arvio lukemiseen kuluvasta ajasta:



Kysely 2: Arvio kirjoittamiseen kuluvasta ajasta:



Arvio opintojakson keskimääräisestä työmäärästä sillä oletuksella, että laboratoriotöihin liittyvä fysiikka on jo teoriakurssilta tuttua.

Suorituksen osat	Itsenäinen työskentely	Ohjattu työskentely laboratoriossa	Raportin kirjoittaminen (< 10 sivua)	Yhteensä
Aloitusluento				2 h
Lapputyö (4 kpl)	4 x 1 h	4 x 4 h		20 h
Avoin selostustyö	4 h	4 h	9 h	17 h
Normaali selostustyö	2 h	4 h	9 h	15 h
Yhteensä	10 h	24 h	18 h	54 h



Laboratoriotöiden kirjallisten tehtävien palautus, arvostelu ja pisteytys.

Ennakkotehtävät

Palautus Moodleen ennen työvuoroa.
Assistentti kuulustelee tehtävät vuoron aluksi.

Mittauskaavakkeet ja –pöytäkirjat

Esitellään osastovuorolla olevalle assistentille.
Palautus Moodleen osastovuoron loppuksi.
Assistentti arvostelee hyväksyty/hylätty.

Mittaussuunnitelmat

Palautus Moodleen viikkoa ennen työvuoroa.
Vastuhenkilö tarkistaa ja antaa palautetta.
Vastuhenkilö arvostelee hyväksyty/hylätty.

Työselostukset (2-vaiheinen palautus)

Palautus 1: Työselostus vastuuhenkilölle palautteen antoa varten

- Kahden viikon kuluessa mittauksesta.
Sanktio -2 p, jos palautus myöhässä!
- Arviointi asteikolla:
Kiittäen hyväksyty/Hyväksyty/Hylätty

Palautus: Vastuuhenkilöltä palaute työselostuksesta neljän viikon kuluessa mittauksesta.

Palautus 2: Lopullinen versio työselostuksesta vastuuhenkilölle tarkastettavaksi

- Kuuden viikon kuluessa mittauksesta.
Sanktio -4 p, jos palautus myöhässä!
- Pistemäärä maksimissaan 12 (ks. [pisteytysohje](#))

Opintojakso arvioidaan asteikolla 0-5. Arvosana muodostuu kahden arvosteltavan selostustyön kokonaispisteiden perusteella.

Hyväksytyyn suoritukseen vaaditaan:

1. Neljä hyväksyttyä lapputyötä
2. Kaksi hyväksyttyä selostustyötä, joista yhteensä vähintään 12 pistettä. Toisen selostustöistä tulee olla avoin selostustyö.

Arvosanan korottaminen

Mikäli et ole tyytyväinen arvioitavasta työstä saatuun pistemäärään, suorituksen voi uusia tekemällä jonkin muun kurssin työpakettiin kuuluvan työn.

Kokonaispisteet	Arvosana
22 – 24	5
20 – 21	4
17 – 19	3
15 – 16	2
12 – 14	1
<12	0 (hylätty)

Suoritusaika 10.1.-31.7.2023

Jos kurssin aikana jää laboratoriotöitä tekemättä, niitä voi käydä mittaamassa 15.12.2023 saakka. Kurssi katsotaan keskeytyneeksi ja merkitään hylätyksi, jos sen laboratoriotöitä ei ole aloitettu 30.6.2023 mennessä tai töitä ei ole suoritettu loppuun annetussa ajassa. Tällöin kurssi on suoritettava uudestaan.

Laboratoriotyöt

Työpakettiin on sisällytettävä töitä kaikista kolmesta alueesta, sähköopista, sähkömagnetismista ja optiikasta.

K1 Yleismittarien käyttäminen -työ on ensimmäisenä tehtävä, kaikille pakollinen lapputyö.

Töiden tekeminen aloitetaan työstä ”Yleismittarien käyttäminen”, koska yleismittareita käytetään useimmissa kurssin töissä.

Työn suorittaminen:

1. Varaa aika mittauksille. Ajanvaraus Moodlessa.
2. Perehdy työhjeeseen. Palauta itsenäisesti tekemäsi ennakkotehtävä Moodleen.
3. Tee mittaukset työvuorolla. Palauta työvuoron lopuksi täyttämäsi mittauskaavake.

Työvuorot

Tarjolla 10 vuoroa, jokaisella työvuorolla on tilaa 6 mittaajalle:

- Tiistaina 17.1. ja 24.1. klo 8.00-12.00, 12.00-16.00 tai 16.00-20.00
- Keskiviikkona 18.1. ja 25.1. klo 8.00-12.00 tai 16.00-20.00



Vuorolle ilmoittautumisen varoaika on aina 2 päivää. Tämän jälkeen varattua aikaa ei voi enää perua.

Sähköopin alueesta on valittavana kaksi lapputyötä ja avoin selostustyö.

Sähköopin työpaketti:

K2 Tasapotentialipinnat

- Sähkökentän potentiaalijakauman kokeellinen ja numeerinen tutkiminen.

K3 Resistanssin lämpötilariippuvuus

- Kuparin resistanssin tutkiminen nestetyössä ja huoneilmassa.

1 Ohmin laki, vastukset ja kondensaattorit

- Mittausten suunnittelu teoriatietojen pohjalta.
- Vastuksien ja kondensaattorien ominaisuuksien ja Ohmin lain kokeellinen tutkiminen.

Teoriatausta:

- Varausmalli ja sähköinen vuorovaikutus
- Johteet ja eristeet
- Sähkökenttä, sähkökentän vuo ja Gaussin laki
- Sähköstaattinen potentiaali
- Kapasitanssi ja kondensaattorit sekä sähkökentän energia
- Sähkövirta, vastus, sähkömotorinen voima ja virran teho
- Tasavirtapiirit ja Kirchhoffin lait.

Tietoa kurssin töistä ja niiden työohjeet löytyvät Työosaston verkkosivulta.

Sähkömagnetismin alueesta on valittavana kaksi lapputyötä ja kaksi normaalia selostustyötä.

Sähkömagnetismin työpaketti:

K4 Helmholtzin kelat

- **Johdinkelojen tuottaman magneettikentän mittaaminen**

K6 RC-suodattimet

- **RC-vaihtovirtapiirien ominaisuuksien tutkiminen**

2 Elektronin liike magneettikentässä

- **Varattujen hiukkasten liike mg-kentässä ja virhelähteet mittauksissa.**

3 Vaihtovirtakomponentit

- **Vaihtovirtapiirien ja niiden komponenttien toiminta.**

Teoriatausta:

- **Magneettinen vuorovaikutus ja magneettikenttä**
- **Liikkuva varaus magneettikentän lähteenä ja Ampéren laki**
- **Varatun hiukkasen liike sähkö- ja magneettikentissä**
- **Sähkömagneettinen induktio: Faradayn ja Lenz'in lait**
- **Induktanssi ja magneettikentän energia**
- **Yksinkertaiset vaihtovirtapiirit**
- **Impedanssi ja vaihtovirran teho**
- **Yli- ja alipäästösuotimet**
- **Maxwellin yhtälöt**

Huom. Töiden K6 ja 3 tekeminen vaatii oskilloskoopin käytön perusteiden hallintaa.

Optiikan alueesta on valittavana lapputyö ja avoin selostustyö.

Optiikan työpaketti:

K7 Fraunhoferin diffraktio

- Valon aaltoluonne: tutkitaan valon taipumisen ja interferenssiin liittyviä ilmiöitä erilaisissa rakosysteemeissä.

4 Linssit

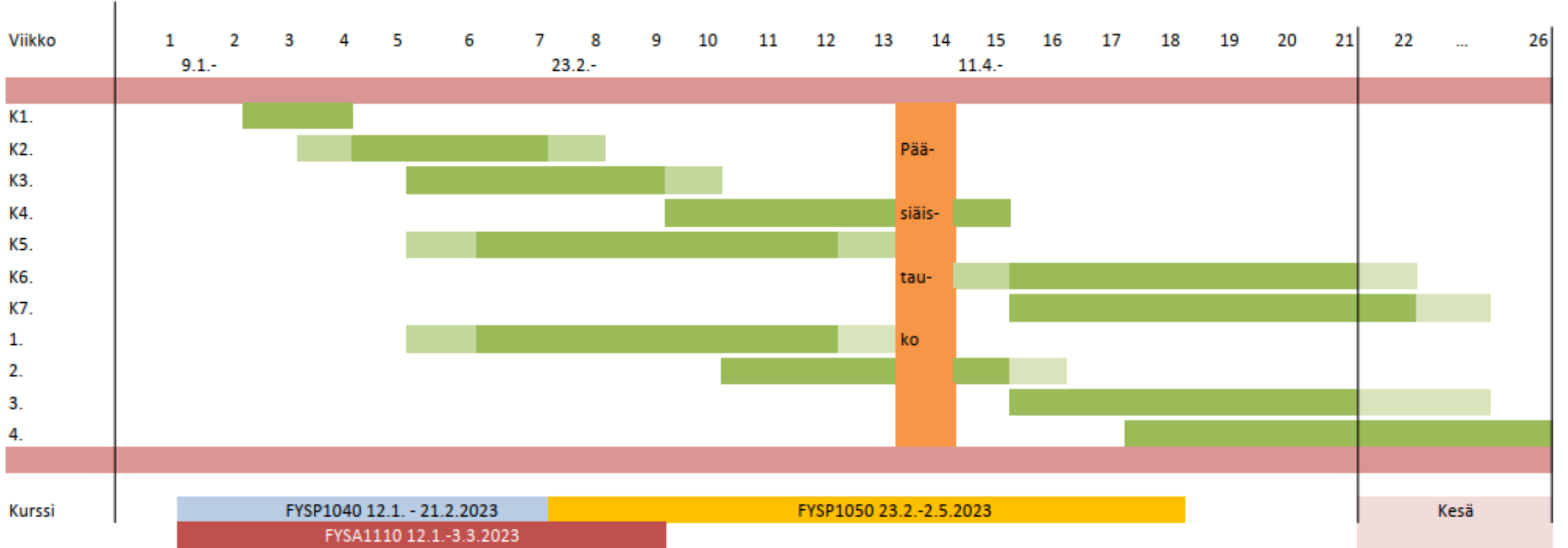
- Mittausten suunnittelu teoretietojen pohjalta.
- Kokeellisesti määritetään sekä kuperan että koveran linssin polttoväli.

Teoriatausta:

- Sähkömagneettiset aallot, aaltojen energia ja liikemäärä
- Valomallit (aalto-hiukkasdualismi ja sädemalli)
- Fermat'n periaate
- Interferenssi: Kaksoisrakokoe, Diffraktio, Interferometri
- Sädeoptiikan periaatteet: Heijastuminen, taittuminen, peilit ja linssit.

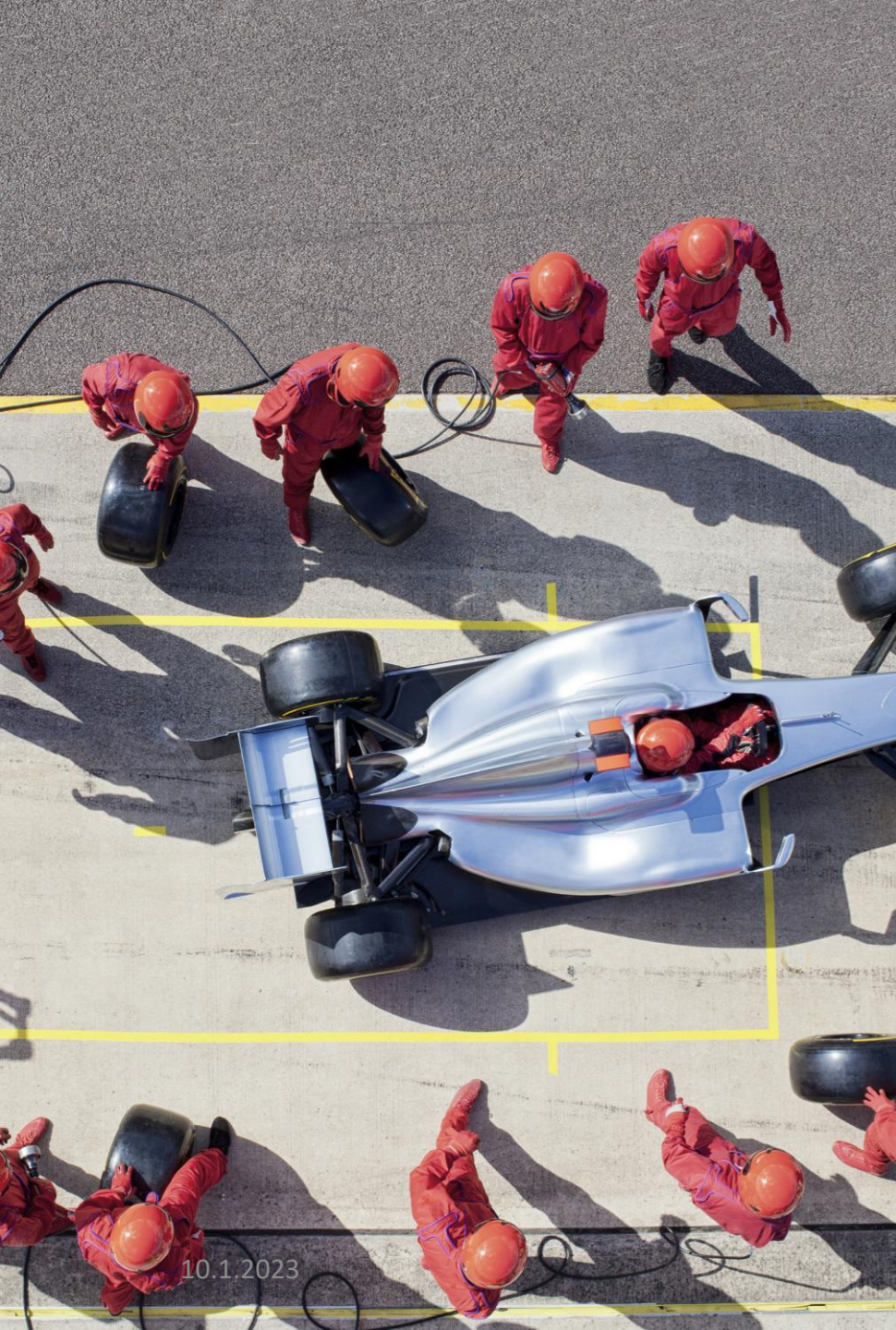
Huom. Jos sinulla on aiemmilta vuosilta suoritettuna työ "Veden taitekerroin", tällä voit korvata työn 4 Linssit.

FYSP1082 Perusopinnot laboratorioityöt 2: ajoitussuositus, kevät-kesä 2023



Laboratoriotyöskentely

Kaikkien laboratoriossa työskentelevien on noudatettava turvallisuusmääräyksiä ja tunnettava toimenpiteet, joihin tapaturman sattuessa on välittömästi ryhdyttävä.



Yleistä laboratoriossa työskentelystä työvuoron aikana

- Ennen työvuoroa
 - **Perehdy laboratoriotyöhön lukemalla työohje huolellisesti.**
 - **Varaa mittauksille aika Kepler-ajanvarausjärjestelmästä.** Varaus on tehtävä viimeistään 2 vuorokautta ennen osastovuoroa.
 - **Tee vaaditut ennakkotehtävät.** Tehtävät palautetaan sähköisesti Moodlessa.
- Työvuoron aluksi
 - **Saavu paikalle ajallaan.** Vuorot alkavat tasatunnein.
 - **Ilmoittaudu vuorolla olevalle assistentille,** joka kuulustelee työn sisällön ja antaa tarvittavat lisäohjeet ja mittausvälineet.
- Työvuoron loppuksi
 - **Siivoa mittauspaikka.**
 - **Esitä laatimasi mittauspöytäkirja (mittauskaavake) assistentille.** Assistentti leimaa ja kuittaa mittauspöytäkirjan sekä muut mahdolliset havaintopaperit.
 - **Palauta kopio mittauspöytäkirjasta (mittauskaavakkeesta) pdf-tiedostona Moodleen.** Assistentti merkitsee mittauksen hyväksytyksi Moodlessa.



Yleisiä turvallisuusmääräyksiä

- Jokaisen on ennen laboratoriotöiden alkua huolellisesti perehdyttävä näihin määräyksiin ja noudatettavat osastovuorolla olevan assistentin ohjeita.
- Laboratoriotöitä tehtäessä tulee huoneessa olla vähintään **kaksi henkilöä**.
- Kytkentöjä suoritettaessa on varmistuttava, että laitteet ovat **jännitteettömiä**.
- Kytkentöihin tehtävissä haaroituksissa on käytettävä banaanikoskettimia, joissa on kosketussuoja.
- Parin kanssa työskennellessä on työn aikana aina ilmoitettava jännitteen kytkemisestä, esim. "varo, kytken jännitteen". Pienikin jännite saattaa väärin kytkettynä rikkoa elektroniikkapiirejä.
- **Onnettomuuden sattuessa tai uhatessa jännite katkaistaan nopeimmin oven pielessä olevalla punakeltaisella hätäkatkaisimella.**
- Lähin ensiapukaappi on käytävällä lähellä oppilaslaboratorion ovea.
- **Rikkinäisistä mittalaitteista on aina ilmoitettava osastovuorolla olevalle assistentille.**
- **Lähetä piti -tilanteista tulee aina raportoida työosaston vastuuhenkilölle.**

Kytkenäkaavioiden laadinta ja tulkinta

Sähköisistä komponenteista kootaan kytkentöjä eli virtapiirejä. Piirrosmerkkien avulla esitettyä kytkentää sanotaan kytkentäkaavioksi.

Sähköiset komponentit



Virtalähteet: laboriovirtalähde,
signaaligeneraattori, säädettävä
tasajännitelähde, paristot



Virtalähde ylläpitää virtaa virtapiirissä.

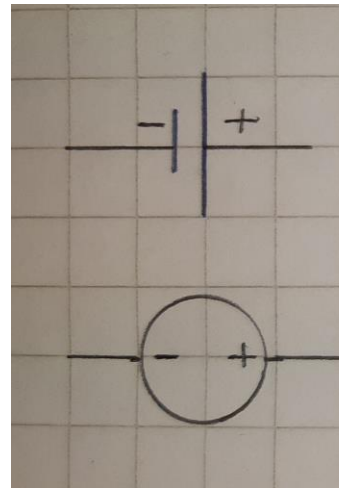
Virtalähde on komponentti tai laite, joka ylläpitää sähkövirtaa virtapiirissä synnyttämällä napojensa välille jännitteen.

Joskus puhutaan virtalähteen asemasta myös jännitelähteestä, jolla tarkoitetaan komponenttia tai laitetta, joka ylläpitää napojen välillä jännitettä.

Virtalähteen napojen välinen jännite (U) eli sähköinen potentiaaliero (ΔV) kuvaa ilmiön voimakkuutta.

SI-yksiköissä jännitteen yksikkö on voltti, jonka symboli on V.

Tasajännitelähteen yleismerkki

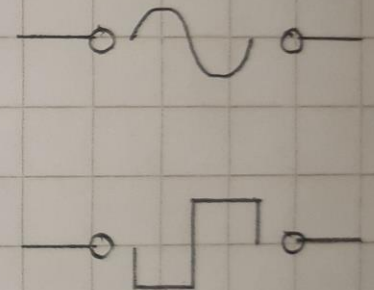


Virtalähteen yleismerkki

Säädettävä tasajännitelähde



Vaihtovirtalähde



Vaihtojännite (esim. sini- tai kanttiaalto) aiheuttaa virtapiiriin vaihtovirran, jonka suunta muuttuu jaksollisesti.

Sähköiset komponentit



Komponentit: Vastus, säätövastus, kondensaattori, kela, hehkulamppu

Vastuksella rajoitetaan virran kulkua piirissä.

Vastuskomponentin sähkövastus eli resistanssi (R) ilmoitetaan ohmeissa, Ω .

Vastuksilla on rajallinen tehonkesto, esim.

Hiilikalvovastus 0,2 ... 2 W

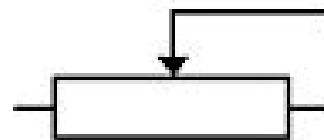
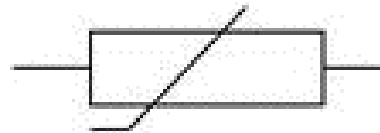
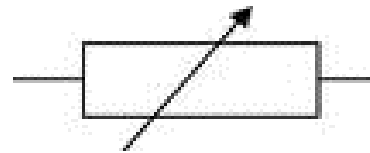
Metallikalvovastus 0,2 ... 0,75 W

Lankavastus 2 ... 250 W

Sähköteho lasketaan virran voimakkuuden (I) ja jännitteen (U) tulona:

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = RI^2,$$

missä kaksi viimeistä muotoa saadaan Ohmin lain avulla



Vastuksen yleismerkki

Säätövastuksen yleismerkki.
Merkki ei kerro onko kyseessä potentiometri vai trimmeri.

Termistorin piirrosmerkki.
Termistori on vastus, jonka resistanssi riippuu lämpötilasta.

Potentiometrin piirrosmerkki.

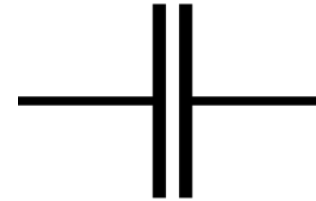
Kondensaattori varastoi sähkövarausta.

Kondensaattorin kapasitanssi (C) on kondensaattorille ominainen vakio, joka ilmaisee kondensaattorin kyvyn ottaa vastaan sähkövarausta.

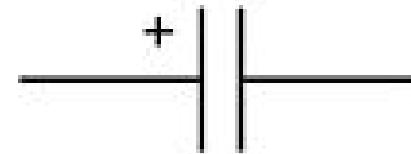
Kapasitanssin yksikkö on faradi, F.

Faradi on hyvin suuri yksikkö.
Tavallisesti kondensaattorien kapasitanssit ovat vain miljoonasosa faradia (μF).

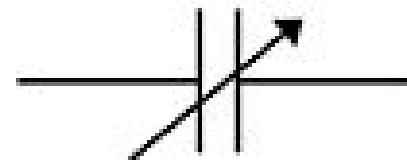
Elektrolyyttikondensaattori tulee kytkeä oikein sähköpiiriin, miinuksella merkitty puoli jännitelähteen miinusnapaan.



Kondensaattori



Polarisoitu kondensaattori



Säätökondensaattori

Kela vastustaa sen läpi kulkevan sähkövirran muutosta.

Kelan kykyä vastustaa virran muutosta kuvaa sen induktanssi (L), jonka yksikkö on henry, H.

Induktanssin L läpi kulkevan sähkövirran I muutos aiheuttaa kelan napojen yli jännitteen.

Esimerkiksi kela, jonka induktanssi on 1 H, muodostaa päidensä yli 1 V jännitteen, kun sen läpi kulkeva virta muuttuu 1 A/s (ampeerin sekunnissa).



[Erilaisia keloja](#)



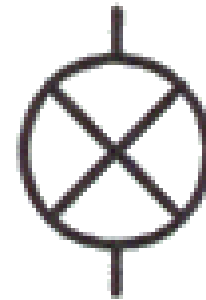
[Ilmasydämisen kelan piirrosmerkki](#)

Hehkulamppu tuottaa valoa sähkövirrasta hehkulangan avulla.

Hehkulamppu koostuu ilmatiiviistä, yleisimmin päärynänmuotoisesta, lasisesta kuvusta, joka sulkee sisäänsä hehkulangan sekä johtimet, joiden väliin hehkulanka on ripustettu päistään.

Hehkulampun valo saadaan aikaan johtamalla sähkövirta hehkulankaa pitkin, jolloin se lämpenee 2 650–2 750 kelvinin lämpötilaan.

Hehkulanka toimii siis vastuksena ja kuumetessaan alkaa hehkua sähkövirran kulkiessa sen lävitse.



[Hehkulamppu \(60 W, 230 V\).](#)

Lampun piirrosmerkki

Sähköiset mittalaitteet ja kytkennät



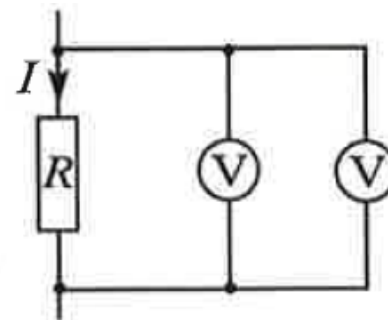
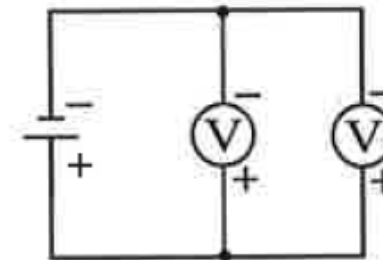
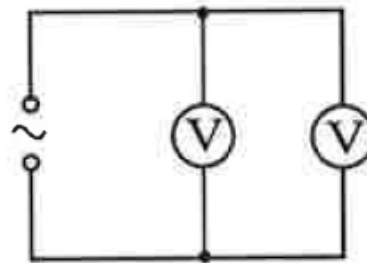
**Jännitteen ja virran mittaaminen:
yleismittari**

Jännitteen mittaaminen

Jännitemittauksissa mittari kytketään aina tutkittavan laitteen tai komponentin rinnalle.

Ennen sähkön kytkemistä virtapiiriin on tarkistettava, että

1. valintakytkimellä on valittu jännitteen mittausta. Tällöin mittarin sisäinen resistanssi (R_s) on suuri ja mittarin läpi menevä virta pieni.
2. Valintakytkimellä on valittuna suuru jännitealue, jotta mittari ei kuormittuisi vahingossa liikkaa.



Kaksi jännitemittaria rinnan lähteen tai komponentin kanssa.

Kuvat kirjasta: Arminen ym. Fysiikan laboratoriotyöt. 2. painos. Tampere: Tammertekniikka, 1999.

Virran mittaaminen

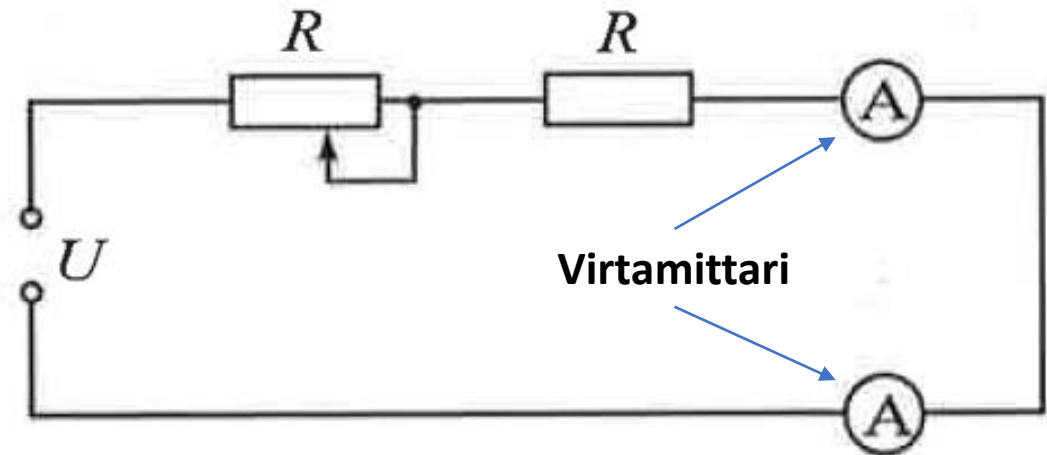
Virtaa mitattaessa mitattavan virran täytyy kulkea mittarin kautta, mittari kytketään siis tutkittavan laitteen kanssa sarjaan.

Virtamittari ei juurikaan vastusta virran kulkua.

Tämän vuoksi se on herkkä ja rikkoutuu helposti, jos sen läpi kulkee liian suuri sähkövirta.

Virtamittari ei siis saa olla virtahaaran ainoana kuormana.

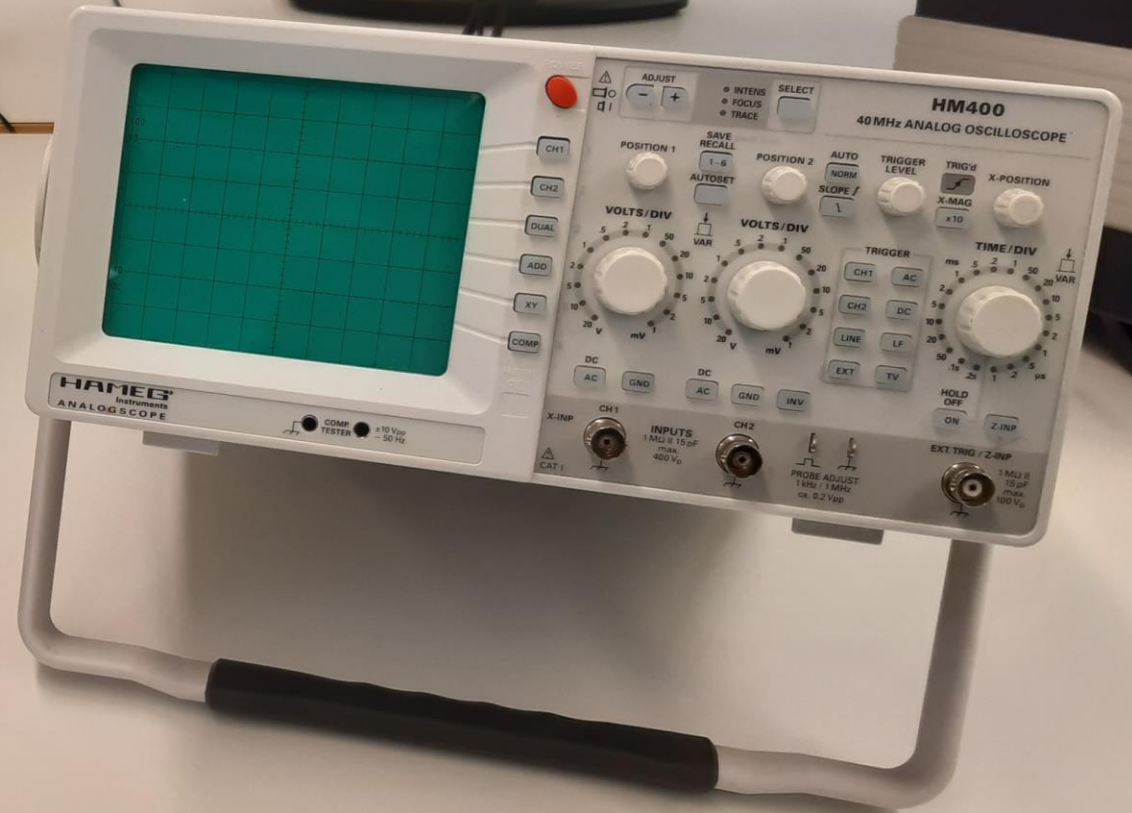
Muuna kuormana voi käyttää säätövastusta, kiinteitä vastuksia tai esimerkiksi hehkulamppua.



Kaksi virtamittaria sarjassa jännitelähteen, potentiometrin ja vastuksen kanssa.

Kuva kirjasta: Arminen ym. Fysiikan laboratoriotyöt. 2. painos. Tampere: Tammertekniikka, 1999.

Sähköiset mittalaitteet ja kytkennät



Mittaaminen oskilloskoopilla

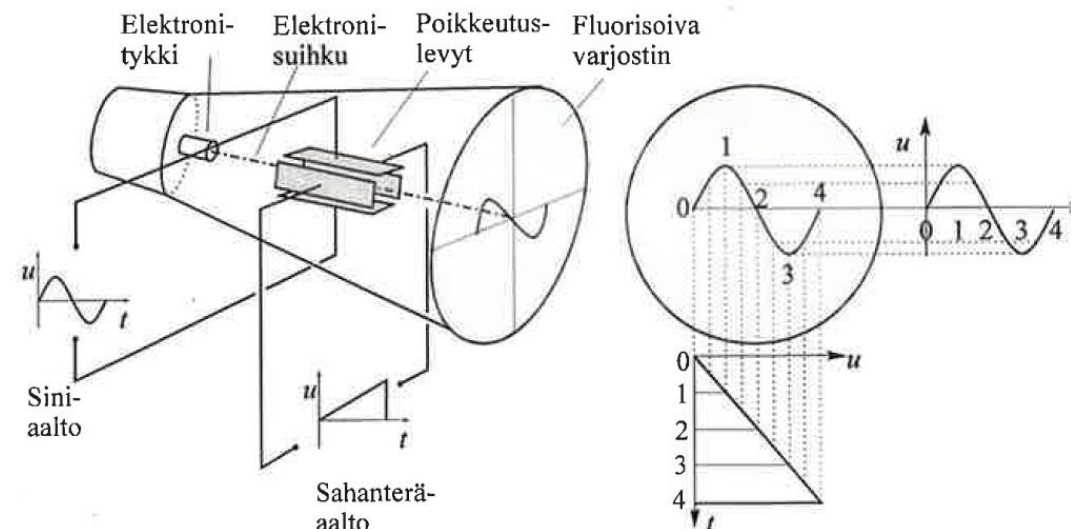
Mittaaminen oskilloskoopilla

Oskilloskooppia käytetään määrittäessä jännitesignaalin

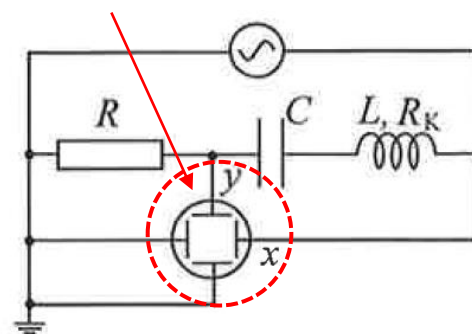
- muotoa
- taajuutta
- vaihe-eroa

Oskilloskoopin kuvapinnalla on valmiina xy -koordinaatisto. Tavanomaisissa mittauksissa on

- vaaka-akselina aika
- pysty-akselina jännite



Oskilloskooppi



Vaihe-eron mittauskytkentä:
Piirin kokonaisjännite johdetaan oskilloskoopin x -levyille ja vastuksen päiden välinen jännite y -levyille.

Kuvat kirjasta: Arminen ym. Fysiikan laboratoriotyöt. 2. painos. Tampere: Tammertekniikka, 1999.

Sähköiset mittalaitteet ja kytkennät

Kytkenäkaavioiden piirtäminen



Kytkenäkaavioiden piirtäminen

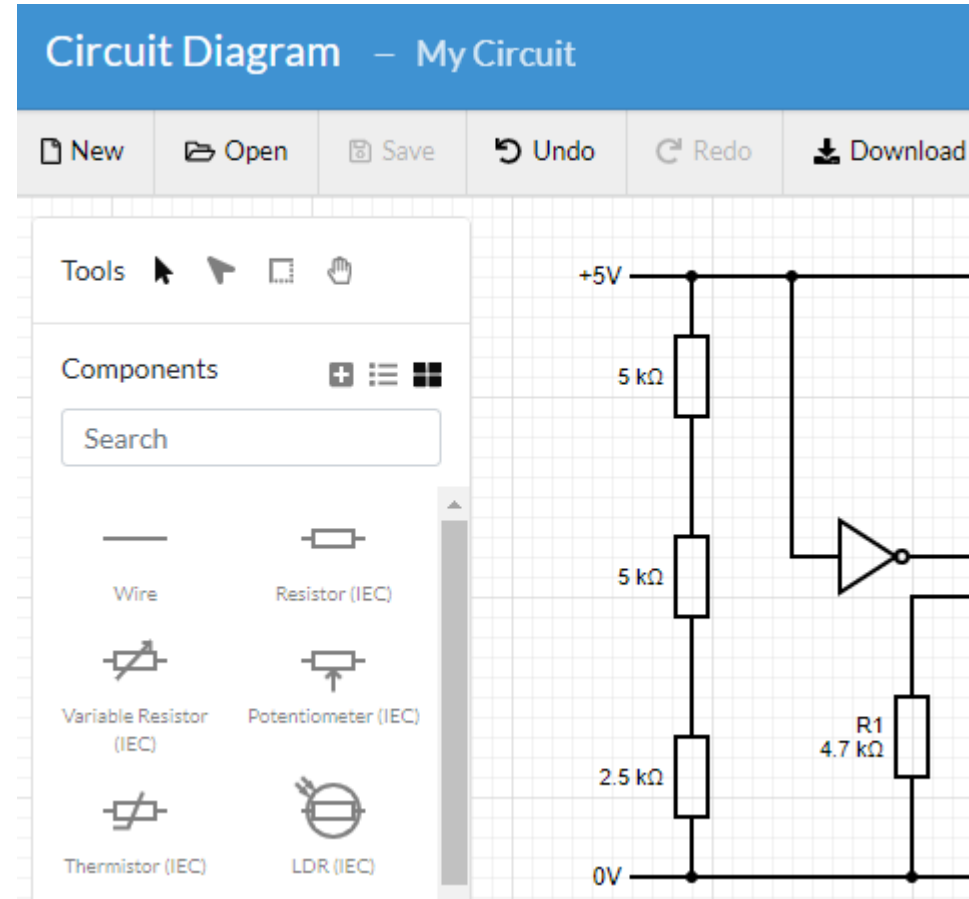
Kytkenäkaavioiden piirtämiseen on saatavilla useita eri sovelluksia, joista osa on käytettävissä verkkoselaimella.

Circuit Diagram –verkkoe editori on yksi edellä mainituista verkkoselaimella toimivista sovelluksista.

Editorilla voit piirtää haluamasi kytkenäkaavion ja ladata sen sitten esim. kuvatiedostona (.png, .svg) omalle koneellesi työselostusta varten.

Lisätietoja:

<https://www.circuit-diagram.org/>



Lisätietoa sähköisistä komponenteista, mittalaitteista ja komponenteista:

- Erkki Arminen ym. *Fysiikan laboratoriotyöt*. 2. painos. Tampere: Tammertekniikka, 1996.
 - Lainattavissa oppilaslaboratoriosta!
- Randall D. Knight. *Physics for Scientist and Engineers: A strategic Approach with Modern Physics*. 4. painos. UK: Pearson Education Limited, 2017.
 - Luvut 26.4 ja 27-28
 - Lainattavissa kirjastosta ja luettavissa fysiikan opiskelijatyötilassa!
- Jari Lavonen ym. *Elektroniikka omaksi – Aine ja energia*. Helsinki: WSOY, 1995.
 - Luettavissa oppilaslaboratoriossa!
- Wikipedia. Circuit diagram. Saatavilla: https://en.wikipedia.org/wiki/Circuit_diagram (viitattu 29.12.2021)