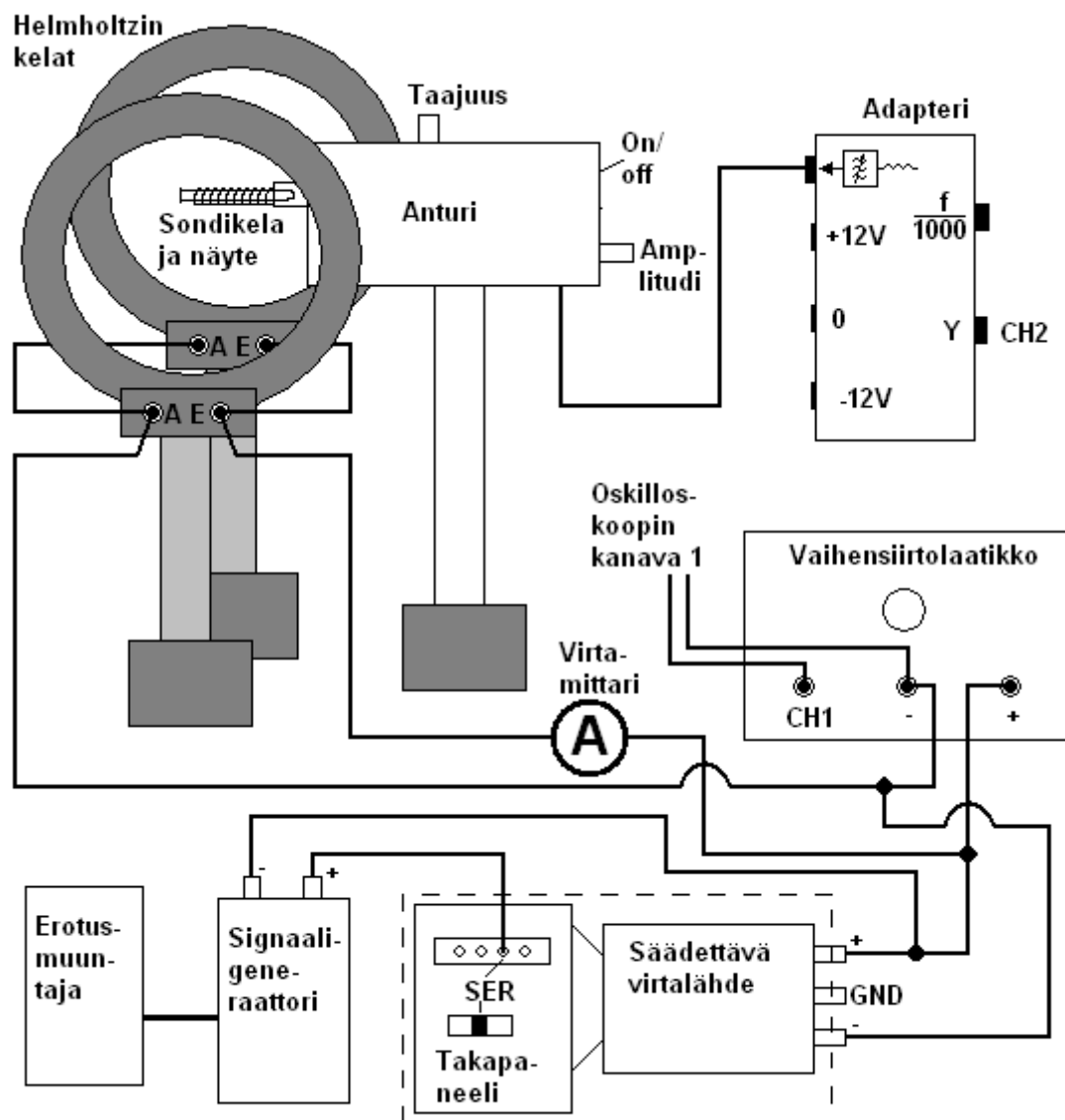


48 ELEKTRONIN SPIN-RESONANSSI

Lue ohje kokonaan läpi ennen kuin alat muodostaa kuvan 1 mukaista kytkentää.



Kuva 1. Kytkenä elektronin spin-resonanssin tutkimiseksi.

Muut tarvittavat välineet:

-Metrimitta (pyydetään assistentilta)

I Yleistä

Työssä on tarkoitus tutkia elektronin spin-resonanssia ja määrittää sen avulla elektronin g-tekijä. Mittauksessa virheitä aiheutuu pääosin Helmholtzin kelojen ja anturin asettamisesta, oskilloskoopin tulkinnasta ja vaiheensiirron asettamisesta.. Näitä eri virhelähteitä on hyvin hankala käsitellä laskennallisesti komponenteittain. Tämän takia virhetarkastelu tehdään suorittamalla jokaisessa mittauspisteessä toistokoe asettaen uudestaan kaikki virhettä aiheuttavat parametrit jokaisella mittauksella. Näin saadaan virhearvio määritettyä graafisesta sovituksesta pisteiden hajonnan perusteella.

II Mittaukset

Kytkeä tehdessä ota huomioon, että oskilloskoopin on syytä olla noin metrin päässä Helmholtzin keloista ettei kelojen aiheuttama magneettikenttä häiritse näyttöä. Kuvan 1 mukaisen kytkennän tekeminen on helpointa jakamalla se osiin.

1. Ensin kytketään säädettävän virtalähteen ohjaus. Helmholtzin kelojen tarvitsema vaihtovirralla moduloitu vakiovirta saadaan syöttämällä niille jännitettä säädettävästä jännitelähteestä. Jännitteen modulointi saadaan aikaan ohjaamalla jännitelähdettä signaaligeneraattorilla. Jotta tämä onnistuisi halutulla tavalla, signaaligeneraattorin käyttöjännite täytyy tuoda erotusmuuntajan kautta ja näin kytkentä voidaan maadoittaa halutusta pisteestä. Signaaligeneraattorin ulostulon + -napa kytketään säädettävän virtalähteen takapaneelissa oikealla ylhäällä olevaan SER -merkittyyn reikään ja ulostulon - -napa säädettävän virtalähteen + -ulostuloon. SER-merkittyyn reikään kytkemisessä tarvitaan avuksi liittimetön johdonpätkä ja hauenleuka. Johdon saa työnnettyä reikään painamalla sen yläpuolella olevaa nappia samalla. Muista myös tarkistaa että kytkin on SER-asennossa.

Tämän jälkeen tehdään kytkennät säädettävästä virtalähteestä vaiheensiirtolaatikkoon, eli + ja - -navat vaiheensiirtolaatikon vastaaviin ja GND-liitintä ei käytetä. Lopuksi tehdään kytkennät vaiheensiirtolaatikosta Helmholtzin keloille, eli + -napa molempien kelojen E-reikään ja - -napa molempien kelojen A-reikään. Muista myös kytkeä oskilloskoopin kanava yksi ja tasavirtaa mittaava virtamittari.

Adaptoriin kytketään kuvassa merkitty johto anturista, ± 12 V sekä maa virtalähteestä johon on merkitty ± 12 V, taajuuslaskuri $f/1000$ kohtaan ja oskilloskoopin kanava kaksi CH2-merkittyyn kohtaan.

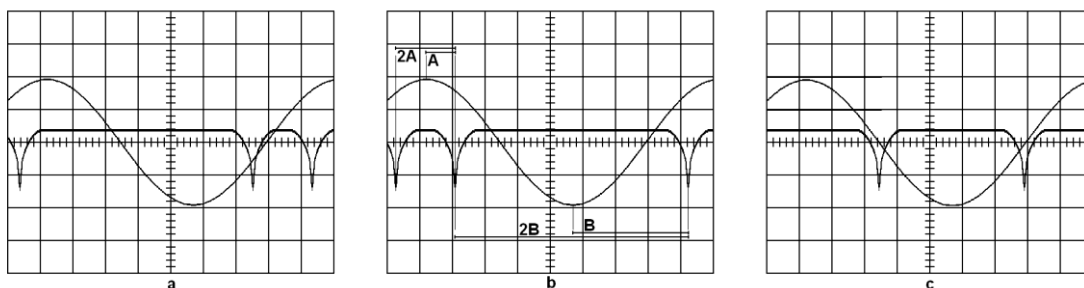
2. Aseta Helmholtzin kelat samalle akselille niin että virta kulkee molemmissa samaan suuntaan. Aseta kelat 7,2 cm päähän toisistaan niin että etäisyys on mitattu kelojen keskipisteiden välillä. Kiinnitä anturiin suuri sondikela ja sen sisälle näyte niin että näytteen keskellä oleva musta alue on sondikelan sisällä eikä näyte ole siis työnnetty kokonaan sisään. Sijoita anturi kelojen keskelle niin että näyte on kelojen keskipisteiden välisen suoran keskellä kohtisuorassa siihen nähden.

3. Pyydä assistenttia tarkistamaan kytkentä ennen kuin käynnistät laitteita. Muista myös säätää signaaligeneraattorista amplitudi- ja offset-arvot minimiin ja säädettävästä virtalähteestä molemmat jännitteen säätimet minimiin.

4. Tarkista, että ± 12 V-virtalähde on kytketty oikein, säädä säadettävästä virtalähteestä jännitteen säätimet täysin vastapäivään, vedä signaaligeneraattorin offset-säadintä ulospäin ja säädä se ja amplitudi-säadinn täysin vastapäivään, aseta virtamittari 2 A-alueelle mittaamaan tasavirtaa ja kytke laitteet päälle.

Tarkista, että virtamittari näyttää nolaa. Valitse signaaligeneraattorista siniaalto ja aseta taajuudeksi noin 50 Hz. Säädä säadettävän virtalähteen coarse-virtasäadinn täysin myötapäivään hitaasti samalla katsoen, että virtamittarin virta ei nouse. Käännä myös coarse-jännitesäadinn täysin myötapäivään hitaasti samalla katsoen, että virtamittarin virta on likimain nollassa (alle 10 mA). Nyt voit hitaasti kääntää signaaligeneraattorin offset-säadintä kunnes virta alkaa nousta virtamittarissa ja saavuttaa noin 300 mA. Virtaa ei saa nostaa milloinkaan yli 2 ampeerin!

5. Aseta oskilloskooppi näyttämään molempia kanavia kerrallaan ja laita kanavalle 1 AC-asento ja kanavalle 2 DC-asento. Käytä aluksi ajanjaksoa 2 ms/div, jännitettä 0.2 V/div kanavalle 1 ja 0.5 V/div kanavalle 2 ja muuta niitä tilanteen mukaan sopiviksi tämän kohdan onnistumisen jälkeen. Aseta oskilloskoopin nolatasot kohdalleen molemmille kanaville. Säädä anturista amplitudi täysille ja aseta siitä taajuudeksi noin 15 kHz (katso taajuuslaskuria samalla kun säädät taajuutta). **Huomio: anturin taajuussäadintä ei saa pyöritellä rajattomasti samaan suuntaan, tällöin se rikkoutuu!**



Kuva 2. Oskilloskoopin kuva. (a) Ennen virran ja vaiheen asettamista, (b) vaiheen asettamisen jälkeen ja (c) virran asettamisen jälkeen.

Oskilloskoopissa pitäisi nyt näkyä kuvaa 2a muistuttava kuva. Mikäli oskilloskoopissa ei näy siniaallon lisäksi muuta kuin suora viiva jossa on kohinaa, niin säädä virtaa 300 mA:n lähialueilla kunnes viivaan muodostuu alaspäin olevia piikkejä. Tilanteen hahmottamista auttaa, jos signaalia katsoo pidemmällä aikaskaalalla oskilloskoopista. Kun piikit näkyvät säädä vaiheensiirtolaatikon potentiometrillä niiden paikat niin että ne ovat symmetrisesti siniaallon ympärillä kuvan 2b näyttämällä tavalla, eli siniaallon huippukohdat ovat lähimmäisten piikkien puolivälissä. Tämän jälkeen säädä virta niin että piikit esiintyvät vaihtovirran ollessa nollassa, eli siniaallon leikatessa vaaka-akselin, kuvan 2c mukaisesti. Säädä vielä vaihe ja virta uudestaan kohdalleen tarkkuuden parantamiseksi, sillä vaihetta on vaikea säätää tarkasti kohdalleen ellei virta ole likimain oikea.

6. Vaiheenkorjaus on tarpeellista siksi että Helmholtzin kelojen induktanssi aiheuttaa vaiheensiiirtoa, jonka johdosta oskilloskoopissa havaittu jännite on eri vaiheessa keloissa kulkevan virran kanssa. Vaiheensiiirtokytkentä vaikuttaa myös oskilloskoopilla näkyvän siniaallon suuruuteen toisin kuin kuvassa 2 on esitetty. Oikean kohdan määrittämistä varten on erittäin tärkeää, että oskilloskoopin kanavalla 1 (siniaalto) on nollataso säädetty kohdalleen huolellisesti. Kanavan 2 nollatasolla ei ole merkitystä ja sitä voidaanankin käyttää avuksi asettamalla piikkien alakohdat osumaan esimerkiksi siniaallon nollakohdan korkeudelle. Oskilloskoopin kanava 1 on asetettu AC-asentoon, jotta siitä nähdään vain vaihtovirran osuus.

Kun kaikki on säädetty kohdalleen kuvan 2c mukaisesti, voidaan taajuutta vastaava virta lukea suoraan virtamittarista. Tämä sen takia, että oskilloskoopin kanavalla 1 näkyvän siniaaltoisen vaihtovirran muuttuva komponentti on nolla ja virtamittarin antaman keskiarvolukema yhtyy hetkelliseen arvoon. Sondikelan läpi kulkevan virran piikit kertovat resonanssista vakiovirran aiheuttamalla magneettivuontiheydellä.

7. Mittaa yhteensä kuudelle välillä 15 - 106 kHz likimain tasavälein olevalle anturista säädetylle taajuudelle niitä vastaavat virran arvot jokainen 5 mittauksen toistokokeena. **Huomio: anturin taajuussäädintä ei saa pyöritellä rajattomasti samaan suuntaan, tällöin se rikkoutuu!** Taajuudet välillä 15 - 34 kHz mitataan suurella sondikelalla ja taajuudet välillä 50 - 106 kHz mitataan pienellä sondikelalla, eli välillä 34 - 50 kHz ei ole mittauspisteitä. Jotta virhearvio saadaan aikaiseksi toistokokeella, pitää kaikki mittauksessa virhettä aiheuttavat parametrit asettaa uudestaan paikalleen pitäen taajuutta vakiona toistokokeen ajan. Näitä ovat virta, Helmholtzin kelojen paikka, oskilloskoopin kanavan 1 nollatason asetus ja vaiheensiiirron asetus. Virhetarkastelussa jätetään huomioimatta virta- ja taajuusmittarien virheet, sillä ne ovat pienet. Huomaa tuloksia kirjatessa, että taajuuden arvot on jaettu tuhannella, eli oikeat taajuudet ovat vastaavat luvut megahertseinä.

8. Ota ylös seuraavat arvot: Helmholtzin kelojen säde ja niiden välinen etäisyys $r = 7,2$ cm ja yhdessä kelassa olevien kierrosten määrä $n = 320$. Huomaa, että Helmholtzin kelat on kytketty rinnan, joten mitatut virran arvot pitää jakaa kahdella.

III Selostukseen

1. Laadi graafinen esitys Helmholtzin keloissa kulkevan virran ja sondikelan taajuuden välisestä riippuvuudesta. Valitse akselit siten, että saat sovitettua pisteistöön teorian mukaisen mallin, jonka avulla voi määrittää elektronin g-tekijän.
2. Määritä elektronin g-tekijä virherajoineen.
3. Pohdi mittaukseen vaikuttavia virhelähteitä ja toistokokeen mielekkyyttä virhearvion tekemiseen.