

1. Pyörrevirrat

Pyörrevirta muodostuu johdinmateriaaliin sen liikkuaessa magneettikentässä tai magneettikentän liikkuaessa suhteessa johdinmateriaaliin.

Jarrut – Ajoneuvon pyörään kiinnitetty teräslevy pyörii, jolloin paikallaan oleva magneetti aikaansaa pyörrevirtoja teräslevyyn. Raskaan liikenteen hidastin jarrut. Kuntopyörä.

Induktioliesi, induktiouuni – Muuttuva magneettikenttä indusoi pyörrevirtoja lämmitettävään materiaaliin ja sen astiaan. Kotitalouskäytössä olevat liedet, terässulattojen induktiounit

Suprajohteiden levitaatio

Pyörrevirta kuluttaa energiaa. Tämä voi olla kielteistä, vaikka esimerkiksi jarrujen kohdalla nimenomaan toivottavaa. Muuntajien ja voimalaitosten rakenteisiin muodostuvat pyörrevirrat ovat haitallisia. Muodostumista voi vähentää käyttämällä laminaarisia ohuista levyistä tai tangoista koostuvia rakenteita.

2. Ilmiössä on kysymys valon diffraktiosta ja interferenssimaksimin perusteella tehtävästä valon aallonpituuden määrittämisestä. Tehtävänannon perusteella jää hieman epäselväksi interferenssimaksimin asteluku, mutta on hyvä oletus ajatella arvon $k=1$ vastaavan kulmaa $\alpha=10,8^\circ$. Aallonpituuden saa laskettua hilayhtälöllä

$$d \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$$

missä d on hilavakio eli tässä

$$d = \frac{1 \text{ cm}}{3000} = \frac{10^{-2} \text{ m}}{3 \cdot 10^3} = 0,333 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 3,333 \mu\text{m}$$

ja λ on kysytty valon aallonpituus. Aallonpituudeksi saadaan

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \alpha}{k} = \frac{3,333 \mu\text{m} \cdot \sin 10,8^\circ}{1} \approx 0,624 \mu\text{m} \approx 624 \text{ nm} \approx 600 \text{ nm}.$$

Taulukkokirjassa keltaiselle valolle annetaan viitearvot 560 – 590 nm, nyt mitattu aallonpituus osuu paremmin välille 590 – 630 nm, jonka kerrotaan vastaavan oranssia väriä.

Vastauksen poiketessa taulukkoarvosta ja itse asiassa joka tapauksessa on syytä tuoda esiin mahdollisia virhelähteitä:

- hilavakio on ilmoitettu vain yhden numeron tarkkuudella, miten tarkka hila on? Yhden numeron tarkkuudella (600 nm) osutaan keltaisen valon alueelle.
- Miten kulman mittausta on toteutettu? Oppitunnilla käytettiin mittanauhaa eikä kolmion suorakulmaisuutta tarkastettu mitenkään. Mittaus oli oppitunnilla hyvin epäluotettavan oloinen. Kymmenesosien tarkkuudella ilmoitettu kulma on mitattu ilmeisesti hyvin tarkasti. On huolehdittu, että valkoisen valon kulkusuunta ja varjostin ovat suorassa kulmassa ja etäisyyksien mittaukset on tehty suoralla viivaimella eikä kaarevasti roikkuvalla mittanauhalla.

Todennäköisin virhelähde on hila, jonka tiedot annetaan vain yhden numeron tarkkuudella.

3. Monivalintatehtävä

4. Käämi, jossa on 40 kierrosta, pyörii magneettikentässä, jonka magneettivuon tiheys on 0,15 T, 100 kierrosta sekunnissa. Lasketaan induktion tuottaman jännitteen huippuarvo.

$N=40$, $B=0,15T$, $f=100Hz$ ja $A = 40 \text{ cm}^2=0,40\text{dm}^2=0,0040\text{m}^2$.

Jännitteen huippuarvo riippuu kaikista näistä suureista lineaarisesti:

$$u_0 = N \cdot B \cdot A \cdot 2\pi f = 40 \cdot 0,15T \cdot 0,0040\text{m}^2 \cdot 2\pi \cdot 100Hz = 15,08V \approx 15V.$$

Nyt tehollisen jännitteen laskeminen käy jakolaskulla

$$U = \frac{u_0}{\sqrt{2}} = \frac{15,08V}{\sqrt{2}} \approx 10,66V \approx 11V.$$

Vaihtojännitteen taajuus on täsmälleen sama kuin käämin pyörimistaajuus: $f = 100Hz$.

5. Massaspektrometrillä tutkitaan molekyylien ja niiden osien massa/varaus -suhdetta, mikä antaa tietoa molekyylin rakenteesta.

A – Näyte syötetään laitteeseen

B – Näyte höyrystetään kuumentamalla ja ionisoidaan sähköpurkauksella. Sähköpurkauksella pyritään myös rikkomaan molekyyli rakenne, jotta molekyylin osia saadaan ionimuodossa erilleen.

C – Kiihdytysjännite on kokoluokkaa tuhansia voltteja. Jos halutaan tutkia positiivisia ioneita, kenttä on kuvassa oikealle, jos negatiivisia, kenttä on kuvassa vasemmalle. Tavoitteena on saada ioneilla nopeuksia, jotka ovat kokoluokkaa kymmeniä kilometrejä sekunnissa.

D – Nopeudenvälitsimessä on magneettikenttä ja sähkökenttä keskenään suorassa kulmassa ja lisäksi suorassa kulmassa hiukkasten toivottuun kulkusuuntaan nähden. Kun sähkökentän aiheuttavaa jännitettä säädetään sopivaksi, voidaan tietyllä toivotulla nopeudella etenevien hiukkasten lentorata saada suoraksi. Liian nopeasti ja liian hitaasti etenevät hiukkaset kaartavat sähkökentän suuntaan tai sitä vastaan.

E – Erotteleva magneettikenttä aiheuttaa Lorenz -voiman, jossa ionien kulkusuunta kaartuu. Massa vaikuttaa kaarron säteeseen Newtonin II lain mukaisesti.

F – Detektorilla havaitaan hiukkasten törmäyksiä. Törmäyspaikan perusteella on mahdollista määrittää ionin massa.

Olennaisia laskukaavoja:

Kiihdytyksen aikana ionilla on alussa potentiaalienergia ja lopussa liike-energia:

$$U = V = \frac{E_p}{Q}$$
$$E_{p0} = E_{k1}$$

eli

$$E_{k1} = \frac{1}{2}mv^2 = QU,$$

missä m on ionin massa, v loppunopeus, Q varaus ja U on kiihdytysjännite.

Nopeudenvälitsimessä hiukkaseen kohdistuu liikesuunnan kanssa kaksi kohtisuoraa voimaa, jotka aiheutuvat sähkökentästä E

$$F_s = QE$$

ja magneettikentästä B

$$F_m = QvB$$

Nopeudenvälitsimessä pyritään kenttien suunnan valinnalla ja voimakkuuksilla siihen, että toivotulla nopeudella v etenevät hiukkaset eivät kiihdy vaan lentävät suoraan. Tällöin

$$QE = F_s = F_m = QvB$$

eli nopeudenvälitsimestä poistuvien hiukkasten nopeus on

$$v = \frac{E}{B}.$$

Eroteleavassa magneettikentässä hiukkaset joutuvat ympyräradalle, jonka säde r riippuu hiukkasen massasta m . Pienet ionit kaartuvat jyrkemmin eli pienemmällä kaartosäteellä r ja suuret ionit loivemmin eli suuremmalla kaartosäteellä r . Tähän liittyy Lorenz -voima ja Newtonin toinen laki. Ympyräradalla normaalikiiktyvyys on

$$a_n = \frac{v^2}{r}.$$

Newtonin toisen lain mukaan ionin kiihtyvyys a ja siihen magneettisesta vuorovaikutuksesta johtuva voima liittyvät toisiinsa yhtälöllä

$$F_m = ma_n$$

Tässä magneettisen vuorovaikutuksen aiheuttama Lorenz -voima on

$$F_m = QvB.$$

On huomattava, että tässä magneettivuon tiheys B voi olla sama kuin nopeudenvälisimessä tai eri. Ympyräradan säteeksi saadaan edelliset kolme yhtälöä yhdistämällä

$$r = \frac{mv}{QB}.$$

Veden massaspektriä tarkastellessa voi huomata suurimman piikin massaluvun 18 kohdalla. Tämä vastaa siis kokonaista ionisoitunutta vesimolekyyliä. Toiseksi suurin piikki on massaluvun 17 kohdalla, mikä tarkoittaa, että vedestä muodostuu helposti ioni, jossa massaluvultaan yksi oleva osa on irronnut. Tämä on tietysti vety. Vesi sisältää siis vetyä. Kaksi suurta piikkiä kertovat, että vedessä on vain yhdenlaisia kovalenttisia sidoksia. Siis vedyn (ja jonkun leikisti tuntemattoman) hapen välisiä sidoksia. Massaluku 17 vastaa tietysti hydroksidi-onia OH^- .

Piikkien 16, 19 ja 20 tulkinta on epävarmempaa, koska ne ovat kovin pieniä.

6. Tässä on siis ”käämi”, jossa on yksi kierros eli $N=1$. Magneettivuon tiheys muuttuu vähän, mikä aiheuttaa ”käämissä” muuttuvan magneettivuon. Lasketaan magneettivuo alussa ja lopussa, mutta ensin vaikein eli pinta-ala lasku:

$$A = 5000\text{km} \cdot 5000\text{km} = 5\,000\,000\text{m} \cdot 5000\,000\text{m} = 25 \cdot 10^{12}\text{m}^2.$$

Pinta-ala on siis tosi suuri. Magneettivuot ovat alussa ja lopussa

$$\Phi_0 = B_0 A = 60 \cdot 10^{-6}\text{T} \cdot 25 \cdot 10^{12}\text{m}^2 = 1,5 \cdot 10^9\text{Wb}$$

$$\Phi_1 = B_1 A = 55 \cdot 10^{-6}\text{T} \cdot 25 \cdot 10^{12}\text{m}^2 = 1,375 \cdot 10^9\text{Wb}$$

Aikaa tähän muutokseen kuluu 48 tuntia eli perusyksiköllä mitattuna

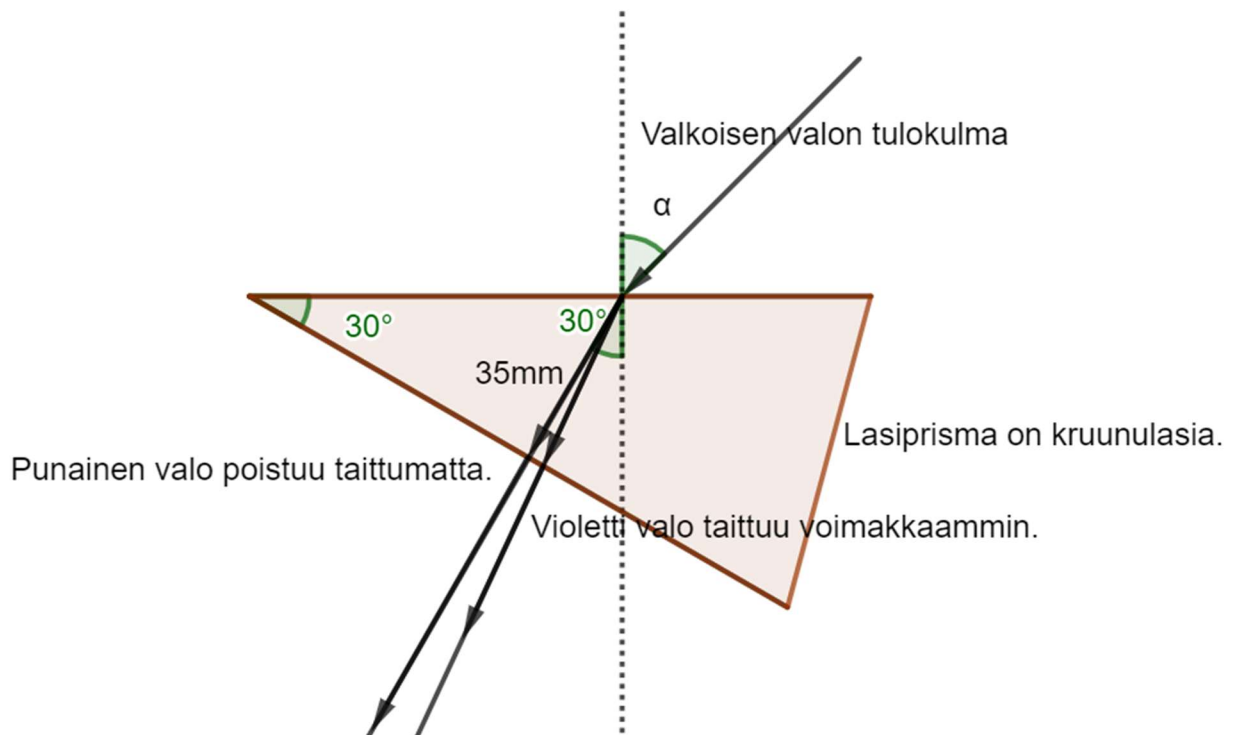
$$\Delta t = 48 \cdot 60 \cdot 60\text{s}$$

Jännitteeksi saadaan siis (keskimäärin)

$$e = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \cdot \frac{(1,5 - 1,375) \cdot 10^9\text{Wb}}{48 \cdot 60 \cdot 60\text{s}} = 723\text{V} \approx 700\text{V}.$$

Luonnon ilmiöt voivat aiheuttaa aika voimakkaita jännitteitä.

7. Tämän tehtävän selvittelyssä kuva on kiva. Tehtävässä pääsee alkuun huomaamalla, että valon poistuessa prismasta se ei taitu. Tämä on tietysti mahdollista vain siinä tapauksessa, että valo etenee pintaan täysin kohtisuorasti. Koska violetin valon taitekerroin on vähän suurempi, se taittuu vähän voimakkaammin, eli taitekulma on alle 30° . Taitekulmien ero aikaansaa prismaan pienen ”valokolmion”, jonka mittoja tässä kysellään.



Lasketaan ensin valon tulokulma

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 30^\circ} = \frac{1,505}{1,000}$$

eli $\alpha = 48,8^\circ$. (Punaiselle valolle voi käyttää myös taitekerrointa 1,507, jolla tulee vähän eri tulokset, mutta tämä ei vaikuta tehtävän pisteytykseen.)

Violetille valolle lasketaan taitekulma β

$$\frac{\sin 48,8^\circ}{\sin \beta} = \frac{1,525}{1,000}$$

eli taitekulma on violetille valolle $\beta = 29,6^\circ$.

Violetti valo taittuu prismaan tullessa siis $0,4^\circ$ eri suuntaan kuin punainen valo. Kun valot kulkevat 35 mm osuvat ne prismasta poistuessaan vähän eri kohtaan:

$$\tan 0,4^\circ = \frac{x}{35\text{mm}}$$

Minkä perusteella violetti valo poistuu siis etäisyydellä $35\text{ mm} \cdot \tan(0,4) = 0,3\text{ mm}$ punaisen valon poistumispaikasta. Ero ei ole suuri, mutta tämä aikaansaa dispersion avulla tuotetut spektrikuviot.