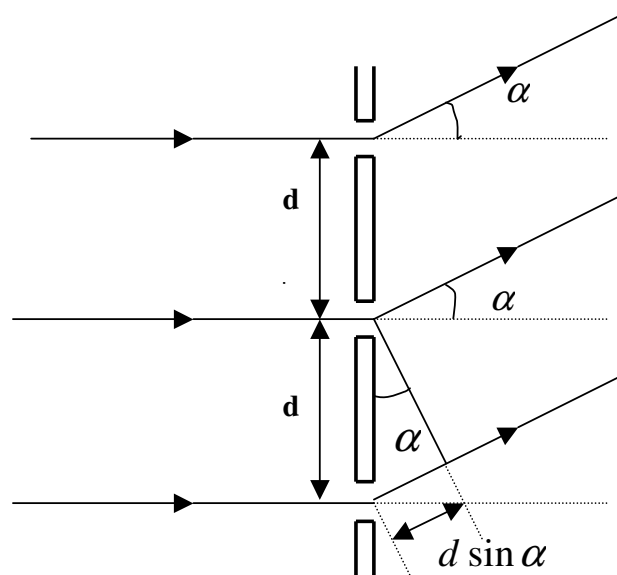


## TYÖ 8: SPEKTROMETRITYÖ

### I Optinen hila

Optisessa hilassa on hyvin suuri määrä yhdensuuntaisia, toisistaan yhtä kaukana olevia yhtä leveitä rakoja. Tällainen hila valmistetaan siten, että lasiin naarmutetaan jakokoneen timantilla yhdensuuntaisia läpinäkymättömiä viivoja (tavallisesti 200.....3000 viivaa millimetriä kohden). Näiden viivojen väliin jäävistä lasin ehjistä kohdista (raoista) valo pääsee läpi. Hilan kahden viereisen raon välinen etäisyys on hilavakio  $d$ .



KUVA 1

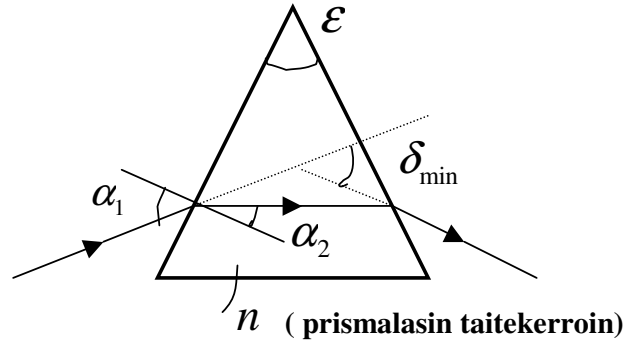
Kuva 1 liittyy valon taipumiseen hilassa. Tarkastellaan tapausta, jossa monokromaattinen valo tulee kohtisuoraan hilaan. Valon taipuminen hilassa voidaan selittää Huygenisin periaatteella, jonka mukaisesti hilan raot toimivat "alkeisaaltojen" lähteenä. Hilan raoista lähteneiden aaltojen interferenssin tuloksena syntyy tietty valon intensiteettikauma (kuvan 1 tapauksessa hilan oikealla puolella).

Tarkastellaan hilan eri raoista lähteneitä aaltoja tietyissä suunnissa. Suoraan tulosuunnassa aallot ovat samassa vaiheessa ja vahvistavat toisiaan ja tässä suunnassa syntyy valomaksimi. Suunnassa, joka muodostaa kulman  $\alpha$  tulosuunnan kanssa, kuvan 1 mukaisesti hilan kahdesta viereisestä raosta lähtevien aaltojen matkaero on  $d \sin(\alpha)$ . Jos matkaero on aallonpituuden monikerta, aallot ovat samassa vaiheessa ja vahvistavat toisiaan. Tällöin syntyy valomaksimit keskusmaksimin molemmille puolille. Edellisen tarkastelun mukaisesti hilayhtälö saa muodon

$$(1) \quad d \sin \alpha = k\lambda \quad (k = 1, 2, \dots)$$

Jos hilaan ohjataan kaasupurkausputken valo, jossa on useita aallonpituuksia, jokaista aallonpituutta vastaa erisuuruinen taipumiskulma  $\alpha$  ja kuvan 3 mukaisessa spektrometrissä muodostuu joukko erivärisiä viivoja. Punainen valo taipuu eniten ja violetti valo vähiten. Hilayhtälössä (1)  $k = 1$  vastaa 1. kertaluvun spektriä (matkaero on  $\lambda$ ),  $k = 2$  (matkaero on  $2\lambda$ ) toisen kertaluvun spektriä, jne.

## II Prisma



KUVA 2

Tarkastellaan monokromaattisen valon kulkua prisman läpi. Ilman ja prismalasin rajapinnassa valonsäteen suunta muuttuu. Kuvan 2 merkintöjä käyttäen saadaan

$$(2) \quad \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = n .$$

Valonsäteen kulkiessa prisman läpi symmetrisesti on prismaan tulevan ja siitä lähtevän säteen välinen kulma  $\delta$  minimissä. Kuvassa 2 on esitetty tämä tapaus ja minimipoikkeamaan liittyvä kulma  $\delta_{\min}$ . Tällöin prismalasin taitekertoimelle  $n$  voidaan johtaa kaava

$$(3) \quad n = \frac{\sin \left[ \frac{1}{2} (\delta_{\min} + \varepsilon) \right]}{\sin \left( \frac{1}{2} \varepsilon \right)} ,$$

missä  $\varepsilon$  = prisman taittava kulma.

Taitekertoimen  $n$  arvo riippuu prisma-aineen lisäksi valon aallonpituudesta. Taitekerroin kasvaa aallonpituuden lyhentyessä, joten ilman ja prismalasin rajapinnassa violetti valo taittuu enemmän kuin punainen valo.

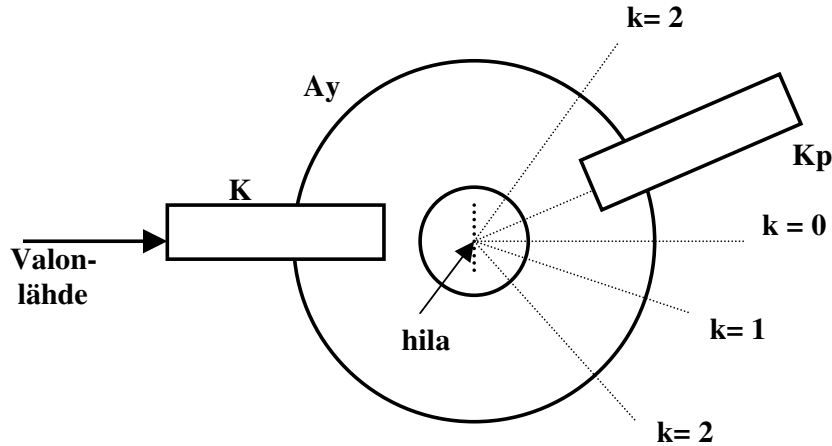
## III Spektrometri

Spektrometrin periaatteellinen rakenne näkyy kuvasta 3. Siinä on kierrettävä asteikkoympyrä Ay, kiinteä kollimaattoriputki K ja kierrettävä kaukoputki Kp. Näiden välissä keskellä on teline, johon voidaan asettaa hila tai prisma.

Kuva 3 esittää tapausta, jossa valonlähteestä (kaasupurkausputki) ohjataan valo säädetävän raon läpi kollimaattoriputken K. Putkessa oleva linssi suuntaa valonsäteet hilaan, joka asetetaan kohtisuoraan valonsäteitä vastaan. Hilan läpi kulkenutta valoa tutkitaan

käännettävällä kaukoputkella. Kun okulaarissa oleva hiusristikko asetetaan spektriviivan kohdalle, kaukoputken asema ja siten myös taipumiskulma  $\alpha$  voidaan lukea kulmaasteikolta  $0,1^\circ$  tarkkuudella laitteeseen liittyvän noniusasteikon avulla.

Kun tutkitaan valon taittumista ja määritetään taitekertoimia, hilan paikalla on telineessä prisma ja kulmamittaukset suoritetaan vastaavalla tavalla kuin hilan tapauksessa.



KUVA 3

#### IV Työn suoritus ja tulosten laskenta

##### 1. Hilavakion ( $d$ ) määrittäminen

Hilavakion määrittämisessä valon aallonpituus pitää tietää tarkasti. Esimerkiksi natriumlampun emittoiman valon spektrissä esiintyvä dubletti on muodostunut viivoista, joiden aallonpituudet ovat  $589,0$  nm ja  $589,6$  nm. Koska työssä käytettävän spektrometrin tarkkuus ei riitä dubletin viivojen käsittelyyn erillisinä, suunnataan okulaarin hiusristikko mahdollisimman keskelle viivaa (dublettia) ja laskuissa käytetään aallonpituudelle keskiarvoa  $\lambda = 589,3$  nm. Työtä suorittaessa mitataan 1. ja 2. kertaluvun viivoja vastaavat taipumiskulmat  $0,1^\circ$ :n tarkkuudella nollakohdan molemmiin puolin kohdassa III (spektrometri) esitetyllä tavalla. Kun spektrometrin kulmaasteikolta otetaan lukemat nollan molemmiin puolin, saadaan kulma  $2\alpha$  ja siitä edelleen  $\alpha$ . Näin vältetään nollakohdan tarkalta määrittämiseltä.

**Työselostuksessa hilavakio  $d$  lasketaan kaavan (1) avulla. Tuloksena ilmoitetaan keskiarvo saaduista  $d$ :n arvoista.**

##### 2. Valon aallonpituusmittauksia

Kun käytettävän hilan hilavakio tunnetaan, voidaan suorittaa valon aallonpituusmittauksia. Mittauksissa käytetään esim. elohopealamppua, jonka emittoima valo sisältää useita aallonpituuksia ja spektrometrissä muodostuu täten useita viivoja. Myös muita kaasupurkauslampuja voidaan käyttää.

Kaavan (1) mukaisesti taipumiskulma riippuu valon aallonpituudesta, joten erivärisiä viivoja vastaa eri kulmat. Työtä suoritettaessa mitataan 1. kertaluvun viivaa vastaava taipumiskulma  $0,1^\circ$ :n tarkkuudella jokaiselle viivalle. Luetaan spektrometrin kulma-asteikolta lukemat nollankohdan molemmiin puolin, jolloin saadaan taipumiskulma  $\alpha$  vastaavalla tavalla kuin hilavakion määrittämisen yhteydessä.

**Työselostuksessa lasketaan jokaista spektrometrissä näkyvää viivaa vastaava aallonpituus kaavaa (1) käyttäen.**

### **3. Taitekertoimien määrittäminen**

Asetetaan prisma spektrometrissä olevaan telineeseen. Valolähteenä käytetään esim. elohopealamppua. Myös muita kaasupurkauslamppuja voidaan käyttää. Koska jokaista aallonpituutta vastaa eri taitekerroin, prismassa tapahtuu erilainen taittuminen eri aallonpituuksille ja spektrometrissä näkyy erivärisiä viivoja.

Poikkeamakulma  $\delta_{\min}$  määritetään seuraavasti. Etsitään tarkasteltava viiva kaukoputken ristikkoon. Kierretään prismatelinettä ja samalla seurataan viivaa kaukoputkella. Poikkeamakulman minimikohta havaitaan siitä, että siirryttäessä siitä kumpaankin suuntaan tahansa spektriviiva liikkuu samaan suuntaan. Otetaan muistiin kulmaa  $\delta_{\min}$  vastaava asteikkoympyrän lukema  $0,1^\circ$ :n tarkkuudella. Poistetaan prisma spektrometristä ja tarkistetaan nollakohta vastaava kulmalukema spektrometrin kulma-asteikolta suunnammalla kaukoputki kohti rakoa.

Prisman taittavan kulman  $\varepsilon$  arvo annetaan työvuoron aikana.

**Työselostuksessa lasketaan jokaista aallonpituutta vastaava taitekerroin kaavaa (3) käyttäen sekä esitetään graafisesti taitekerroin  $n$  aallonpituuden  $\lambda$  funktiona eli määritetään valon dispersiokäyrä.**

### **Lopputulokset**

Lopputuloksina selostuksessa ilmoitetaan:

1. Hilavakio  $d$
2. Mitattujen tuntemattomien viivojen aallonpituudet
3. Eri aallonpituuksia vastaavat taitekertoimet sekä valon dispersiokäyrä prismalle

**Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu****MITTAUSPÖYTÄKIRJA****LABORATORIOTYÖ 8  
SPEKTROMETRI**

Ryhmä: \_\_\_\_\_ Pvm: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Laatija: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Työn ohjaaja: \_\_\_\_\_

**Mittaustulokset**

Käytetyt välineet:

hilavakio	
k	$\alpha$

 $\Delta\alpha=$  $\Delta\lambda=$ 

	Hila	Prisma
väri	$\alpha$	$\delta_{\min}$

 $\varepsilon=$  $\alpha_0=$