

FYS-LAP 2150.ØVELSE 6

SPEKTROSKOPI MED GITTER OG PRISME

Fysisk institutt, UiO

6.1 Gitterspektrometeret

Et spektrometer består i hovedsak av en kollimator, et gitter eller prisme og en kikkert med trådkors i okularet. Kollimatoren er et rør med en justerbar spalte i den ene enden og en konveks linse i den andre. Spalten befinner seg i linsens brennplan. Når spalten belyses av f. eks. en spektrallampe, kommer det parallelt lys ut fra kollimatoren. Et gitter plassert vinkelrett på kollimatoraksen vil avbøye spektralkomponentene i lyset fra lampen i forskjellige retninger. Ved hjelp av kikkerten, som bør være innstilt på “uendelig”, kan vinklene svarende til disse retningene leses av på spektrometerets gradskala. Avlesningen foretas når kikkertens trådkors faller sammen med spektrallinjen. Det er fordelaktig å observere en spektrallinje med kikkerten i to posisjoner. Den ene gangen er kikkerten i posisjonen α_h , til høyre for kollimatoraksen. Den andre gangen er kikkerten i posisjonen α_v , til venstre for kollimatoraksen. Avbøyningsvinkelen som skal settes inn i gitterlikningen

$$d \sin \theta = m\lambda$$

er lik

$$\theta = \frac{\alpha_h - \alpha_v}{2}.$$

Her er m spekterets orden og d er gitterkonstanten, dvs. avstanden mellom strekene i gitteret.

Uttrykket for den relative usikkerheten i bølgelengden er

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\theta}{\tan\theta}\right)^2},$$

der

$$\Delta\theta = \frac{1}{2}\sqrt{(\Delta\alpha_h)^2 + (\Delta\alpha_v)^2}.$$

NB! Det er viktig å uttrykke usikkerheten i radianer.

Oppgave 1. Balmerlinjer

En hydrogenlampe settes foran kollimatorspalten. Bestem bølgelengdene til de spektrallinjene du klarer å se tydelig. Anslå usikkerhetene i vinklene α_h og α_v , og beregn de tilhørende usikkerhetene i bølgelengdene. Gitterkonstanten d kan regnes ut fra antall streker pr. tomme, som er oppgitt. Sammenlikn de bølgelengdene du finner med de teoretiske verdiene som er gitt ved

$$\lambda_n = \frac{1}{R \left[\left(\frac{1}{2}\right)^2 - \left(\frac{1}{n}\right)^2 \right]},$$

der Rydbergkonstanten $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ og hovedkvantetallet $n = 3, 4, 5, \dots$

6.2 Prismespektrometeret

Oppgave 2. Heliumlinjer

En heliumlampe settes foran kollimatorspalten. Bestem bølgelengdene til *minst* en rød, en gul, en grønn, en blå og en blåfiolett spektrallinje med gitterspektrometeret. Anslå usikkerhetene i de avleste vinklene og beregn de tilhørende usikkerhetene i bølgelengdene.

Vi skifter ut gitteret med et prisme. En stråle som treffer prismet vil brytes to ganger. Den resulterende avbøyningsvinkelen θ er minst når strålen går symmetrisk gjennom prismet. Hvis prismets vinkel ved den brytende kanten er γ , er den minimale avbøyningsvinkelen gitt ved uttrykket

$$\sin \frac{\theta + \gamma}{2} = n \sin \frac{\gamma}{2},$$

der n er prismeglassets brytningsindeks svarende til den observerte spektrallinjens bølgelengde. For de prizmer vi bruker er $\gamma = 60^\circ$. Ser vi bort fra usikkerheten i denne vinkelen, blir usikkerheten i brytningsindeksen

$$\Delta n = \Delta\theta \cos \left(\frac{\theta}{2} + \frac{\pi}{6} \right).$$

Oppgave 3. Prismeglassets brytningsindeks

Benytt de samme fem spektrallinjene som du undersøkte i Oppgave 2. La først prismets brytende kant peke til venstre. Du finner den prismeinnstillingen som gir minimal avbøyning ved å rotere prismet mens du observerer spektrallinjen i kikkerten. Kikkertens vinkel α_h ved minimal avbøyning noteres. Så snur du prismet rundt slik at den brytende kanten peker til høyre. Les av kikkertens vinkel α_v ved minimal avbøyning av strålen. Vinkelen θ som skal settes inn i uttrykket

$$n = 2 \sin \left(\frac{\theta}{2} + \frac{\pi}{6} \right)$$

er igjen gitt ved

$$\theta = \frac{\alpha_h - \alpha_v}{2}.$$

Bestem sammenhengen mellom brytningsindeksen til glasset i prismet og lysets bølgelengde. Anslå usikkerhetene i de avleste vinklene og beregn de tilhørende usikkerhetene i n . Lag en graf som viser brytningsindeksen som funksjon av bølgelengden. Bestem prismeglassets dispersjon $dn/d\lambda$ for $\lambda = 500$ nm ved hjelp av grafen. Beregn prismets oppløsningsevne for $\lambda = 500$ nm. Størrelsen B er lengden av prismets basis. Sammenlikn prismets oppløsningsevne med gitterets oppløsningsevne som er mN , der m er spekterets orden og N er det effektive antall linjer i gitteret.