

FY0001 Lab

Oppgave 3 - Emisjon og absorpsjon av fotoner

1 Introduksjon

Hensikten med denne oppgaven er todelt. Vi skal se på hvordan et gitter kan brukes til å splitte opp lys i ulike farger, og vi skal se på emisjon og absorpsjon av fotoner med forskjellig energi.

2 Teori

2.1 Energinivåer

Atomet består av en liten, positivt ladet atomkjerne og elektroner som befinner seg rundt kjernen. Nå vet vi at virkeligheten ikke er fullt så enkel, men tidligere trodde man at elektronene gikk i baner rundt atomkjernen, omtrent som planetene i et solsystem. Det er imidlertid et problem med denne modellen, og det er at ladning i akselerert bevegelse sender ut energi i form av elektromagnetisk stråling, og som vi vet er sirkelbevegelse akselerert bevegelse.

Hvis elektronene hadde sendt ut energi som stråling ville de raskt mistet farten sin, og falt inn i atomkjernen. Vi vet imidlertid at dette ikke skjer, ettersom atomer er stabile strukturer. Dette ledet Bohr til å postulere at i et atom finnes det visse energinivåer et elektron kan ha, der det kan bevege seg uten å sende ut stråling. Et postulat er jo ikke en forklaring, men det har vist seg at Bohrs postulat stemmer.

Det betyr at i et atom finnes det visse, diskrete (adskilte) energier et elektron kan ha, og hvis det skal bevege seg til et høyere eller lavere energinivå må det enten få tilført energi, eller sende ut energi. For at et elektron skal kunne gå til et høyere energinivå må det absorbere et foton som har nøyaktig så stor energi som forskjellen på de to energinivåene. Hvis det går til et lavere energinivå vil det sende ut et foton, som igjen har nøyaktig så stor energi som forskjellen på de to energinivåene.

Energinivåene er forskjellige for hver type atom, det vil altså si forskjellig for hvert grunnstoff. Vi sier at hvert grunnstoff har et karakteristisk emisjons-spektrum, som kan brukes til å identifisere grunnstoffet. Helium ble først oppdaget på denne måten, ved at man så emisjonslinjer fra et hittil ukjent grunnstoff i lyset fra solen.

2.2 Fotoner

Energien til et foton med frekvens f er

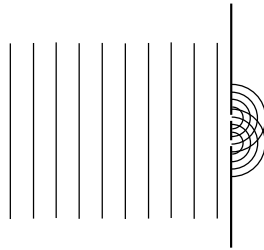
$$E = hf,$$

der h er Plancks konstant. $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js. Sammenhengen mellom bølgelengde og frekvens for et foton er

$$c = \lambda f.$$

2.3 Interferens

I dette forsøket bruker vi et gitter til å splitte lyset i ulike bølgelengder. Dette skjer på grunn av interferens. Hvis vi sender lys inn mot to smale spalter, vil lyset bli avbøyd, og spre seg utover som to halvsirkler. Der disse to bølgene er i fase, får vi konstruktiv interferens, det vil si at intensiteten blir summen av intensitetene til de to delbølgene, mens der bølgene er i motfase får vi destruktiv interferens, det vil si at intensiteten blir null.



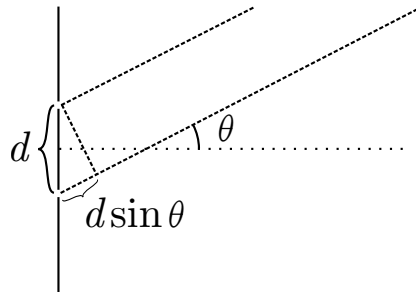
Figur 1: En planbølge kommer inn mot to spalter. Resultatet blir halvsirkelformede bølgefronter.

Dette fører til at vi kun får lys i visse vinkler. Disse vinklene vil avhenge av bølgelengden til lyset, og det er derfor vi ser de ulike fargene i lyset adskilt. Sammenhengen mellom bølgelengde og avbøyd vinkel er

$$d \sin \theta = n\lambda,$$

der d er avstanden mellom spaltene, og n er et heltall. Når $n = 0$ er også $\theta = 0$. Dette kalles nullte ordens maksimum. På hver side av 0te ordens maksimum finner vi første ordens maksimum, som tilsvarer $n = 1$, og det er dette vi skal se på i denne oppgaven. Vi ser at avbøyningsvinkelen er avhengig av bølgelengden når $n > 0$. Dermed vil ulike farger bli avbøyd forskjellig, og vi kan se hvilke farger lyset består av.

I denne oppgaven bruker vi et gitter, som gir samme avbøyning som en dobbeltspalte, men slipper igjennom mye mer lys. Gitteret har 600 linjer/mm, som gir en avstand mellom spaltene på $d = 1,66 \cdot 10^{-6}$ m.



Figur 2: Når forskjellen i veilengde, som er lik $d \sin \theta$, er et helt antall bølgelengder får vi konstruktiv interferens.

2.4 Sort legeme

Et sort legeme er, som navnet tilsier, et legeme som ikke reflekterer stråling. For et slikt legeme vil den utsendte strålingen kun være en funksjon av temperaturen. For en gitt temperatur kan man plote intensitet som funksjon av bølgelengde, det vil si hvor mye lys som av hver farge som sendes ut. Denne sammenhengen, som gjerne kalles Plancks lov, er

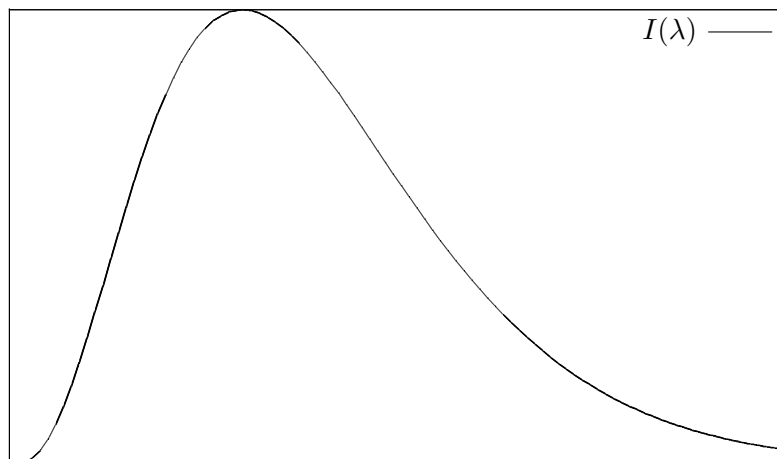
$$I(f, T) = \frac{2hf^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1},$$

der $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js er Plancks konstant, $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s er lysfarten, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K er Boltzmanns konstant, f er frekvensen og T er temperaturen. Denne loven forteller hvor mye stråling med frekvens f et sort legeme med temperatur T sender ut. I tillegg er det nyttig å kjenne til Wiens forskyvningslov, som gir sammenhengen mellom temperatur, og den bølgelengden der intensiteten er høyest.

$$T\lambda_{max} = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ mK}.$$

3 Gass-lampe

Gass-lampene som brukes inneholder en gass, enten hydrogen, helium eller vanndamp. Gjennom denne gassen sendes det en strøm av elektroner. Disse elektronene vil eksitere atomene i gassen. Når de så faller ned i et lavere energinivå sender de ut stråling med bestemte bølgelengder som er karakteristiske for akkurat dette stoffet. På røret i hver lampe står det en liten lapp som forteller hvilken gass det er.



Figur 3: Eksempel på Planck-kurve.

4 Oppsettet

4.1 Utstysrliste

- Glødelampe
- Gass-lampe
- Oppsett med linser, gitter, gradskive og bevegelig lys-sensor
- PC

DataStudio

I denne oppgaven bruker vi programmet DataStudio til å logge data. Start programmet med ikonet på skrivebordet. Etter å ha funnet dataloggeren, velg Create Experiment, legg til sensorene (Rotary Motion sensor og Light sensor) i programmet, og koble dem til boksen som anvist. Dobbelklikk på en sensor for å stille inn loggefrequens, og eventuelt automatisk stopp.

En rapport bør inneholde relevante figurer. For å lage en graf, trekk en måling ned til Graph-ikonet og slipp. For å plotte en måling som funksjon av en annen, begynn med den målingen som skal på y -aksen, og trekk deretter den andre målingen inn i graf-vinduet, og slipp den *på* x -aksen. Hvis du er på riktig sted kommer det opp en stiplet firkant når du holder målingen over x -aksen.

For å reskalere grafen i kun én retning, hold pekeren over ett av tallene på den aksen, og dra og slipp til ønsket effekt er oppnådd. For å lese av verdiene til et punkt på grafen,

bruk cursor-verktøyet, og flytt rundt på denne.

Det er mulig å ta vare på målinger og grafer. I Display-menyen finner du Export picture, og Export data. Export picture lagrer grafen, slik du ser den på skjermen, som en bildefil (bmp). Export data skriver ut dataene til en txt-fil, som man senere kan behandle med GNUplot eller et annet fornuftig verktøy, eventuel Excel om man liker denslags.

5 Oppgavene

Oppgave 1

Betrakt spektrumet fra glødelampen. Diskuter det du ser. Les av vinkelen der du måler høyest intensitet. Regn ut bølgelengden til dette lyset, og bruk dette til å regne ut temperaturen til glødetråden.

Oppgave 2

Betrakt spektrumet fra gass-lampen. Diskuter det du ser. Hvorfor ser spektrumet helt annerledes ut enn for glødelampen? Mål vinkelen og regn ut bølgelengden og foton-energien for minst to av linjene.

Oppgave 3

Gjør tre målinger av spektrumet fra glødelampen, en med tomt oppsett, en der du sender lyset gjennom vann, og en der du sender lyset gjennom oppløsning av holmium-ioner. Putt alle tre målingene i samme graf. Diskuter det du ser. Er det forskjell på de to siste målingene? Om mulig, mål vinkelen og regn ut bølgelengden og foton-energien for absorpsjonslinjene til holmium.

6 Kommentarer til oppgavene

Før du begynner

Vinkelsensoren registrerer hvor mange grader vi dreier den. For å regne om dette til vinkel på det store hjulet kan vi trykke start på målingen, dreie det store hjulet 20 grader, og lese av fra DataStudio hvor mange grader dette tilsvarer på sensoren. Da finner man omregningsfaktoren.

Oppgave 1

Når man skal måle vinkler er dette alltid i forhold til 0. ordens maksimum (den lyse stripen i midten). For å finne hvor maks intensitet ligger, start målingen i 0. ordens maksimum, og se på skjermen mens du beveger sensoren til du finner maksimum.

7 Hvis du vil skrive rapport fra denne oppgaven

Gå på biblioteket, og slå opp energinivåene til den gassen du brukte i *Handbook of physics and chemistry* eller et annet egnet tabellverk. Sammenlign med det du fant, og se om du kan identifisere overgangene. Rapporten skal inneholde en grundig diskusjon av både resultater og feilkilder. Husk at en rapport idéelt sett skal kunne benyttes av noen som ønsker å etterprøve resultatene dine ved å gjøre det samme forsøket, så den bør inneholde en nokså detaljert beskrivelse av utstyr og fremgangsmåte.