

FYS2150/V18/Modul 3.2: Zeeman-effekten//revidert 23.04.18

C.A. Lütken og A.L. Read
 Fysisk institutt, Universitet i Oslo
 (Dated: April 23, 2018)

Denne oppgaven har flere måletekniske utfordringer. For å forbedre bestemmelsen av verdien til Bohr-magnetonet med en størrelsesorden har vi i år forandret litt på utførelsen av oppgaven i forhold til den gamle teksten, som foreløpig ikke er revidert. Bakgrunn og teori finner du i labteksten.

Kalibrering. Magnetfeltet mellom polene til elektromagneten er ikke konstant (se Fig. 1 og 2). Energisplittingen vil derfor avhenge av hvor i lyspæren atomet befinner seg. Denne oppgaven burde starte med å lage en kalibreringskurve for min/max verdiene av magnetfeltet mellom polene i elektromagneten, som funksjon av strømmen I . For å spare tid har vi gjort dette på forhånd, se Fig. 1.

Apparaturen. Bruk den ferdig oppstilte optiske benken vist i Fig. 2. Den er betydelig forenklet i forhold

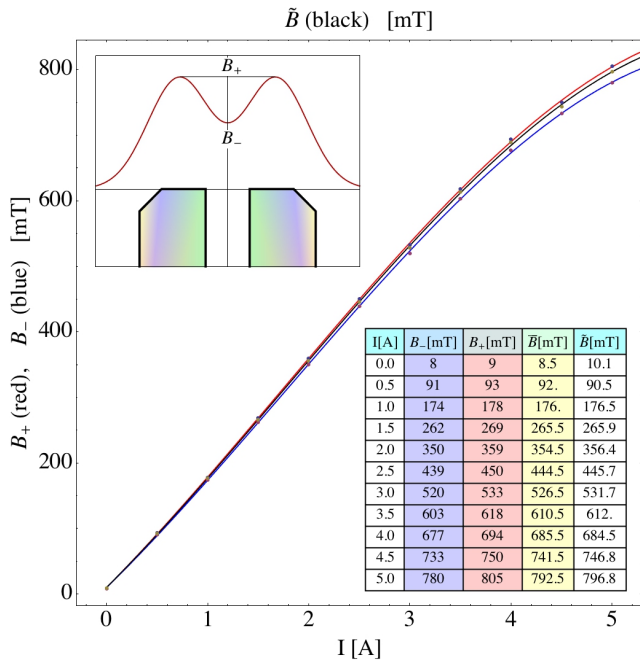


Figure 1: Magnetfeltet er ikke konstant mellom de uthulede polene som er skjøvet inn i elektromagneten (innsatt diagram, se også Fig. 2). Feltstyrkene $B_{\pm}(I)$ ble målt 23.04.18 med den transversale (T) måleproben “Teslameter 2000. The Smart Magnetic Sensor (TEL-Atomic Inc.)”, for hver halve Ampere mellom $I = 0$ A og $I = 5$ A. Datapunktene er vist i hoveddiagrammet, sammen med tilpassede kalibreringskurver. Tabellen viser målte verdier B_{\pm} , middelveiden \bar{B} av disse, og verdien \tilde{B} avlest fra den midlere kalibreringskurven (sort).

til fabrikantens forslag, og er bedre tilpasset vårt eksperiment.

Polarisering. Undersøk polarisasjonen til de røde fotonene fra kadmium (Cd) lampen, først uten og så med B-felt inni lyspæren (logg polarisjonsretningene).

Data-logging. Etter å ha fjernet $B = 0$ ringene med polarisatoren bruker du MINESEE applikasjonen for CCD-kameraet til å ta minst to bilder når strømmen er $I_3 = 3$ A og $I_4 = 4$ A. Hvis du har tid kan du ta bilder også for $I_1 = 1$ A og $I_2 = 2$ A. [Eksponeeringstid, gain, saturation, kontrast osv. velges under “options”, som anvist av veileder.]

Data-analyse. Det er valgfritt å bruke en av de to metodene i (a) og (b), eller begge, for å finne de ytre og indre diametrene d_i^{\pm} ($i = 1, 2, 3$) av de tre minste ringene. Disse gir verdien av den dimensjonsløse geometriske nøkkelparameteren δ og Bohr-magnetonet μ_B :

$$\delta = \frac{d_2^2 - d_1^2}{d_3^2 - d_1^2} \sim 1, \quad \mu_B = \frac{hc}{4t} \frac{\delta}{B}.$$

Her er $t = 3.00 \pm \delta t$ mm tykkelsen på glassplaten i enden av FP-interferometeret (δt er ikke oppgitt av fabrikanten PHYWE, så vi må anta at den ikke bidrar vesentlig til usikkerheten). Naturkonstanten $hc = 1.986\,445\,68 \times 10^{-25}$ Jm [CODATA] er energien $E_1 = -hcR$ til grunntilstanden av et hydrogenatom målt i Rydberg (se forrige eksperiment om gitterspektroskopi i denne øvelsen).

(a) *Online (på labben).* Bruk måleverktøyet i GIMP til å bestemme indre og ytre diameter d_i^{\pm} ($i = 1, 2, 3$) til de tre minste ringene ved direkte avlesning på skjermbildet (se Fig. 3), og estimer usikkerheten i disse målingene.

Bruk kalibreringskurvene i Fig. 1 til å beregne:

$$\mu_B^{\pm}(I) = \mu_B^{\pm}[B_{\pm}(I), d_i^{\pm}(I)],$$

$$\bar{\mu}_B(I) = \frac{1}{2}[\mu_B^{-}(I) + \mu_B^{+}(I)],$$

$$\langle \bar{\mu}_B \rangle = \frac{1}{N} \sum_n \bar{\mu}_B(I_n).$$

(b) *Offline (etter labben).* Bruk MATLAB til å analysere bildene, for eksempel ved en gråtoneanalyse av et horisontalt utsnitt, som vist i Fig. 3, og bestem

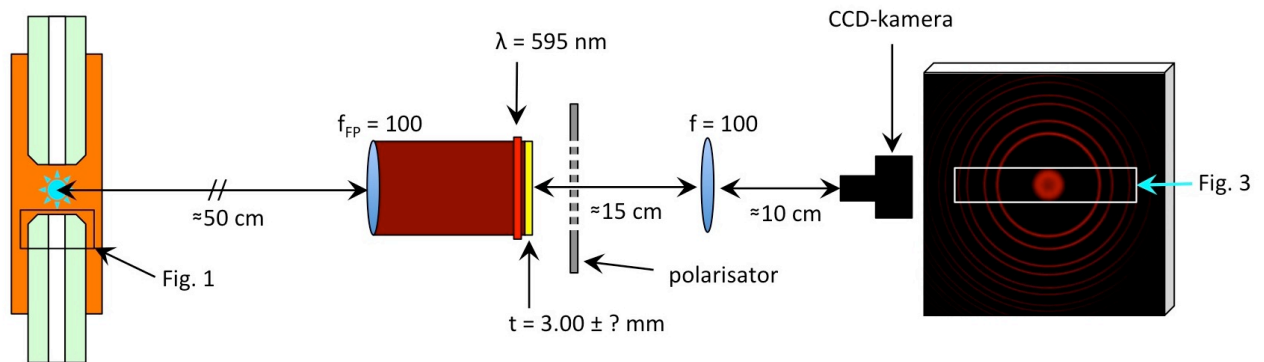


Figure 2: Forenklet optikk for Zeeman-eksperimentet (1 linse i stedet for 3 i PHYWE).

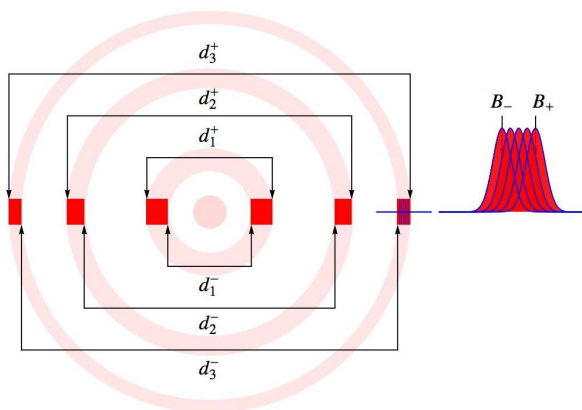


Figure 3: Horisontalt utsnitt (slisse vist i Fig. 2) av de tre minste interferensringene som kan observeres i dette Zeeman-eksperimentet. Diametrene d_i^\pm kan måles direkte på skjerm-bildet ved å bruke GIMP, eller vha. MATLAB-koden for billedanalyse fra viskositetsoppgaven i Modul 2.

d_i^\pm ($i = 1, 2, 3$) for en konstant verdi av intensiteten, for eksempel valgt lik 50% av toppen til den minste ringen. Estimer usikkerheten.

Bruk kalibreringskurvene i Fig. 1 til å beregne:

$$\bar{B}(I) = \frac{1}{2}[B_-(I) + B_+(I)],$$

$$\bar{d}_i(I) = \frac{1}{2}[d_i^-(I) + d_i^+(I)],$$

$$\tilde{\mu}_B(I) = \mu_B[\bar{B}(I), \bar{d}_i(I)],$$

$$\langle \tilde{\mu}_B \rangle = \frac{1}{N} \sum_n \tilde{\mu}_B(I_n).$$

Vurdering. Sammenlign dine eksperimentelle verdier av Bohr-magnetonet med tabellverdien [CODATA]

$$\mu_B = 9.274\,009\,994(57) \times 10^{-24} \text{ J/T.}$$