

FYS1120 Elektromagnetisme

Labøving 2

Magnetisering.

Kristian Tuv, Hilde Solesvik Skeie og Øyvind Sigmundson Schøyen.

November 17, 2014

Innhald

Måling av magnetisk susceptibilitet	3
PRELAB-Oppgåve 1	3
Oppgåve 1	3
Måling av magnetisk fluks	4
Oppgåve 2.1	4
Oppgåve 2.2	4
PRELAB-Oppgåve 2	4
Måling av magnetisk hysteresese	6
PRELAB-Oppgåve 3	6
Oppgåve 3.1	6
Oppgåve 3.2	6
Programma	7
Oppgave1.py	7
Oppgave2.1.py	7
Oppgave2.2.py	7
Oppgave3.1.py	8

Måling av magnetisk susceptibilitet

PRELAB-Oppgave 1

Viss $\chi > 0$ er materialet paramagnetisk og for $\chi < 0$ er det diamagnetisk. Då ser me at krafta for eit paramagnetisk materiale vil vere gjeve ved

$$F_z = -\frac{1}{2\mu_0}\chi A (B_1^2 - B_2^2).$$

Denne krafta peiker i negativ z -retning og vil trekke materialet ut av B -feltet nedover. For eit diamagnetisk materiale vil krafta vere gjeve ved

$$F_z = \frac{1}{2\mu_0}\chi A (B_1^2 - B_2^2).$$

Her vert materialet dytta opp i positiv z -retning ut av B -feltet.

Oppgave 1

For å bestemme susceptibiliteten til Vismut vil me måle ein Δm . Fyrst finner me massa til vismutstaven uten eit magnetfelt. Etterpå slår me på eit kjent B -felt og finner den nye massa. Me former deretter om likninga for F_z slik at me kan finne χ .

$$F_z = -\frac{1}{2\mu_0}\chi A(B_1^2 - B_2^2) = \Delta mg \quad \Rightarrow \quad \chi = -\frac{2\Delta mg\mu_0}{A(B_1^2 - B_2^2)}.$$

For $B_2 \ll B_1$ vert likninga omforma til

$$\chi = -\frac{2\Delta mg \mu_0}{AB^2}.$$

Programmet `Oppgave1.py` gjer oss utskrifter

$$\chi = -0.000133 \text{ T}^{-1}.$$

Me ser at $\chi < 0$ ergo er vismut ein diamagnet.

Måling av magnetisk fluks

Oppgave 2.1

For å rekne ut k omformar me likninga

$$kDS = V_0 t_0$$

til

$$k = \frac{V_0 t_0}{DS}.$$

Me nyttar no verdiane me les av integratoren og frå voltmeteret til å finne S , D , V_0 og t_0 . D les me av Damp på integratoren, S finn me ved å la integratoren stabilisere seg på ein verdi. t_0 er tida det tek frå me restartar integratoren til ho stabiliserar seg. V_0 les av frå voltmeteret som potensialskjelnaden over integratoren. Då får me frå programmet `Oppgave2.1.py` utskrifta

$$k = 1.78e - 06.$$

Oppgave 2.2

For å måle B -feltet kopla me ut spenningskjelda og motstandane og kopla til ein spole i integratoren. Deretter held me spola i ein magnet og restartar integratoren. Idet me restartar integratoren trekk me spola ut av magnetfeltet og skriv ned resultatet for S . Me tek gjennomsnittsverdien av dei målte S -verdiane. Då gjer likninga

$$B = \frac{kDS}{NA}$$

B -feltet. Programmet `Oppgave2.2.py` gjer oss utskrifta

$$B = 0.437 \text{ T}.$$

PRELAB-Oppgave 2

Me nyttar resultatet

$$\int_{t_1}^{t_2} V dt = k\alpha = kDS = - \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi. \quad (1)$$

Frå Gauss lov for magnetisme har me at

$$\Phi_B = N \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}.$$

Me set dette inn i likning (1) og får

$$\int_{t_1}^{t_2} V \, dt = kDS = \Phi_B = NBA$$
$$\Rightarrow \quad B = \frac{kDS}{NA}.$$

Måling av magnetisk hysteresese

Grunna ikkje-fungerande utstyr vert me tildelt ei måling for $I = 4$ A.

PRELAB-Oppgåve 3

Me deriverer funksjonen

$$B = B_0 + \mu_0 H,$$
$$\frac{dB}{dH} = \mu_0.$$

Stigningstalet vil då vere μ_0 . Me finner då M ved

$$B = B_0 + \mu_0 H = \mu_0 (H + M) \quad \Rightarrow \quad B_0 + \mu_0 H = \mu_0 H + \mu_0 M$$
$$\Rightarrow \quad M = \frac{B_0}{\mu_0}.$$

Oppgåve 3.1

Me nyttar formlane

$$H_{maks} = \frac{NI_{maks}}{2\pi R},$$

$$B = \mu_0(H + M)$$

og

$$B_{maks} = \frac{kD|S_1 - S_2|}{2\pi A}.$$

Desse nyttar me til å finne M . Programmet `Oppgave3.1.py` gjer oss verdiane

$$M = 7.31e + 05 \text{ når } B = 0.928 \text{ T og } H = 7.02e + 03.$$

For $|I| \geq 2$ vil magnetiseringa vere relativt konstant. Viss $I \in [-2, 2]$ vil M variere mykje.

Oppgåve 3.2

For å finne B_r les me av nye verdier for S_1 og S_2 . Me set $H = 0$ og får frå programmet `Oppgave3.1.py` utskrifta

$$\text{Remanent } B_r = 0.497 \text{ T.}$$

Denne verdien vil ikkje endre seg då $H \propto I$ slik at $I = 0$ for $H = 0$.

Programma

Oppgave1.py

```
from numpy import array, pi

g = 9.81 # m/s^2
mu_0 = 4 * pi * 10**(-7) # N/A^2
B = 0.75 # T
r1 = 11.04e-3 / 2.0 # m
r2 = 10.96e-3 / 2.0 # m
r3 = 10.27e-3 / 2.0 # m

R = (r1 + r2 + r3) / 3.0 # m (mean radius)
A = pi * R**2 # m^2
m1 = 40.61e-3 # kg
m2 = 40.335e-3 # kg

chi_func = lambda m: -2 * mu_0 / (A * B**2) * m * (-g)

with open('Oppgave1.txt', 'w') as f:
    f.write("\\chi = %.3g \\text{ T^{-1}}" % (chi_func(m2 - m1)))
```

Oppgave2.1.py

```
S = 2000
V0 = 0.866e-3 # V
t0 = 41.09 # s
D = 10

k = V0 * t0 / float(D * S)

with open('Oppgave2.1.txt', 'w') as f:
    f.write("k = %.3g" % k)
```

Oppgave2.2.py

```
from numpy import array, sum as npsum

NA = 39.5e-3 # m^2
D = 10
k = 1.78e-6 # from last assignment
S = array([998, 945, 953, 989, 934, 995])

S_mean = npsum(S) / float(S.size)
```

```

B = k * D * S_mean / float(NA)

with open("Oppgave2.2.txt", 'w') as f:
    f.write("B = %.3g \\text{ T}" % B)

```

Oppgave3.1.py

```

# coding: utf-8
from numpy import pi, zeros

R = 116e-3 / 2.0 # m
r = 8.6e-3 / 2.0 # m
N = 640
n = 100
k = 0.98e-6 # Wb
D = 10

A = pi * r**2 # m^2

mu_0 = 4 * pi * 10**(-7) # N/A^2

I = 4 # A
S_1 = 1300
S_2 = 200

H = lambda I: N * I / float(2 * pi * R)
B = lambda dS: k * D * abs(dS) / float(2 * n * A)

M = lambda B, H: B / mu_0 - H

with open('Oppgave3.1.txt', 'w') as f:
    f.write("M = %.3g \\text{ når } B = %.3g \\text{ T og } H = %.3g " % (M(B(S_2 - S_1), H(I)), B(S_2 - S_1), H(I)))

S_2 = 1100
S_1 = 500
M_temp = M(B(S_2 - S_1), H(I))
B_r = lambda M: mu_0 * M
with open('Oppgave3.2.txt', 'w') as f:
    f.write("\\text{Remanent } B_r = %.3g \\text{ T}" % (B_r(M_temp)))

```