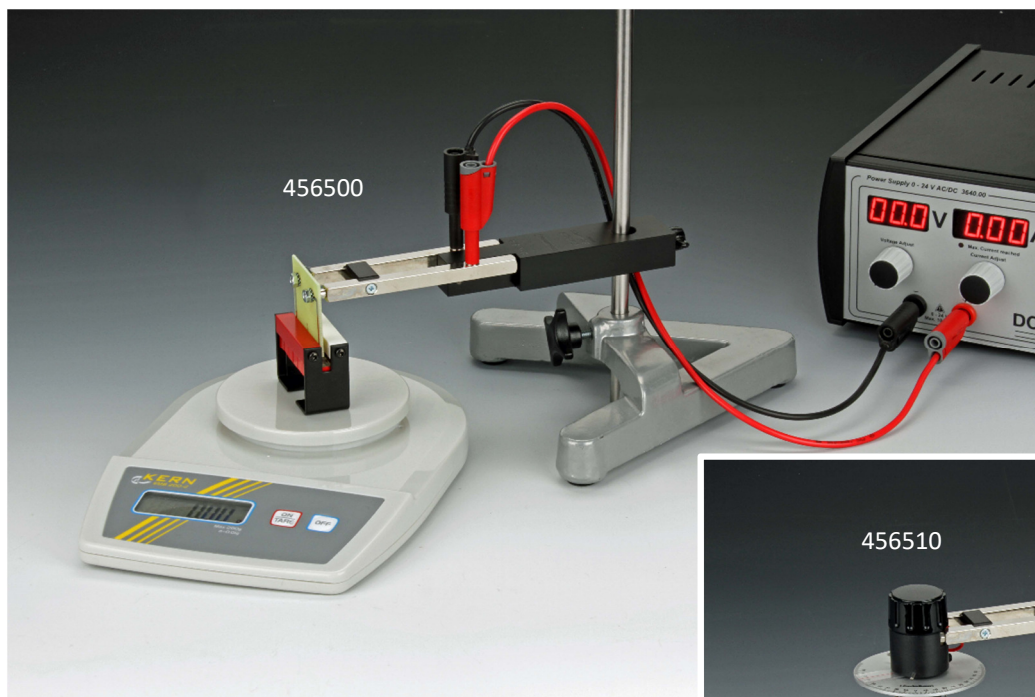


| | | | | | |
|--------------------|-----------------|------|-------------------|---------------|--------|
| Eksperiment nummer | 137240 | Emne | Elektromagnetisme | | |
| Version | 2017-05-23 / HS | Type | Elevøvelse | Foreslået til | gymA |
| | | | | | p. 1/4 |



Formål

Undersøgelse af kraften på en strømførende leder i et magnetfelt, herunder vinkelafhængigheden.

Eftervisning af det teoretiske udtryk for kraften.

Princip

Vi anvender magnetfeltet fra en permanent magnet, som placeres på en vægt. Ifølge Newtons tredje lov vil kraften på magneten være lige så stor som kraften på lederen (og modsat rettet denne). Vægtens visning kan derfor bruges til at finde kraften på lederen.

Apparatur

(Detaljeret liste på side 4.)

456500 Strømvægt

364000 Strømforsyning

456510 Strømvægt, vinkelafhængighed

Ledninger

Stativmateriale

Digitalvægt 200 g / 0,01 g

Strømforsyningen 364000

Det korte lederstykke, som bruges i opstillingen, har meget lille modstand og vil derfor stort set fungere som en kortslutning.

Derfor anvendes knappen *Current Adjust* til regulering af strømmen, mens knappen *Voltage Adjust* blot skal være skruet godt op.

Strømstyrken aflæses på strømforsyningens indbyggede amperemeter.

Anvendes en anden strømforsyning end 364000, kan det være nødvendigt at indskyde en modstand mellem strømforsyning og leder. Anvend 1 Ω, 50 W (420505).

Såfremt strømforsyningen ikke har amperemeter, må man desuden anvende et eksternt måleinstrument.

Udførelse

1 – Varierende strøm

Sammensæt opstillingen som vist på det store billede på side 1.

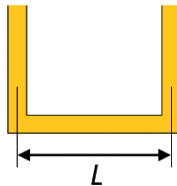
Hvis den anvendte vægt er følsom overfor magnetfelter, kan afstanden til magnetsystemet øges med f.eks. en lille klods af flamingoskum.

Det lederstykke, der skal måles på, sidder på et stykke printplade, som kan udskiftes. Nogle af disse er dobbeltsidede, så strømmen løber to gange.

Lederholderen (blank metal) kan vippes op, så man kan skifte lederen uden at flytte magnetsystemet.

Begynd med det *enkelt-sidede* print, som har *det længste* vandrette lederstykke.

Mål længden (L) af det vandrette stykke.



Juster højden, så lederen sidder lige ud for midten af magnetsystemets polsko.

Skru helt ned for *Current Adjust* og skru halvt op for *Voltage Adjust*. Både voltmeter og amperemeter skal nu stå på 0. Nulstil vægten (knappen *Zero* eller *Tare*.)

Skru op til strømstyrken I er ca. 1 A – aflæs den præcise værdi. Aflæs vægten: m .

Noter de målte data i en tabel som nedenstående.

NB: Hvis vægten viser et negativt tal, noteres strømmen også som negativ.

| $L =$ | | mm |
|---------|---------|----------|
| Målt | | Beregnet |
| I / A | m / g | F / mN |
| | | |
| | | |

Gentag for strømme på ca. 2, 3, 4 og 5 A.

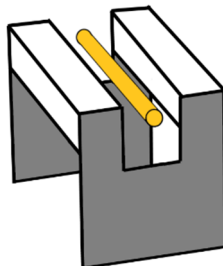
Byt om på ledningerne ved strømforsyningen, så strømmen går den modsatte vej, og mål igen ved fem forskellige strømme. Husk stadig at notere fortegnet.

2 – Kraftens retning

Magnetfeltet går fra magnetens røde nordpol til den hvide sydpol. Strømmen går fra plus til minus.

Tegn en skitse som denne af magnetsystemet og den vandrette del af lederen.

Angiv magnetpolerne og strømmens retning, samt om vægten viser *positivt* eller *negativt* i denne situation.



3 – Varierende længde

Brug samme type opstilling som i del 1. Sæt ledningerne i, så vægten viser positive værdier, når der går strøm.

Strømmen skal i denne del være ca. 5 A – *noter den nøjagtige værdi* og brug den samme strøm for alle lederstykkerne. Det letteste er at indstille én gang og derefter unlade at røre knappen *Current Adjust*.

I kan slukke og tænde strømmen med *Voltage Adjust*.

Mål med alle de enkelt-sidede printplader og udfyld en tabel som denne:

| $I =$ | | A |
|----------|---------|----------|
| Målt | | Beregnet |
| L / mm | m / g | F / mN |
| | | |
| | | |

Kontroller nulstillingen af vægten (uden strøm) hver gang, lederen skiftes ud.

Fortsæt med de to dobbeltsidede printplader; gang den målte længde med 2 for at få L .

4 – Varierende vinkel

Sæt tilbehøret 456510 på lederholderen og udskift magnetsystemet. (Se det lille billede på side 1.)

Juster igen højden, så de nederste vandrette dele af tråden ligger midt i magnetfeltet.

Drej på den sorte knap for at finde grænserne for rotationen. Stil knappen ca. midt i dette område.

Nulstil vægten (uden strøm).

Skru op til ca. 5 A.

Roter *magnetsystemet* i forhold til lederen, indtil vægten viser 0 – finjuster på den store knap.

Fasthold lederens position, men drej den røde viser på plaststykket hen på skalaens nulpunkt (se billedet). Herefter svarer vinklen 0° på skalaen til 0 gram på vægten. Opstillingen er nu klar.



Varier vinklen θ i 10° skridt og noter hver gang vægten's visning. Vinklerne noteres med fortegn. Mål om muligt fra -100° til $+100^\circ$.

| Målt | |
|-------------------|---------|
| $\theta / ^\circ$ | m / g |
| | |
| | |

5 – Varierende felt

Skift til det oprindelige magnetsystem og gennemfør en måleserie med samme lederstykke som i del 1 og strømmen 5 A, men med varierende antal magneter i magnetholderen.

Teori

Når en elektrisk strøm løber i et lederstykke, placeret i et homogent magnetfelt, så påvirkes lederen af en kraft, givet ved

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin(\theta),$$

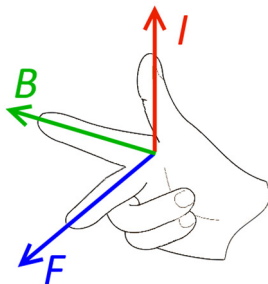
hvor B er den magnetiske fluxtæthed, I er strømstyrken, L er lederstykkets længde og θ er vinklen mellem lederstykket og magnetfeltets retning.

(Dette udtryk kaldes Laplaces lov og er et specialtilfælde af Lorentz' kraftlov.)

Hvis lederen står vinkelret på magnetfeltet, reduceres udtrykket til

$$F = B \cdot I \cdot L.$$

Retningen af kraften på lederen findes ved hjælp af højrehåndsreglen (figuren). F står vinkelret på såvel lederen som magnetfeltet.



Newtons 3. lov, anvendt på dette system:

$$F_M = -F_L$$

- det vil sige: Kraften på magnetsystemet fra lederen er *modsat rettet* kraften på lederen fra magnetsystemet; deres størrelse er ens.

En vægt som kraftmåler: Tyngdekraften på massen m er givet ved

$$F = m \cdot g$$

Vægten viser m , når den påvirkes af kraften F .

Pas på enheder overalt! Det kan være en fordel konsekvent at omregne til SI-enheder først.

Beregninger mv.

Det kan være en fordel at anvende et regneark. I del 4 er det næsten en nødvendighed.

Overalt skal den aflæste "vægt" omregnes til en kraft.

1 – Varierende strøm

Afbild kraften som funktion af strømmen i et koordinatsystem.

Tegn den bedst mulige rette linje gennem målepunkterne og bestem dens hældning. Beregn ud fra hældningen størrelsen af B .

2 – Kraftens retning

Gør rede for retningen af kraften på lederen ud fra skitsen og noterne. Stemmer det med teorien?

3 – Varierende længde

Begynd med kun at se på de *enkelt-sidede* printplader.

Afbild kraften som funktion af længden i et koordinatsystem.

Tegn den bedst mulige rette linje gennem målepunkterne og (0,0) og bestem dens hældning.

Beregn ud fra hældningen størrelsen af B .

Gentag dette med de to *dobbelt-sidede* printplader. Kald det B-felt, du finder nu, for B_2 .

4 – Varierende vinkel

Benyt et regneark til dette punkt.

Uanset hvor omhyggeligt du har nulstillet gradskalaen, kan en lille fejl af konstant størrelse godt have sneget sig ind. Lad os kalde denne lille nulpunktsforskydning $\Delta\theta$. Vi bruger en fast celle i regnearket til denne størrelse og placerer foreløbigt et 0 i denne celle.

Indfør nu en kolonne med $\sin(\theta + \Delta\theta)$ – pas på: regnearket vil sandsynligvis regne i radianer!

| Målt | | Beregnet | |
|-------------------|---------|-------------------------------|----------|
| $\theta / ^\circ$ | m / g | $\sin(\theta + \Delta\theta)$ | F / mN |
| | | | |

Når også kolonnen med kraften er udfyldt, skal kraften F afbildes som funktion af størrelsen $\sin(\theta + \Delta\theta)$.

Ifølge teorien skulle resultatet gerne blive en ret linje (da B , I og L alle er konstante).

Her kan det være nødvendigt at justere værdien af $\Delta\theta$ med \pm et par grader, indtil punkterne ligger bedst muligt på den rette linje.

5 – Varierende felt

Afbild kraften som funktion af antal magneter i et koordinatsystem.

Ligger punkterne på en ret linje gennem (0,0)?

Diskussion og evaluering

Kommenter overensstemmelsen mellem teori og observationer i del 2.

De lodrette dele af lederen har vi indtil nu slet ikke omtalt. Hvorfor har de ikke nogen betydning?

Forklar i detaljer, hvilken type graf, der forventes i del 1 og 3 og beskriv, hvor godt det stemmer med de målte resultater.

Hvordan stemmer B-feltets størrelse i del 1 og del 3?

I del 3 fandt du også en værdi for feltet, som blev kaldt for B_2 . Sammenlign denne med den tidligere fundne værdi for B . Begrund en eventuelt afvigelse.

Beskriv resultatet af 4. del sammenholdt med teorien.

Kan den værdi for B , man kan finde i del 4, sammenlignes med feltet i del 1? Begrund svaret.

Diskuter resultatet af del 5.

Noter til læreren

Benyttede begreber

Strømstyrke
Magnetisk fluxtæthed (B-felt)
Kræfter
Newtons tredje lov
Højrehåndsreglen

Matematiske forudsætninger

Lineær sammenhæng
Brug af regneark (som går ud over begynderniveau i 4. del)

Om apparaturet

Strømvægten 456500 specificerer en maksimal strøm på 5 A, men der er ingen problemer i kortvarigt at overskride denne.

For at undersøge, om en given digitalvægt er velegnet til dette eksperiment, prøv følgende:

Lav opstilling som til del 1 i vejledningen.

Nulstil vægten (uden strøm).

Brug en strøm på ca. 5 A; aflæs vægten og vend strømmen uden at ændre dens størrelse. Aflæs igen.

Vægten skal vise nogenlunde det samme begge gange, blot med modsat fortegn. En afvigelse på 1 - 2 % skal man normalt acceptere.

Prøv om nødvendigt at lægge en 2 - 3 cm tyk klods af flamingoskum mellem vægtskålen og magnet-systemet.

En simplere udgave af dette eksperiment (bl.a. uden kraftens vinkelafhængighed) er tilgængelig som eksperiment 137230 *Kraften på en leder i et magnetfelt*.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

456500 Strømvægt
456510 Strømvægt, vinkelafhængighed

Standard laboratorieudstyr

364000 Strømforsyning
105720 Sikkerhedskabel 50 cm, sort
105721 Sikkerhedskabel 50 cm, rød
000100 Stativfod
000850 Stativstang, 25 cm
102964 Kern vægt 200 g / 0,01 g, eller tilsvarende (102950, 103245, 102905 etc.)

Lineal eller skydelære

Alternative strømforsyninger

Ved brug af strømforsyninger uden strømbegrænsere, forsynes opstillingen som nævnt med en formodstand:

420505 Modstand 1 ohm 50 W 5%
105711 Sikkerhedskabel 25cm, rød

Reklamationsret

Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato. Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.

Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbetøbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt. Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse

hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside.