

FUF rapport 4 - Strømvægten

Jogvan og Stine

1. oktober 2001

Strømvægten

Formål

Formålet er at eftervise kraften der virker på en leder i et magnetfelt. Når en leder befinder sig i et magnetfelt B , og der samtidig løber en strøm igennem denne, vil lederen være påvirket af en kraft givet ved formlen

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin \theta \quad (1)$$

hvor I er strømstyrken, L er lederens længde og θ er vinklen mellem strømretningen og magnetfeltlinierne.

Metode

Vi laver en række målinger hvor vi vil undersøge de ingående størrelser hver for sig ved at holde de øvrige konstante. I de målinger der skal vise hvordan kraften afhænger af strømmen, magnetfeltstyrken og lederlængden vil vi vælge vinklen $\theta = 90^\circ$, således at $\sin \theta = 1$. Dernæst vil vi måle vinkelafhængigheden hvor de andre størrelser holdes konstante.

Apparaturet består af en magnet placeret på en vægt, hvori der nedsænkes en leder med en påsat strøm. Vægten måler så på sin vis kraften for os. Det vil dog sige at den faktisk måler reaktionen på den kraft som ledningen bliver påvirket med. Men da disse numerisk er ens (Newtons 3. lov siger at aktion er lig reaktion) spiller det ingen rolle. Selve kraften findes ved at indsætte den målte masse i Newtons anden lov, hvor $F = mg$.

Indsamling af data og analyse

Strømstyrkeafhængighed

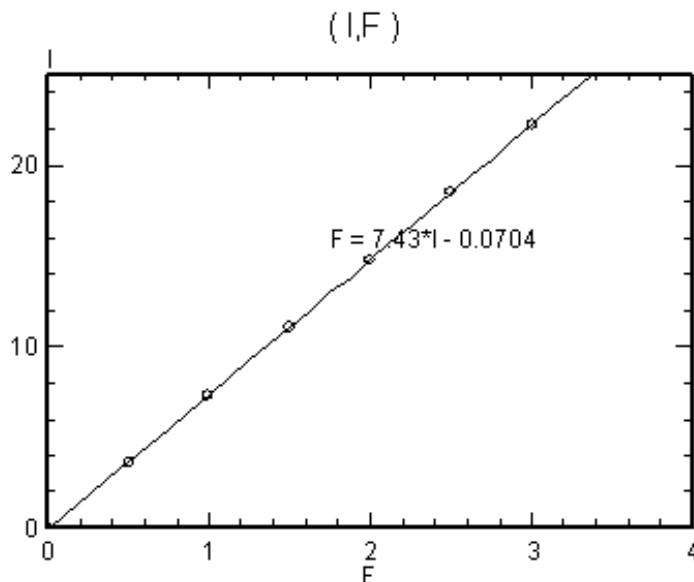
Her varierer vi strømstyrken I , mens massen m aflæses på vægten. De fastholdte størrelser er lederlængden $L = \text{cm}$, vinklen $\theta = 90^\circ$ og magnetfeltstyr-

ken som vi ikke kender størrelsen på. Det gør dog ikke noget, da vi kun skal vise, at der er proportionalitet mellem kraften og strømstyrken, givet ved

$$F = k \cdot I \quad \text{hvor } k = B \cdot L \cdot \sin \theta \quad (2)$$

I	A	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
m	g	0,00	0,37	0,74	1,12	1,50	1,88	2,26
F	mN	0,0	3,6	7,3	11,0	14,8	18,5	22,3

Kraften er fundet ved masse gange tyngdefeltstyrke $F = mg$, hvor $g = 9,82m/s^2$. Vi kan se ud fra figur (1), at der fremkommer en pæn ret linie, hvil-



Figur 1 Her afbildes kraften som funktion af strømstyrken.

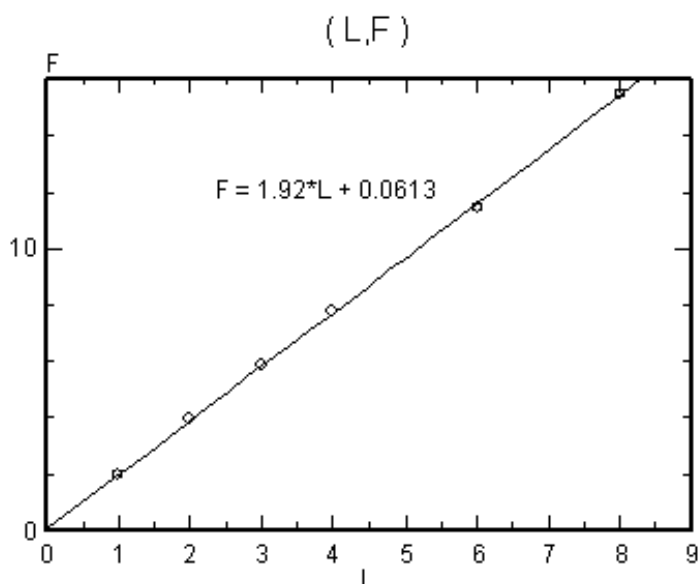
ket viser at der er tale om proportionalitet. Vi får proportionalitetsfaktoren til at være $k \approx 7,4$. Linien går også tilnærmelsesvis gennem $(0,0)$ -punktet, hvilket også er hvad man skulle forvente, da ingen strøm ingen kraft.

Længdefhængighed

Her varierer vi lederlængden L mens strømmen $I = 2,0A$, og vinkel og magnetfelt holdes konstante som før. Igen aflæses massen på vægten. Her vil vi opnå at vise at følgende proportionalitet gælder

$$F = k \cdot L \quad \text{hvor } k = B \cdot I \cdot \sin \theta \quad (3)$$

L	cm	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
m	g	0,00	0,20	0,40	0,60	0,79	1,16	1,57
F	mN	0,0	2,0	3,9	5,9	7,8	11,4	15,5



Figur 2 Her afbildes kraften som funktion af længden på lederen.

På figur (2) ser vi igen en nydelig ret linie, netop som vi forventede. Her får vi $k \approx 1,9$.

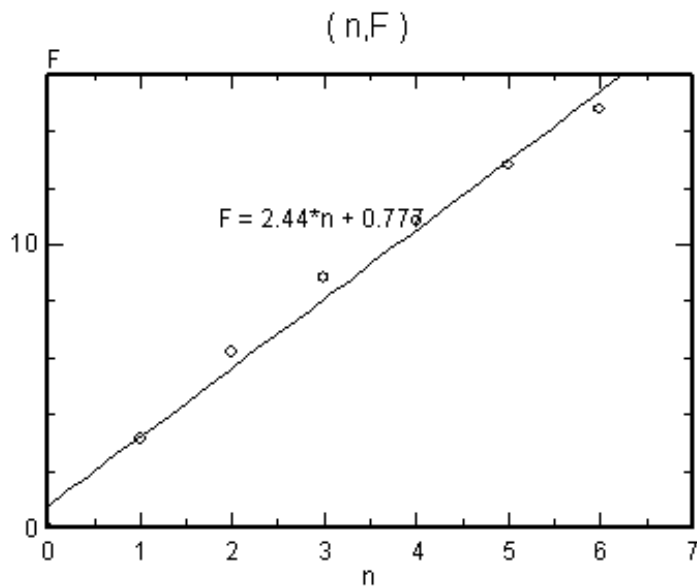
Magnetfeltsstyrkeafhængighed

Her varierer vi magnetfeltet ved at ændre på antallet af 'hestesko-magneter' (der er 6 af dem ialt). Længden $L = 8\text{ cm}$ og strømstyrken $I = 2,0\text{ A}$ holdes fast. Her skal proportionaliteten være givet ved

$$F = k \cdot n \quad \text{hvor } k = \frac{B}{n} I \cdot L \cdot \sin \theta \quad (4)$$

hvor B/n er den magnetiske styrke for hver enkelt hesteskomagnet. Vi må gøre det på denne måde, da vi ikke kender magnetstyrken men kun antallet af hesteskomagneter.

n		0	1	2	3	4	6	8
m	g	0,00	0,32	0,63	0,90	1,10	1,30	1,50
F	mN	0,0	3,2	6,2	8,9	10,8	12,8	14,8



Figur 3 Her afbildes kraften som funktion af antal magneter.

Her har vi tilladt os at sige at vi får en ret linie, men som det kan ses på figur (3) er der et lille knæk på de målte data. Om det skyldes usikkerhed ved vi ikke, men der giver anledning til lidt bekymring, som vi dog ikke vil gøre mere ud af her.

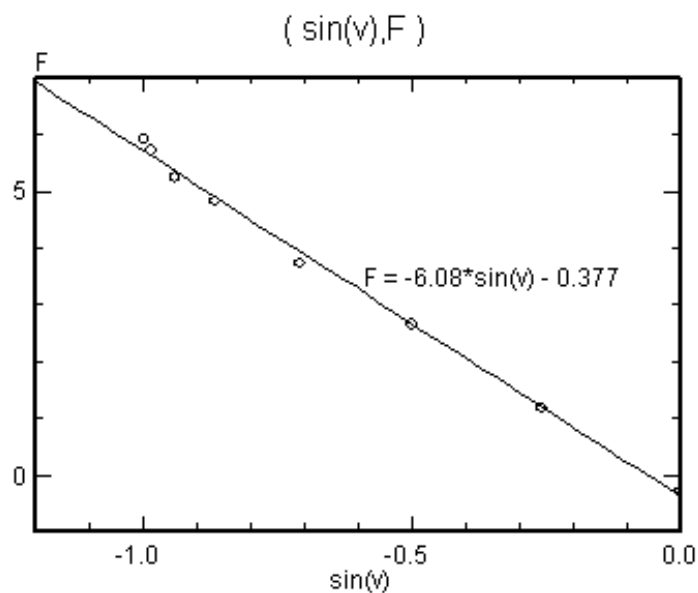
Vinkelafhængighed

Nu vil vi måle vinkelafhængigheden. Det gøres ved at holde størrelserne af strømmen $I = 2,0A$, længden og antal magneter $n = 6$ konstante. Dette mens vi varierer vinklen fra -90° til 90° , og hvor massen aflæses på vægten. Når vi betragter $\sin \theta$ kan vi igen se proportionalitet givet ved

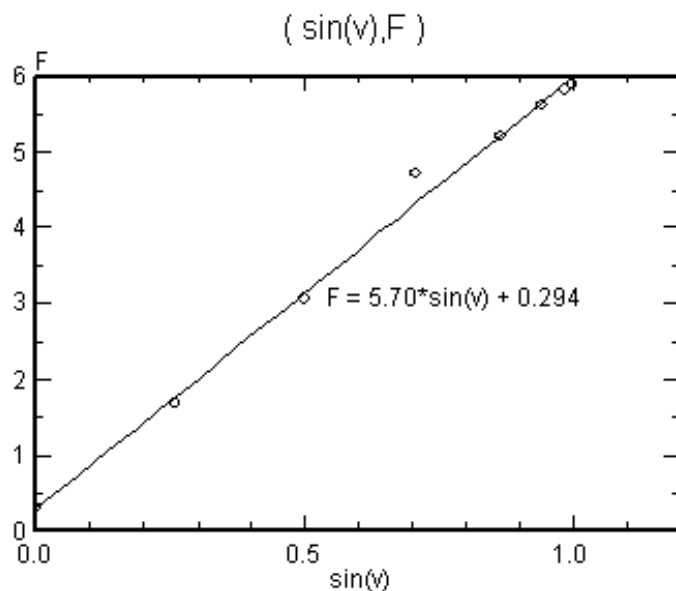
$$F = k \cdot \sin \theta \quad \text{hvor } k = B \cdot I \cdot L \quad (5)$$

θ		-90	-80	-70	-60	-45	-30	-15	0
m	g	0,60	0,58	0,53	0,49	0,38	0,27	0,12	-0,03
F	mN	5,91	5,71	5,22	4,83	3,74	2,66	1,18	-0,30
$\sin \theta$		-1,00	-0,98	-0,94	-0,87	-0,71	-0,50	-0,26	0,00
θ		90	80	70	60	45	30	15	0
m	g	0,60	0,59	0,57	0,53	0,48	0,31	0,17	0,03
F	mN	5,91	5,81	5,62	3,25	4,73	3,05	1,68	0,30
$\sin \theta$		1,00	0,98	0,94	0,87	0,71	0,50	0,26	0,00

På figurene (4) og (5), har vi afbildet kraften som funktion af $\sin \theta$ i stedet for kun vinklen θ . Dette har vi gjort fordi det er meget nemmere at afgøre om en graf er en ret linie, end om den krummer som en sinuskurve eller ej. Hvis

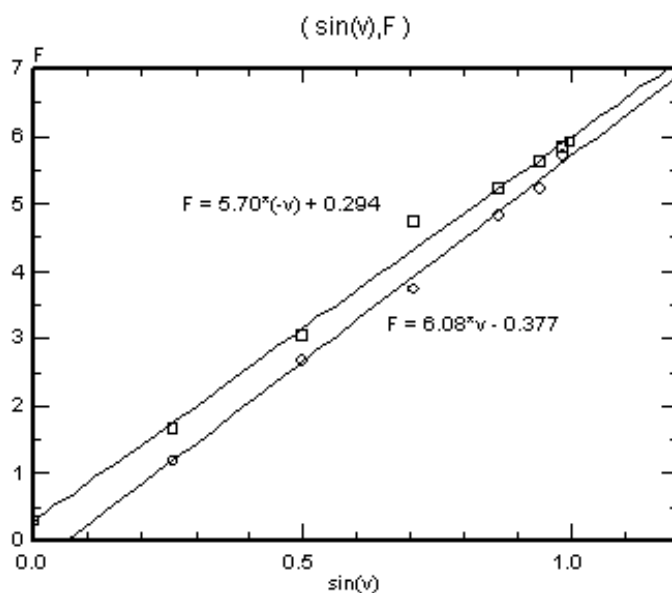


Figur 4 Her afbildes kraften som funktion af sinus til vinklen



Figur 5 Her afbildes kraften som funktion af sinus til vinklen

man var meget fræk kunne man gøre det, at man 'vendte figur (4) om' ved at afbilde $\sin(-\theta)$ istedet, og så plotte den i samme diagram som grafen for de positive vinkler. Hvis målingerne er gode og man har fået sat apparaturet ordentligt op således at vinklerne er præcise, skulle man få to kurver der lå oveni hinanden. Det kan vi udfra figur (6) se ikke helt er tilfældet, men det er ikke langt fra, så vi tillader os igen at sige at det må være godt nok. Det er også svært at sætte apparaturet op således at der ikke er nogen forskydning i vinklerne mellem lederen og magnetfeltet. Det kan vi også se, for når vinklen er $0^\circ \Rightarrow \sin(0) = 0$ skulle vi ikke have nogen kraft, altså skulle graferne skære i $(0,0)$.



Figur 6 Her afbildes figur (4) og (5) sammen

Det kunne være sjovt at finde feltstyrken. Vi så under vores første måling (strømstyrkeafhængighed) at

$$F = k \cdot I \quad \text{hvor } k = B \cdot L \cdot \sin \theta = 7,4$$

$$\Rightarrow B = \frac{k}{L \sin \theta} = \frac{7,4}{8} \approx 0,93 \quad \text{hvor } \sin \theta = 1$$

Dette tal er ikke angivet i SI-enheder, da vi har regnet i centimeter og ikke meter. Men da vi bare ønsker at sammenligne med feltstyrken i en anden måling, spiller det ingen rolle. I den anden måling (længdeafhængighed) får vi,

$$F = k \cdot L \quad \text{hvor } k = B \cdot I \cdot \sin \theta = 1,9$$

$$\Rightarrow B = \frac{k}{I} = \frac{1,9}{2} \approx 0,95$$

Det ser lovende ud. Derfor vil vi slutte, at vores indsamling af observationer og behandling af data, ikke er helt hen i skoven.

Konklusion

Vi kan konkludere at det er lykkedes os at eftervise formlen

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin \theta \quad (6)$$

I hvert fald indenfor det måleområde vi har set på, sammen med de dimensioner apparaturet har haft, såsom ledertykkelse, lederlængde etc.

Usikkerheder

De usikkerheder der indgår i dette eksperiment er dem der dels knytter sig til aflæsninger samt dem som instrumenterne der indgår i indsamlingen af observationerne har.

Fejlkilder

Af fejkilder for dette eksperiment kan nævnes manglende kalibrering af måleinstrumenter og selve opstillingen hvor f.eks. vinklen mellem lederen og magneten ikke passede præcist. Det har nok givet anledning til en systematisk afvigelse gennem det forsøg hvor det var vinkelafhængigheden vi undersøgte. I de andre delforsøg har en evt. systematisk afvigelse ikke betydet noget da $\sin \theta$ blot har været lidt forskellig fra 1, men det har bare ændret de forskellige proportionalitetsfaktorer lidt.

Afsluttende bemærkninger

Den teoretiske del af eksperimentet er relativt simpel - ikke meget mere indviklet end at vise Ohms lov. Dog ligger der en lidt større udfordring i den eksperimentielle del, idet det handler om at indsamle observationer man ikke umiddelbart kan se og fornemme. Størrelser som magnetfeltstyrke og strømstyrke vil altid være mere abstrakte end størrelser som masse og længde. Vi synes det er et oplagt eksperiment som efterfølger til den jævne cirkelbevægelse, da fremgangsmåden har mange fællestræk, men abstraktionsniveauet er højere her for såvidt angår de indgående fysiske størrelser.