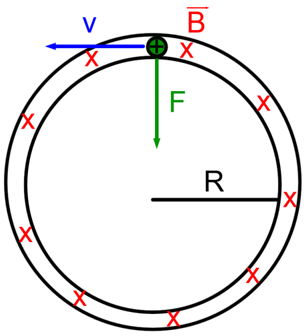
Løsning fysikkøving 8

Oppgave 1

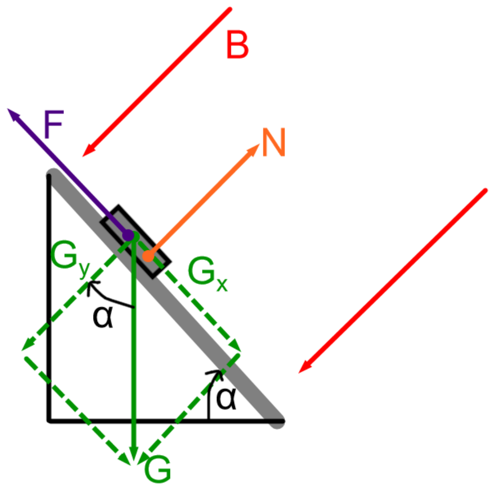


Det er magnetkraften på protonet som holder partiklene i sirkelbanen. Newtons 2. lov for sirkelbevegelse gir sammen med formelen for magnetkraft på ladning:

$$\sum F = ma = m\frac{v^2}{R}$$
$$qvB = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow B = \frac{mv}{qR}$$
$$B = \frac{1,66 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg} \cdot 3,0 \cdot 10^{7}\,\mathrm{m/s}}{1,60 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 4,3 \cdot 10^{3}\,\mathrm{m}}$$
$$= \underline{\underline{7,2 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{T}}}$$

Oppgave 2

a) Figuren under viser kreftene som virker på metallplata som sklir med konstant fart oppover skråplanet (uten friksjon): parallelt med skråplanet virker den elektromotoriske kraften $F = IlB$ (I er strømmen gjennom plata; l er lengden av plata og B er feltstyrken til magnetfeltet) og parallellkomponenten G_x av tyngden, og normalt på skråplanet virker normalkraften N og normalkomponenten G_y av tyngden.



b) Vi skal bestemme hvor stor strøm som må gå mellom skinnene og gjennom metallplata for at den skal kunne gli oppover skråplanet med konstant fart. Dette innebærer at summen av kreftene langs skråplanet (og normalt på skråplanet) må være null, og med støtte i figuren fra forrige oppgave, har vi følgende:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F = G_x$$
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N = G_y$$

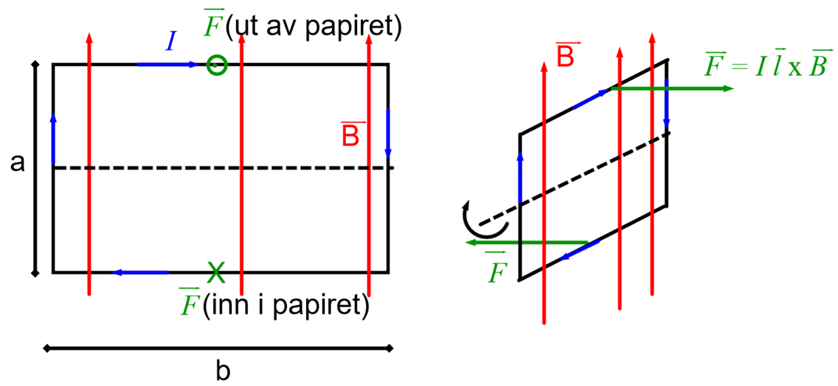
Vi skal bestemme strømmen I, og Newtons 1. lov langs skråplanet gir (her er m den totale massen til plata + lasten):

$$F = IlB = G_x = mg\sin\alpha \Rightarrow I = \frac{mg\sin\alpha}{lB}$$
$$I = \frac{100\,\mathrm{kg} \cdot 9,81\,\mathrm{m/s^2} \cdot \sin 30^\circ}{2,0\,\mathrm{m} \cdot 0,10\,\mathrm{T}}$$
$$= 2,45 \cdot 10^3\,\mathrm{A}$$
$$\approx \underline{\underline{2,5 \cdot 10^3\,\mathrm{A}}}$$

Strømmen gjennom metallplata må være $2,5 \cdot 10^3$ A.

Oppgave 3

Figuren under viser magnetkreftene som virker på de ulike delene av sløyfa:



Det er kun på de to horisontale delene at det virker magnetkrefter - langs de vertikale delene er strømretningen (og dermed $\vec{l}$) parallell med magnetfeltet $\vec{B}$, slik at kryssproduktet $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$ blir null. Vi kan nå vurdere følgende påstander:

A. Den totale magnetkrafta på sløyfa er null

Kreftene på de to horisontale delene av sløyfa er like store og motsatt rettet - slik at summen av kreftene blir null. Påstanden er **riktig**.

B. Den totale magnetkrafta på sløyfa er $2IaB + 2IbB$

Dette er **feil** - se over.

C. Den totale magnetkrafta på sløyfa er $2IaB - 2IbB$

Dette er **feil** - se over.

D. Det totale momentet på sløyfa er null

De to kreftene prøver begge å rotere sløyfa i samme retning - så momentet blir ikke null. Påstanden er **feil**.

E. Det totale momentet på sløyfa er $IabB$

Moment τ er definert som

$$\tau = kraft \cdot arm,$$

der arma til hver av magnetkreftene er lik $\frac{a}{2}$ (avstanden mellom rotasjonsaksen og angrepslinja til krafta). Det totale momentet blir:

$$\sum \tau = F \cdot \frac{a}{2} + F \cdot \frac{a}{2} = F \cdot a,$$

der magnetkrafta på det horisontale lederstykket er $F = IbB$. Setter inn:

$$\begin{aligned}\sum \tau &= F \cdot a \\ &= IbB \cdot a \\ &= \underline{\underline{IabB}}\end{aligned}$$

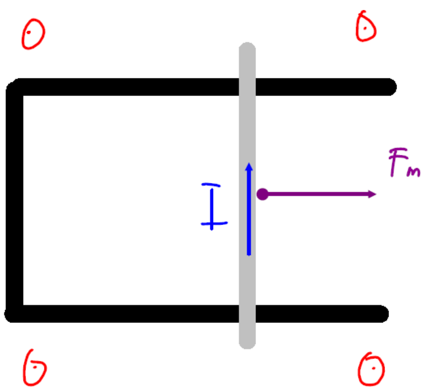
Påstanden er **riktig**.

F. Det totale momentet på sløyfa er $\frac{1}{2}IabB$

Påstanden er **feil** - se over.

Oppgave 4

a) Figuren under viser magnetkrafta F_m som den eneste horisontale krafta som virker på stanga med lengde l som hviler på skinnene:



Newtons 2. lov gir:

$$\begin{aligned}\sum F &= ma \\ F_m &= ma \\ IlB \sin 90^\circ &= ma \qquad \text{(Formel for magnetkraft)} \\ a &= \underline{\underline{\frac{IlB}{m}}}\end{aligned}$$

b) Skal bestemme strekningen s som stanga (med last) må akselereres for å oppnå en viss slutthastighet v. Kan bruke bevegelseslikningen

$$v^2 - v_0^2 = 2as \Rightarrow s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

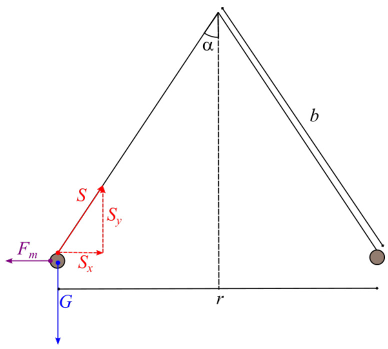
Her er $v_0 = 0$ og sammen med uttrykket for a gir dette

$$\begin{aligned} s &= \frac{v^2}{2a} \\ &= \frac{v^2}{2 \cdot \frac{IlB}{m}} \\ &= \frac{mv^2}{2IlB} \\ &= \frac{50\,\mathrm{kg} \cdot \left(11,2 \cdot 10^3\,\mathrm{m/s}\right)^2}{2 \cdot 1000\,\mathrm{A} \cdot 1,0\,\mathrm{m} \cdot 1,0\,\mathrm{T}} \\ &= \underline{\underline{3,1 \cdot 10^6\,\mathrm{m}}} \end{aligned}$$

Dette tilsvarer omtrent halve jordradien (!), dvs. en helt urealistisk lang strekning for praktiske formål.

Oppgave 5

To parallelle ledere henger i lette snorer med lengde $b = 0,050\,\mathrm{m}$ og vinkelen mellom hver snor og vertikalen er $\alpha = 6,0^o$. Figuren under viser kreftene som virker på de to parallelle lederne: tyngden G, snordraget S og en magnetkraft F_m mellom de to lederne (et tilsvarende sett krefter virker på den andre lederen, men dette er ikke inntegnet). Se figuren under.



Ettersom hver leder henger i ro, må $\sum \vec{F} = \vec{0}$, slik at

$$\begin{aligned} S_y &= mg \\ F_m &= S_x \end{aligned}$$

Ettersom $S_x = S_y \tan\alpha$, gir dette:

$$F_m = S_x = mg\tan\alpha$$

Den magnetiske kraften per lengdeenhet mellom to parallelle ledere er gitt fra formelarket:

$$\frac{F_m}{l} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r},$$

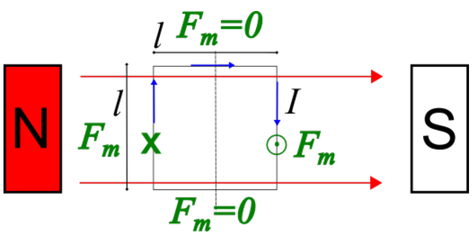
der I er strømmen i hver leder og r er avstanden imellom de. Dette gir:

$$
\begin{aligned}
\frac{F_m}{l} &= \frac{mg\tan\alpha}{l} && \text{(Deler likning med } l\text{)} \\
\frac{\mu_0 I^2}{2\pi r} &= \frac{mg\tan\alpha}{l} && \text{(Setter inn for magnetkraft)} \\
I &= \sqrt{\frac{2\pi r}{\mu_0} \cdot \frac{mg\tan\alpha}{l}} \\
&= \sqrt{\frac{2\pi \cdot 2b\sin\alpha}{\mu_0} \cdot \frac{mg\tan\alpha}{l}} && \text{(Setter inn for avstanden } r\text{)} \\
&= \sqrt{\frac{4\pi}{\mu_0} \cdot b\sin\alpha \cdot \frac{m}{l} \cdot g\tan\alpha} \\
&= \sqrt{\frac{4\pi}{4\pi \cdot 10^{-7}\,\mathrm{Tm/A}} \cdot 0,050\,\mathrm{m} \cdot \sin 6,0^o \cdot 0,030\,\mathrm{kg/m} \cdot 9,81\,\mathrm{m/s^2} \cdot \tan 6,0^o} \\
&= 40,2\,\mathrm{A} \\
&\approx \underline{\underline{40\,\mathrm{A}}}
\end{aligned}
$$

Oppgave 6

a)

i) Figuren under viser magnetkreftene som virker på sløyfa ved $t = 0$:



ii) På de to segmentene som er parallelle med magnetfeltet, er magnetkrafta $F_m = 0$. På de to andre sidene er absoluttverdien av krafta lik

$$
\begin{aligned}
F_m &= IlB\sin 90^{\circ} \\
&= 10\,\mathrm{A} \cdot 0,10\,\mathrm{m} \cdot 0,50\,\mathrm{T} \\
&= \underline{\underline{0,50\,\mathrm{N}}}
\end{aligned}
$$

Retningene er som antydet på figuren.

Den totale magnetkrafta på sløyfa er **hele tiden** lik 0: på de to sidene hvor magnetkrafta er forskjellig fra 0, er magnetkreftene hele tiden like store og motsatt rettet.

b) Dreiemomentet på sløyfa om et dreiepunkt gjennom midten av sløyfa kan vi finne fra formelarket:

$$\tau = IAB \sin\phi,$$

der ϕ er vinkelen mellom sløyfas normalvektor og magnetfeltet. Altså er

$$\begin{aligned} \tau(\phi) &= 10\,\mathrm{A} \cdot 0,10\,\mathrm{m} \cdot 0,10\,\mathrm{m} \cdot 0,50\,\mathrm{T} \cdot \sin\phi \\ &= \underline{\underline{0,050\,\mathrm{Nm} \cdot \sin\phi}} \end{aligned}$$

ii) Skisserer $\tau(\phi)$ for en halv omdreining, dvs. for en vinkel i området $\phi \in [0, \pi]$: