

# Tangensbousolen og magnetfeltet fra en flad spole

## Formål

Formålet med øvelsen er at eftervise formlen for magnetfeltet i centrum af en flad cirkulær spole. Dertil udnytter vi den vandrette komponent af Jordens magnetfelt.

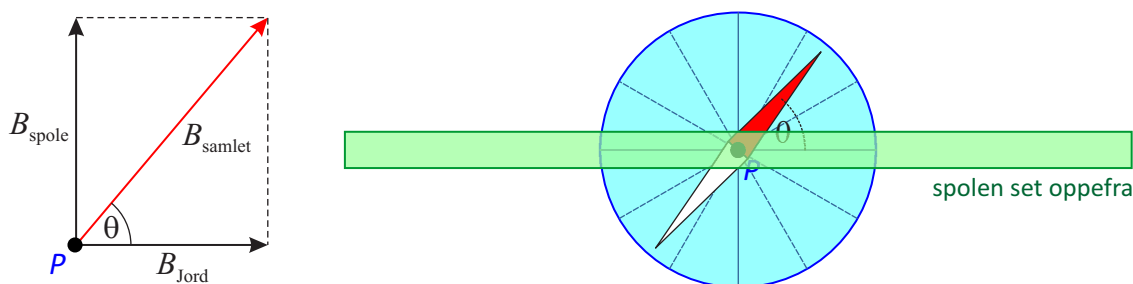
## Teori

Magnetfeltet i centrum af en *flad spole* kan teoretisk vises at afhænge af antal vindinger  $N$ , strømstyrken  $I$  samt radius  $r$  af spolen på følgende måde:

$$(1) \quad B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{2 \cdot r}$$

Denne lov kan udledes ud fra *Biot-Savarts lov*.

Vi skal bruge en såkaldt *tangensboussole*, hvormed man på genial vis kan udnytte viden om Jordens magnetfelt til at bestemme ukendte magnetfeltstyrker. Apparatet består af flere flade spoler samt et kompas og den overordnede idé er følgende: Kompasset anbringes i spolens centrum. Man stiller spolen lodret, således at spolens plan er rettet i retning af magnetisk Nord-Syd. Dette sikres ved at dreje spolen, så kompasnålen går langs med spolens plan, når der *ingen* strøm er i spolen! Når der senere sendes en strøm igennem spolen, vil der ifølge teorien skabes et magnetfelt, der i centrum af spolen står *vinkelret* på spolens plan. Centrum er angivet ved bogstavet  $P$  på den højre del af figuren, hvor situationen ses oppefra. Skitsen til venstre viser at der i punktet  $P$  er to bidrag til magnetfeltet: Et fra den vandrette komponent af Jordens magnetfelt  $B_{Jord}$  og et fra det magnetfelt  $B_{spole}$ , som spolen selv skaber. I alt fås et samlet magnetfelt  $B_{samlet}$ , der danner vinklen  $\theta$  med spolens plan.



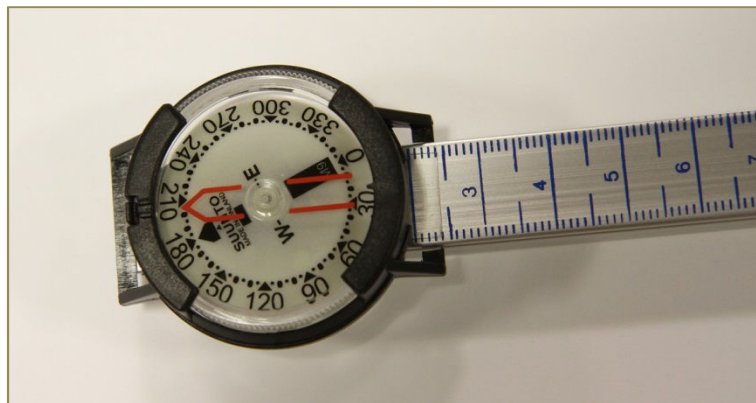
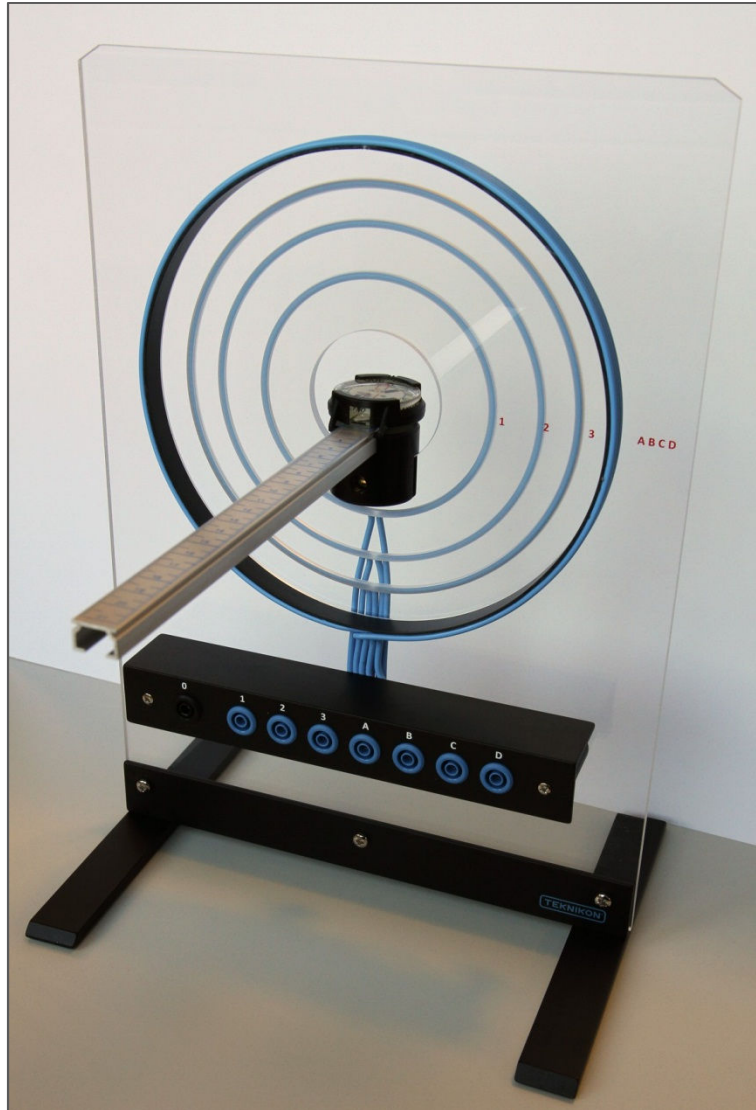
Af figurens venstre del ser vi nemt, at

$$(2) \quad \tan(\theta) = \frac{B_{spole}}{B_{Jord}} \Leftrightarrow B_{spole} = B_{Jord} \cdot \tan(\theta)$$

Kender man den vandrette komponent af Jordens magnetfelt på ens sted, kan man altså ved en simpel vinkelaflysning og brug af formel (2) bestemme magnetfeltet i centrum af en flad spole.

## Forsøg

Den udgave af tangensboussole, som vi skal bruge her, har tre spoler med en enkelt vinding, men med forskellig radier, samt en spole med fire vindinger. Derved kan vi variere forskellige parametre.



NB! Husk under forsøget at anbringe tangensboussole et stykke væk fra diverse apparater, da de kan have et magnetfelt, der kan virke forstyrrende ind. Det gælder fx computere og strømkilder. Check eventuelt forholdene med et andet kompas. Brug nogle lange ledninger!

Under alle delforsøgene nedenfor skal kompasset på skinnen anbringes, så kompasset befinder sig lige i centrum af spolerne. Sørg én gang for alle for at dreje apparatet, så spolernes plan står i kompasnåleens retning. Derefter skal den ikke røres mere. Kontroller dog jævnlige, at apparatet ikke er blevet drejet utilsigtet!

### 1. delforsøg (Strømstyrken $I$ varieres)

Benyt her den ene af vindingerne i spolen med de fire vindinger ved at tilslutte jævnstrøm til indgangene 0 og A på tangensboussole. Du skal nu variere strømstyrken fra 0 til 4,0 A i skridt på for eksempel omkring 0,5 A. For hver strømstilling aflæses, hvor stor en vinkel  $\theta$  kompasnålen har flyttet sig i forhold til udgangspositionen, hvor der ingen strøm var tilsluttet. Benyt herefter formel (2) til at bestemme spolens magnetfeltstyrke i centrum. Benyt hertil databogens værdi  $B_{Jord} = 0,0175 \text{ mT}$  for Jordens magnetfelt. Derved kan man beregne sammenhørende værdier af strømstyrken  $I$  og magnetfeltet i spolens centrum,  $B_{spole}$ . Afbild  $B_{spole}$  som funktion af  $I$ . Giver det en lineær sammenhæng? Benyt hældningskoefficienten fra den lineære regression til at bestemme en værdi for *vakuumpërmeabiliteten*  $\mu_0$ . Hvor godt stemmer den overens med værdien fra databogen.

### 2. delforsøg (Radius $r$ i spolen varieres)

I dette forsøg holder vi strømstyrken på den faste værdi  $I = 4,0 \text{ A}$ . Vi kan variere radius ved at vælge de tre inderste vindinger én af gangen samt til sidst én af vindingerne i den yderste spole. Derved bliver antal vindinger også fastholdt:  $N = 1$ . For hver vinding aflæses vinklen  $\theta$ , og man udregner spolens  $B$ -felt som i delforsøg 1. Afbild  $B_{spole}$  som funktion af  $r$ . Foretag et passende fit for at afgøre, om forsøget bekræfter, at feltstyrken er omvendt proportional med radius i spolen.

### 3. delforsøg (Antal vindinger $N$ i spolen varieres)

I dette forsøg holder vi strømstyrken på den faste værdi  $I = 2,0 \text{ A}$ . Vi bruger nu kun vindingerne i den yderste spole. Valg af bøsningerne 0-A, 0-B, 0-C og 0-D betyder, at henholdsvis 1, 2, 3 og 4 vindinger inddrages i forsøget. For hver kombination aflæses vinklen  $\theta$ , og man udregner spolens  $B$ -felt. Afbild  $B_{spole}$  som funktion af  $N$ . Foretag et lineært fit for at afgøre om forsøget kan bekræfte, at  $B$ -feltets styrke er proportional med antal vindinger.

### Mulighed for udvidelse af forsøg

Ovenfor har vi udelukkende undersøgt magnetfeltet fra en flad spole *inde i centrum af spolen*. Man kan teoretisk vise, at hvis man bevæger sig stykket  $x$  ud fra centrum på spolens akse, så skal magnetfelten have følgende styrke der:

$$(5) \quad B = \mu_0 \cdot \frac{I \cdot N \cdot r^2}{2 \cdot (r^2 + x^2)^{3/2}}$$

Den arm kompasset sidder på har en målestok påtrykt, så det skulle være nemt at undersøge denne generaliserede formel for magnetfeltet fra en flad spole langs spolens akse.

