

Experimentellt problem 2

Du ställs inför två experimentella uppgifter. Uppställningen på ditt bord används för båda problemen, och du disponerar fem timmar totalt.

Experimentellt problem 2: Krafter mellan magneter; stabilitets- och symmetribegrepp

Introduktion

En elektrisk ström I som cirkulerar i en slinga kring en area S genererar ett magnetiskt moment av storleken $m = IS$ [se fig 1a]. En permanentmagnet kan betraktas som en samling små elementarmagneter av järn (Fe), där var och en bidrar med ett magnetiskt moment som om det vore en liten strömslinga. Denna modell (från Ampère) av en magnet illustreras i fig 1b. Det totala magnetiska momentet är vektorsumman av alla de små bidragen, och är riktat från sydpol till nordpol.

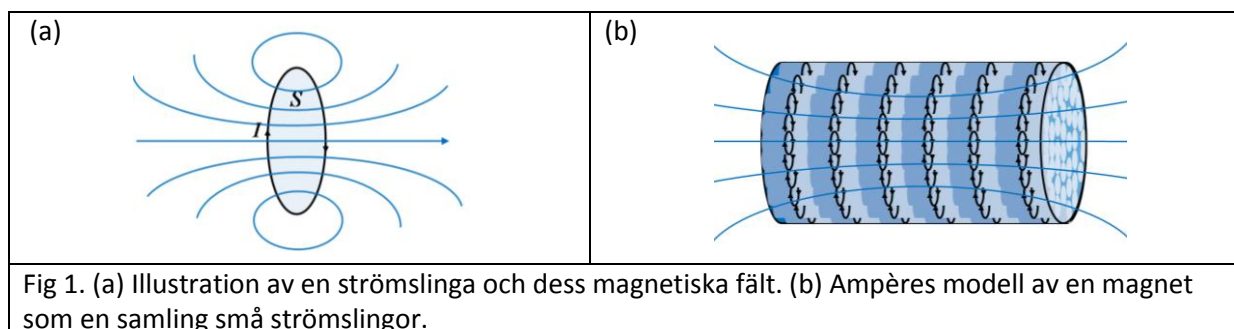
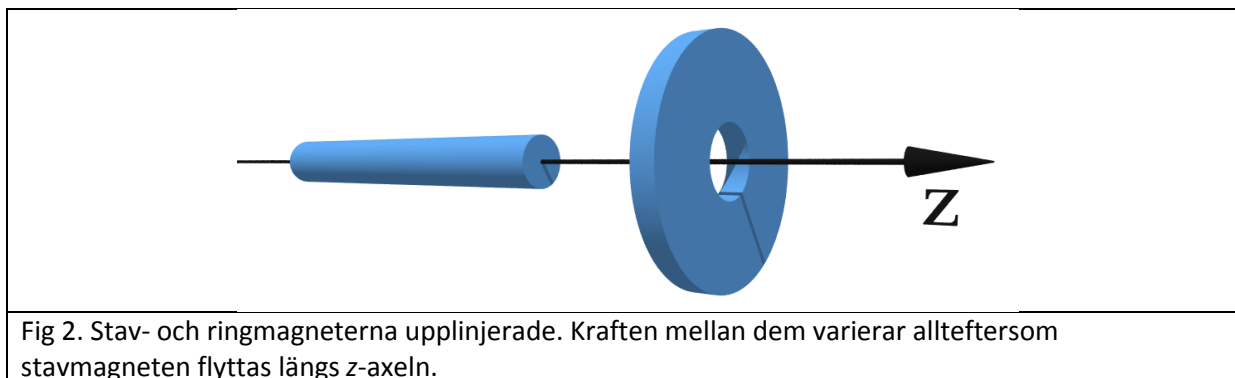


Fig 1. (a) Illustration av en strömslinga och dess magnetiska fält. (b) Ampères modell av en magnet som en samling små strömslingor.

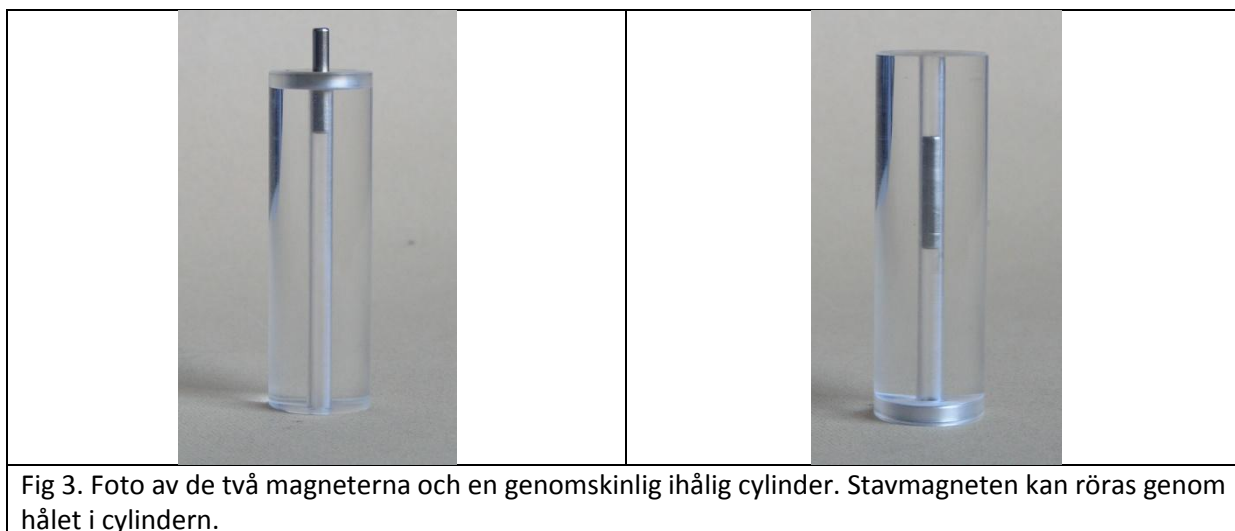
Krafter mellan magneter

Att beräkna kraften mellan två magneter är en svår teoretisk uppgift. Man vet att lika poler hos två magneter repellerar varandra, och att olika attraherar varandra. Kraften mellan två strömslingor beror på deras strömstyrkor, deras form och deras inbördes avstånd. Om vi kastar om strömriktningen i en av slingorna, kommer kraften mellan dem att vara lika stor men ha motsatt riktning.

I detta problem ska du experimentellt undersöka krafterna mellan två magneter, ringmagneten och stavmagneten. Vi är intresserade av den geometri där de två magneterna har samma symmetriaxel (se fig 2). Stavmagneten kan röra sig längs z -axeln från vänster, genom ringmagneten, och vidare åt höger (se fig 2). Du kommer bl.a. att få mäta kraften mellan magneterna som funktion av z .



För att säkerställa att stavmagneten rör sig längs symmetriaxeln (z-axeln) är ringmagneten fixerad i en genomskinlig cylinder som har ett smalt hål borrarat längs z-axeln. Stavmagneten tvingas på så sätt röra sig längs z-axeln genom hålet (se fig 3). Båda magneterna är magnetiserade längs z-axeln. Hålet stabiliserar magneterna radiellt.



Experimentuppställning (problem 2)

1. På ditt bord finns följande materiel som behövs för problem 2: En press (tillsammans med ett stenblock), se separat instruktion vid behov.
2. En våg (mäter upp till 5000 g och har en tareringsfunktion – se separat instruktion vid behov).
3. En genomskinlig ihålig cylinder, med en ringmagnet fast inlagd i ena änden.
4. En stavmagnet.
5. En smal träpinne (kan användas för att få ut stavmagneten från cylindern).

Uppställningen är tänkt att användas som i fig 4 för att mäta kraften mellan magneterna. Pressens övre platta behöver vändas uppochner jämfört med problem 1. Den smala aluminiumpinnen används för att pressa stavmagneten genom den ihåliga cylindern. Vågen mäter kraften (som massa). Den övre plattan i pressen kan röras upp eller ned med hjälp av en vingmutter. **Viktigt: Vingmuttern rör sig 2 mm när den vrids 360 grader.**

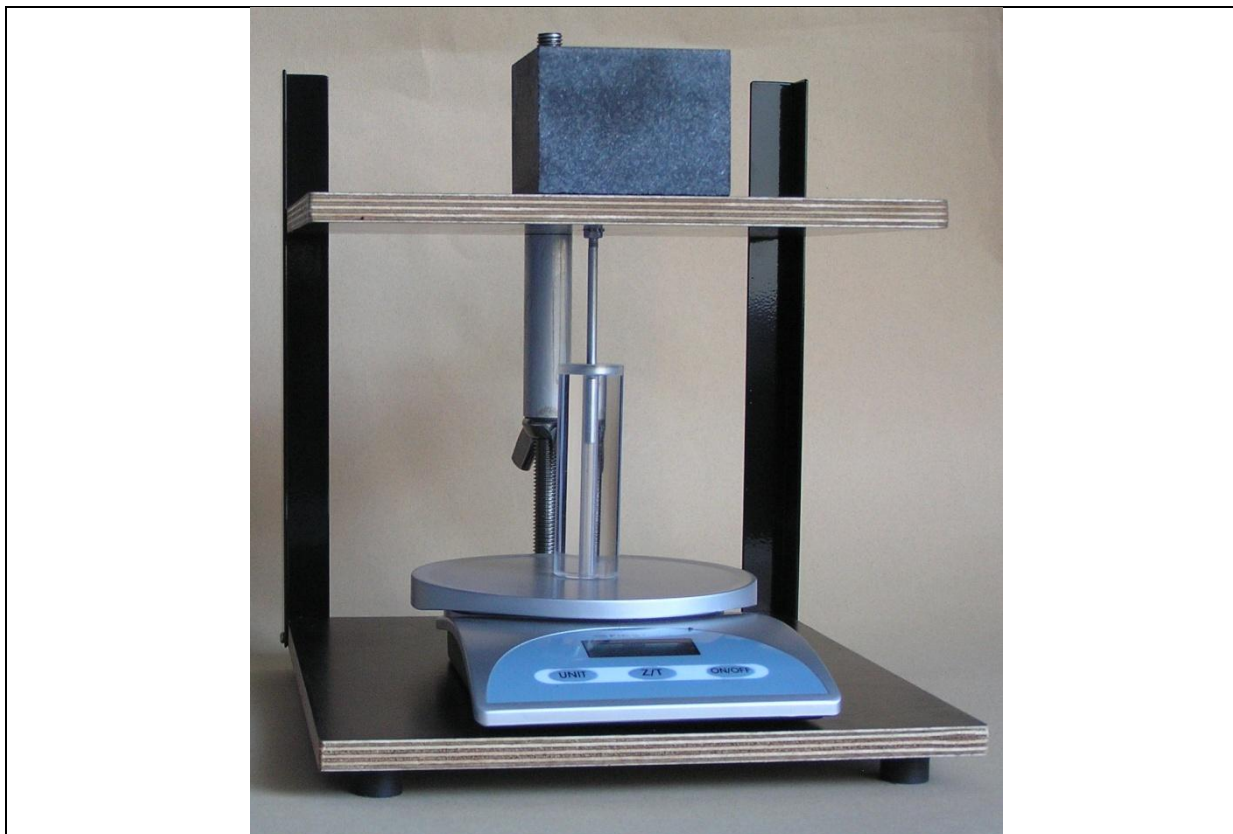


Fig 4. Foto av experimentuppställningen, och hur den är tänkt att användas för att mäta kraften mellan magneterna.

Uppgifter

- Bestäm alla jämviktspositioner mellan de två magneterna med z -axeln horisontell, och rita dem i svarsformuläret. Markera jämviktspositionerna som stabila (S)/instabila (U), och markera lika poler med skuggning, så som indikerats för en stabil position i svarsformuläret. Använd träpinnen för denna uppgift. (2,5 poäng)
- Använd uppställningen för att mäta kraften mellan de två magneterna som funktion av z -koordinaten. Låt den positiva z -riktningen peka in i cylindern (en kraft är positiv om den pekar i positiva z -riktningen). För det fall att de magnetiska momenten är parallella, kalla kraften $F_{\uparrow\uparrow}(z)$, och när de är antiparallella $F_{\uparrow\downarrow}(z)$. **Viktigt: Försumma stavmagnetens massa (dvs. försumma gravitationen), och utnyttja symmetrier hos krafterna för att erhålla olika delar av kurvan.** Om du hittar någon symmetri hos krafterna, skriv detta i svarsformuläret. Skriv in mätningarna i svarsformuläret; rita schematiskt magneternas konfiguration vid varje tabell (ett exempel är givet). (3,0 poäng)
- Genom att använda mätningarna från uppgift 2, plotta funktionen $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ på millimeterpapper för $z > 0$. Rita schematiskt formen hos kurvan $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ och $F_{\uparrow\downarrow}(z)$ (längs positiva och negativa z -axlarna). Markera på varje schematisk kurva positionerna för de stabila jämviktslägena, och skissa motsvarande magnetkonfiguration (som i uppgift 1). (4,0 poäng)

4. Bildas det några nya jämviktspositioner, om z-axeln läggs vertikalt och vi inte försummar stavmagnetens massa? Rita i så fall dessa i svarsformuläret, som i uppgift 1. (0,5 poäng)