

DEMONSTRATIONER

MAGNETISM II

Helmholtzspolen
Elektronstråle i magnetfält
Bestämning av e/m

Introduktion

I litteraturen och framför allt på webben kan du enkelt hitta ett stort antal experiment som kan utföras med mycket enkla hjälpmedel för att påvisa magnetiska fenomen. Nedan har vi valt ut en del av dessa försök och i denna demonstration skall du koncentrera dig på att demonstrera:

1. Helmholtzspolen.
2. Elektronstråle i magnetiska fält.
3. En bestämning av e/m .

Försöken är enkla och utförs med mycket enkla medel – men kan kräva en hel del övning för att fungera bra. För att det du skall visa skall framgå så starkt som möjligt får du inte ha för bråttom. Tala inte om för åskådaren vad som skall ske, men tala hela tiden om vad du gör för att åstadkomma den önskade effekten. Vad ser åskådaren? Hur skall det förklaras? Tänk också på att klargöra orsakssammanhangen.

Dessa försök kräver lite mer förberedelser och arbete med den teoretiska biten.

1. Helmholtzspolen

Materiel:

Helmholtzspolar med stativ.
Voltmeter (0-300 V).
Amperemeter (0-3 A).
Strömkälla (max 10 A).
Gaussmeter med prob.

Helmholtzspolar som kan användas för att demonstrera homogeniteten hos det magnetiska fältet mellan spolarna. →



Bilden till höger visar ett par s.k. Helmholtzspolar. Notera att de spolar som vi skall använda i samband med elektronstråleröret **inte** är identiskt med detta par. Använd följande data för bestämning av magnetfältets styrka i nästa uppgift: Medelradien 15 cm. Medelavståndet mellan spolarna är 15 cm, och antal varv per spole 150. I denna konfiguration ger spolarna ett mycket homogent magnetfält mellan spolarna som kan beräknas med hjälp av formlerna nedan.

Teori:

För en enkel spole gäller att flödestätheten B på axeln ges av

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{NIR^2}{(R^2 + r^2)^{3/2}},$$

där $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am och där R är spolens radie och r avståndet från spolen, N antalet lindningsvarv och I strömstyrkan. Helmholtzspolar är två cirkulära spolar placerade på radiernas avstånd från varandra med gemensam axel. Teoretiskt gäller att flödestätheten i stort sett är konstant längs spolarnas gemensamma axel (mellan spolarna). Mitt emellan spolarna gäller $r = R/2$, dvs

$$B = \frac{\mu_0 NI}{(5/4)^{3/2} R} = \frac{0,715\mu_0 NI}{R}.$$

- Härled ovanstående formel och demonstrera med gaussmetern att magnetfältet är konstant inom den volym som täcks av elektronstråleröret.

- Gör en mätserie med gaussmetern längs med spolarnas gemensamma symmetriaxel och visa resultatet i diagramform. Mät även förbi bägge ändar och notera nedgången av fältstyrkan.

2. Elektronstråle i magnetfält.

Materiel:

Elektronstrålerör med Helmholtzspolar (på gemensam platta).

Spänningskällor.

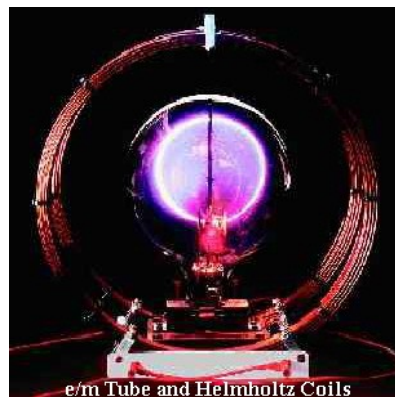
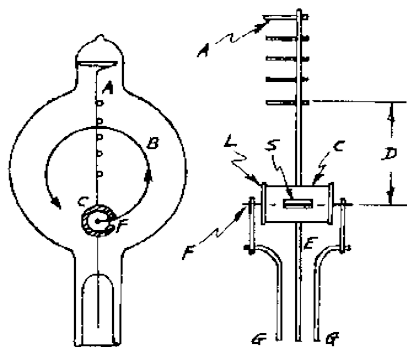
Voltmeter.

Amperemeter.

Stavmagnet.

J. J. Thomson (1856 – 1940) arbetade 1897 i Cambridge med katodstrålerör. Han visade att katodstrålarna utgjordes av negativt laddade partiklar, elektroner, och var den förste som kunde bestämma ett värde på e/m . Genom att utnyttja en bestämning av elektronens laddning från elektrolysförsök, kunde han också visa att elektronen var en liten partikel, mycket mindre och lättare än atomerna.

Till detta försök används ett för ändamålet specialkonstruerat elektronstrålerör. När elektronerna kommer ut från elektronkanonen, bestående av en glödkatod, galler och anod, joniserar de den ädelgas med trycket $10^{-2} - 10^{-3}$ torr som finns i röret. Gasatomerna utsänder ljus av en speciell färg, och elektronbanan blir synlig.



Teori.

En laddning q rör sig med hastigheten \mathbf{v} i ett magnetfält \mathbf{B} . Den påverkas av en kraft vars storlek och riktning erhålls ur Lorentzkraften $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$. Om hastighetsvektorn är vinkelrät mot magnetfältet rör sig laddningen i en cirkulär bana där det gäller att

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{mv}{qB} \quad (1)$$

Energilagen ger

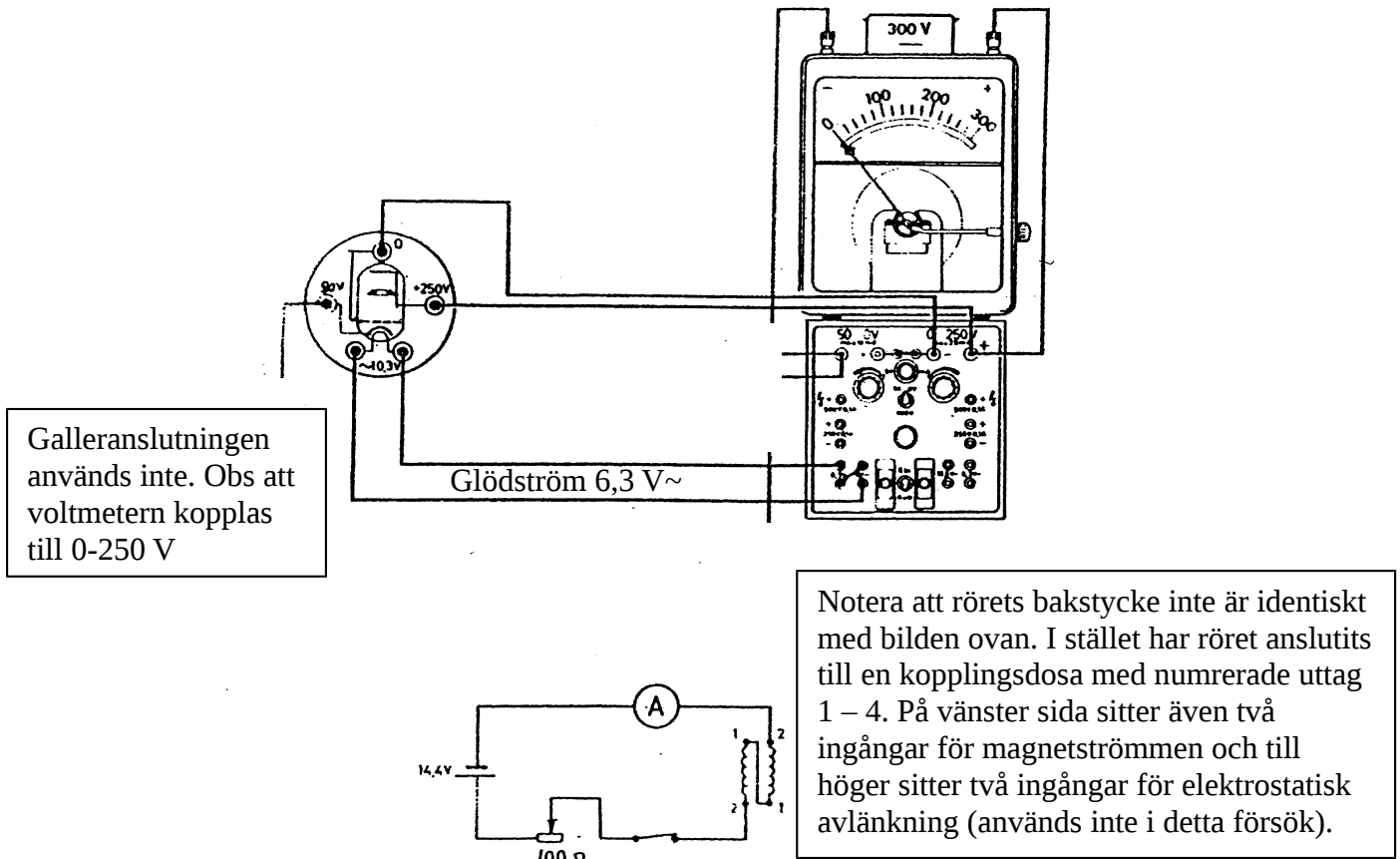
$$\frac{1}{2}mv^2 = qU \quad (2)$$

Ur (1) och (2) får vi

$$r = \sqrt{\frac{2mU}{eB^2}}$$

Om hastighetsvektorn har någon annan vinkel mot magnetfältet blir rörelsen spiralformig.

Elektronstråleröret kopplas enligt figuren nedan.



Elektronstråleröret matas från en nätansluten strömkälla (kub), där anslutningarna görs på följande sätt:

	Anslutning:
Anod (ingång # 4)	+ 250 V=
Glödtråd (ingång # 1 och # 2)	6,3 V~
Galler (används inte)	
Katod (ingång # 3)	- 250 V=

Helmholtzspolarna seriekopplas och strömmen tas från en lämplig spänningskälla (likström).

- Demonstrera rörets funktion genom att:

- 1) Slå på glödströmmen och vänta i 5 minuter tills röret blir ordentligt uppvärmt.
- 2) Slå på accelerationsspänningen (0 volt från start). Öka spänningen tills du ser strålen.
- 3) Slå på magnetströmmen och öka från 0 till 1 A (max 2 A).
- 4) Variera accelerationsspänningen och magnetiseringsströmmen och iaktta vad som händer med elektronstrålen.
- 5) Vrid röret försiktigt så att elektronstrålen beskriver en spiral. Återställ.
- 6) Påverka elektronstrålen med en stavmagnet och se vad som händer.

3. Bestämning av e/m

Ur ekvationerna (1) och (2) erhålls ett uttryck för förhållandet mellan elektronens laddning och massa (nominellt värde ca $1,76 \cdot 10^{11}$ C/kg):

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2}$$

- **Innan** demonstrationen skall du arbeta igenom punkterna A – D nedan och vid demonstrationstillfället presenterar du dina mätvärden och resultat. Jämför med litteraturvärdet.
 - A. Välj magnetiseringsströmmarna 1A och 2 A och variera accelerationsspänningen så att maximal banradie uppnås i vardera fallet.
 - B. Avläs accelerationsspänningen U i de två fallen.
 - C. Beräkna magnetfältets styrka B enligt avsnittet om Helmholtzspolar ovan.
 - D. Beräkna ur formeln ovan värden på e/m och uppskatta felet genom att se på avvikelsen mellan dina två bestämningar.