Aufgabe 3 Erdmagnetfeld

Eine Kathodenstrahlröhre (Braunsche Röhre) wird mit Hilfe von Stativmaterial zunächst so eingerichtet, dass ihr Elektronenstrahl Richtung Norden weist. Dann wird die Röhre um eine horizontal angeordnete Achse so nach unten geneigt, dass der Strahl parallel zur Richtung der magnetischen Feldlinien des Erdfeldes am Ort des Experiments Richtung Norden verläuft. Die Längsachse der Röhre und die Horizontale schließen einen Winkel von 68° ein. (siehe Abb. 1)

Die Position des Leuchtpunkts auf dem Schirm wird markiert (O) (siehe Abb. 2). Dann wird die Röhre um eine Achse, die senkrecht zu den Magnetfeldlinien und horizontal in Ost-West-Richtung verläuft, um 90° aufwärts gedreht. Die Position des Leuchtpunkts auf dem Schirm verändert sich dabei und wird wieder markiert (A). Danach wird die Röhre um 180° abwärts um die horizontale Achse gedreht. Die neue Position des Leuchtflecks wird wieder markiert (B).

a) Beschreiben Sie kurz den Aufbau und die Funktionsweise einer Braunschen Röhre.

b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Elektronen, wenn sie durch eine Spannung $U_A = 200$ V zwischen Anode und Kathode beschleunigt wurden.

c) Erklären Sie das Verhalten des Elektronenstrahls, wenn die Röhre, wie oben beschrieben, gedreht wird.

d) Leiten Sie eine Formel für eine Berechnung von B_{Erde} mit Hilfe dieses Versuchs her. Führen Sie auch eine Betrachtung der Maßeinheiten durch.

e) Untersuchen Sie, in welcher Weise die Geschwindigkeit v der Elektronen und die Länge L der Röhre die Messstrecke 2d beeinflussen.

f) Der Abstand Kathode (K) zu Bildschirm wird mit L bezeichnet und ist bekannt. Zeigen Sie, dass die folgende Beziehung gilt (siehe Abb. 3):

$$r = \frac{L^2 \text{[illegible]} d^2}{2d}$$

g) Berechnen Sie B_{Erde} und deren Vertikal- und Horizontalkomponente aus den folgenden Messdaten: $U_A = 200$ V; 2d = 2,9 cm; L = 18,5 cm; i = 68° (Inklinationswinkel)

h) Auf dem Bildschirm erscheint die Stelle, wo der Elektronenstrahl auftrifft, nicht als Punkt (im mathematischen Sinne), sondern als Leuchtfleck mit einem Durchmesser von ca. 1 mm. Erklären Sie, weshalb ein Fleck auftritt und kein Punkt. Bestimmen Sie die Genauigkeit in %, mit der man mit diesem Versuch die Magnetfeldstärke ermitteln kann, wenn für d die Messgenauigkeit $\forall d = \pm$ 0, 5 mm beträgt.

Aufgabe 3 Erdmagnetfeld Abbildungen

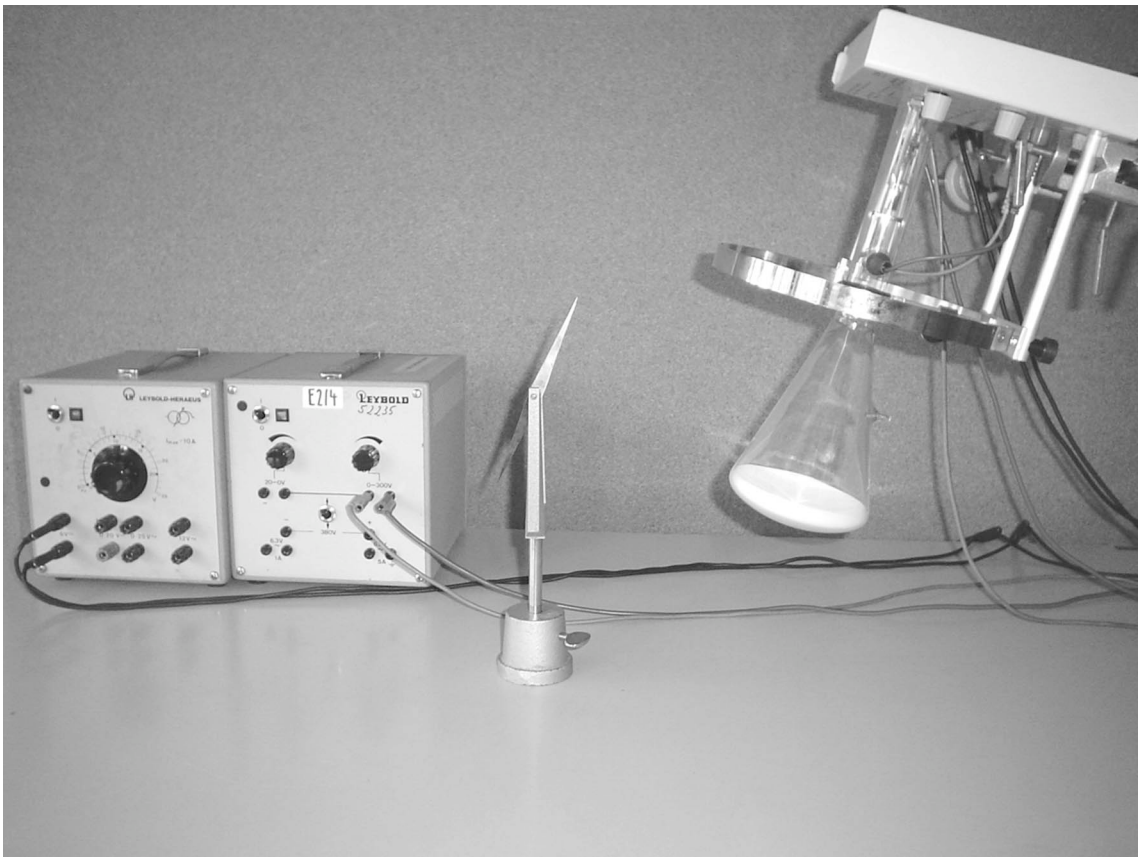
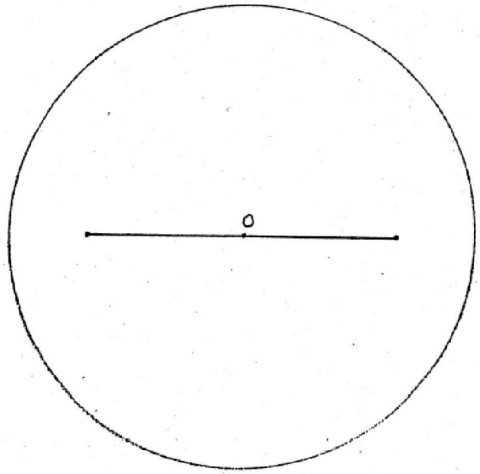


Abbildung 1: Versuchsaufbau



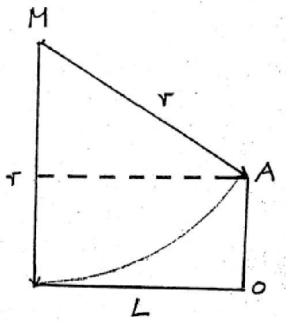


Abb. 2: Leuchtschirm, Ansicht von vorn

Abb. 3: siehe Aufgabenteil f)

	Aufgabe Erdmagnetfeld Erwartungshorizont	Ab1	Ab2	Ab3
a	Evakuierter Glaskolben, Glühelektrischer Effekt an der Kathode, Beschleunigungs- oder Anodenspannung, Leuchtschirm. Skizze dazu ist sinnvoll.	6		
b	$W_{el} = eU_A = W_{kin} = \frac{m_e}{2} v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2eU_A}{m_e}}$ Ergebnis : v = 8386, 3 km/s Maßeinheiten: $\sqrt{\frac{C \cdot V}{kg}} \cdot \sqrt{\frac{C \cdot Nm}{kg \cdot C}} \cdot \sqrt{\frac{kg \cdot m^2}{kg \cdot s^2}} \cdot \frac{m}{s}$	1	4	
c	Wenn der Elektronenstrahl parallel zu den Feldlinien verläuft, tritt zunächst keine ablenkende Lorentzkraft auf. Durch Drehung der Braunschen Röhre nach oben verläuft der Elektronenstrahl senkrecht zu den Feldlinien ($\alpha = 90°$). Die Lorentzkraft ist maximal. Die Richtung der Lorentzkraft nach Osten wird mit der Linken-Hand-Regel bestimmt. Nach Drehung nach unten erfolgt die Ablenkung dementsprechend nach Westen.		2 2 2	
d	Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft; die Elektronen bewegen sich auf einer kreisförmigen Bahn: $evB_{Erde} = m_e \frac{v^2}{r}$ mit $v = \sqrt{\frac{2eU_A}{m_e}} \Leftrightarrow B_{Erde} = \frac{\sqrt{\frac{2m_eU_A}{e}}}{r}$ Maßeinheiten: $\frac{\frac{\sqrt{\frac{kg \cdot V}{C}}}{m} \cdot \frac{\sqrt{\frac{kg \cdot Nm}{C^2}}}{m} \cdot \frac{\sqrt{\frac{kg \cdot Nm}{A^2 \cdot s^2}}}{m}}{\frac{\sqrt{\frac{N^2}{A^2}}}{m}} \cdot \frac{N}{Am} \cdot T$	2	2 3	
e	Die Messstrecke 2 d ist umso größer, je länger die Röhre und je kleiner der Kreisbahnradius ist. Veränderbar ist hier nur die Geschwindigkeit. Aus dem Ansatz zu d) ergibt sich $r \cdot \frac{m_e v}{e B}$; 2d wird also umso größer, je kleiner v gewählt werden kann.		2	
f	Es gilt die Beziehung: $r^2 = (r - d)^2 + L^2$. Daraus folgt: $r = \frac{L^2 + d^2}{2d}$.		2	
g	Mit r = 118,74 cm ergibt sich: $B_{Erde} = 40, 2\ \mu T$. $B^V_{Erde} = B_{Erde} \cdot \sin(i)$ und $B^H_{Erde} = B_{Erde} \cdot \cos(i)$ Ergebnisse: $B^V_{Erde} = 37\ \mu T$ und $B^H_{Erde} = 15\ \mu T$. Maßeinheiten siehe Aufgabenteil d	2 4		
h	Mit $\Delta d = 0, 5$ mm gilt : $d_1 = (1, 45 + 0, 05)$cm; $r_1 = 114, 83$ cm; $B_1 = 41, 54\ \mu T$ $d_2 = (1, 45 - 0, 05)$cm; $r_2 = 122, 93$ cm; $B_1 = 38, 80\ \mu T$ Die relative Messgenauigkeit beträgt: $(B_1 - B_2)/B_{Erde} = 6,8$ %.			2 2 2
		15	19	6
		38%	48%	15%