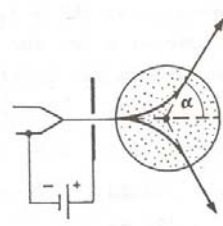


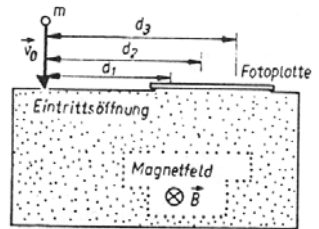
3. Das Magnetische Feld:

12/04-koh

- Ein Proton ($q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg) bewege sich hier im Hörsaal mit einer Geschwindigkeit von $v = 10^7$ m/s waagrecht nach Norden. Es wird vom Erdmagnetfeld abgelenkt. Seine Stärke beträgt $B = 0,6$ G (1 Gauß = 10^{-4} Tesla) und ist nordwärts und mit einem Winkel von 50° nach unten gerichtet.
 - Zeichne die Richtung der Vektoren des Magnetfeldes, der Geschwindigkeit und der Kraft auf.
 - Welche Kraft wirkt auf das Proton? ($7,35 \cdot 10^{-17}$ N)
 - Berechne diese auch vektoriell.
- Ein langer gerader Leiter, der von einem Strom $I = 5$ A durchflossen wird, befindet sich in einem homogenen Magnetfeld der Flußdichte $B = 0,1$ T. Wie groß ist die längenbezogene Kraft, wenn der Leiter und das Magnetfeld den Winkel $\alpha_1 = 90^\circ$, $\alpha_2 = 45^\circ$ oder $\alpha_3 = 0^\circ$ einschließen? ($-0,5$ N/m; $-0,354$ N/m; 0)
- Ein elektrisches und ein magnetisches Feld sind derart überlagert, dass ein mit der Geschwindigkeit $v_0 = 1,0 \cdot 10^7$ m/s senkrecht zum Magnetfeld eingeschossenes Elektron nicht abgelenkt wird.
 - Welche Winkel bilden die beiden Felder und die Richtung des einfliegenden Elektrons miteinander?
 - Zur Erzeugung des elektrischen Feldes wird an ein Plattenpaar (Plattenabstand $d = 10$ mm) die Spannung $U = 1,0$ kV angelegt. Wie groß muss dann das homogene Magnetfeld B sein? (10 mT)
 - Was geschieht, wenn Elektronen anderer Geschwindigkeiten ($v > v_0$ bzw. $v < v_0$) einfliegen? Daher heißen solche Geräte auch Geschwindigkeitsfilter.
- Nun werde ein Elektronenstrahl mit der Geschwindigkeit $v_0 = 3,0 \cdot 10^7$ m/s in ein homogenes Magnetfeld $B = 0,01$ T eingeschossen und zwar
 - parallel zum Feld. Wie bewegt sich der Elektronenstrahl durch das Magnetfeld?
 - Schräg unter dem Winkel $\varphi = 10^\circ$. Wie bewegt sich nun der Elektronenstrahl durch das Magnetfeld? In welchem Abstand von der Achse bewegt er sich?
- Mit dem in der Vorlesung gezeigten Fadenstrahlrohr soll die spezifische Ladung q/m eines Elektrons bestimmt werden. Dabei werden die Elektronen mit der Spannung U beschleunigt und mit dem Magnetfeld einer Zylinderspule (Durchmesser = Länge, Windungszahldichte N/l), durch die ein Strom der Stärke I fließt, auf eine Kreisbahn vom Radius R abgelenkt.
 - Geben Sie q/m als Funktion von U , I , R und N/l an.
 - Wie groß ist q/m bei folgenden Parameter: $U = 200$ V, $N = 100$, $l = 13,2$ cm; $R = 5$ cm; $I = 1$ A? ($0,176 \cdot 10^{12}$ As/kg)
- In einer Fernsehbildröhre muss der Elektronenstrahl den Winkel $2\alpha = 110^\circ$ überstreichen. Die Beschleunigungsspannung des Strahles ist $U = 15$ kV. Das Magnetfeld steht senkrecht auf der Strahlrichtung. Es wird angenommen, dass es homogen ist und nur innerhalb eines Gebietes von kreisförmigem Querschnitt (Durchmesser $d = 5$ cm) existiert.

Berechne die für die maximale Ablenkung α des Elektronenstrahls erforderliche magnetische Flussdichte B . ($8,6$ mT)

7. In einem Massenspektrometer trete ein Isotopengemisch von Zinkionen gleicher Ladung $Q = 2e$ und gleicher Geschwindigkeit $v_0 = 7,22 \cdot 10^5$ m/s senkrecht in das homogene Magnetfeld $B = 1,50$ T ein. Nachdem die Ionen das Magnetfeld durchlaufen haben, treffen sie auf eine Fotoplatte, die in den Abständen $d_1 = 319$ mm, $d_2 = 329$ mm und $d_3 = 339$ mm von der Eintrittsöffnung geschwärzt wird.

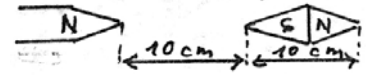


Berechne die registrierten Ionenmassen m_1 , m_2 , und m_3 sowie deren Massezahlen A_1 , A_2 und A_3

(Hinweis: A ist der auf ganze Zahlen gerundete Wert des Verhältnisses von m zur atomaren Masseneinheit $u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg) ($A_i = 64, 66, 68$)

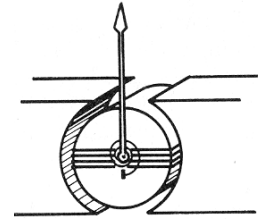
8. In einem Zyklotron werden Protonen beschleunigt. Das homogene Magnetfeld hat die Induktion $B = 1$ T. Bevor die Protonen ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg) das Zyklotron verlassen, haben sie einen Kreisbahndurchmesser $d = 1$ m erreicht. Die hochfrequente Wechselspannung zwischen den Duanten hat die Amplitude U_m .
- Mit welcher kinetischen Energie E_k (in eV) verlassen die Protonen das Zyklotron? (12,3 MeV)
 - Welche Frequenz f muss die Wechselspannung haben? (15,4 MHz)
 - Wie groß ist die Zahl N der Umläufe der Protonen, und welche Zeit t dauert es, bis ein Proton das Zyklotron verlässt? (613; 40 μ s)
9. Ein Gedankenexperiment: Zwei gleiche Teilchen der Ladung Q fliegen parallel im Abstand r mit der Geschwindigkeit v . Bei welcher Geschwindigkeit ist die Coulombabstoßung gleich der Anziehung durch die Lorentzkraft?
10. Gemäß dem Bohrschen Atommodell kreist im Wasserstoffatom (im Grundzustand) ein Elektron ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg) mit der Geschwindigkeit $v = 2,1 \cdot 10^6$ m/s im Abstand $r = 0,529 \cdot 10^{-10}$ m um ein Proton als Atomkern.
- Welche Stromstärke entspricht diese Ladungsbewegung? (1 mA)
 - Wie groß ist das magnetische Dipolmoment des Kreisstromes? ($1,1 \cdot 10^{-29}$ Vsm)
 - Wie stark ist das Magnetfeld, das das kreisende Elektron am Ort des Protons erzeugt? (11,9 T)
11. Zur Bestimmung des Magnetfeldes B wird eine in der x,y -Ebene drehbare Magnetnadel mit dem magnetischen Dipolmoment $m = 1,25 \cdot 10^{-6}$ Vsm an einem in z -Richtung verlaufenden Torsionsfaden aufgehängt und in das Feld gebracht. Nun wird der Torsionsfaden so verdrillt, dass der Südpol der Magnetnadel in y -Richtung zeigt, wobei ein Drehmoment $M_z = 4,0 \cdot 10^{-4}$ N gemessen wird.
- Berechne das Magnetfeld B und welche Komponente von B wurde bestimmt?
 - Wie groß ist die Arbeit beim Drehen der Magnetnadel? ($B_x = 4 \mu$ T), (0,3 mJ)
12. Die Pole eines Stabmagneten liegen $l = 25$ cm auseinander. Ihre Polstärke ist durch den ausgehenden (bzw. eintretenden) magnetischen Fluß $\Phi = 6 \cdot 10^{-5}$ Wb gegeben.
- Wie groß ist der Betrag des Dipolmomentes m des Magneten? ($1,5 \cdot 10^{-5}$ Vsm)
 - Welches Drehmoment M kann den im Mittelpunkt drehbar gelagerten Stabmagneten in einem äußeren Magnetfeld der Flussdichte $B = 0,15$ T unter einem Winkel von $\alpha = 60^\circ$ gegenüber den Feldlinien halten? (1,55 Nm)
 - Welches Kräftepaar F , das senkrecht zur Achse des Magneten an dessen Enden angreift, ist dazu erforderlich? (6,2 N)
 - Welche potentielle Energie besitzt der Stabmagnet in dieser Lage?

13. Ein Dipol der Polstärke $\Phi_1 = 10^{-5}$ Vs befindet sich in einem inhomogenen Magnetfeld mit $\Phi_2 = 10^{-2}$ Vs. Mit welcher Kraft wird der Dipol angezogen? (- $4,75 \cdot 10^{-2}$ N)



14. Welches maximale Drehmoment erzeugt eine flache Rechteckspule ($a = 4$ cm, $b = 5$ cm) mit 80 Windungen, die von $I = 1,8$ A durchflossen wird, in einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte $B = 0,4$ T? (0,115 Nm)

15. Zwischen den kreisförmigen Polen eines Permanentmagneten mit $B = 2,5$ T befindet sich ein drehbarer Weicheisenkern, der 100 Wicklungen einer quadratischen Leiterschleife der Kantenlänge $l = 3$ cm trägt. Dieser Weicheisenkern mit Zeiger wird durch eine Feder der Winkelrichtgröße $D = 3 \cdot 10^{-2}$ Nm/° gespannt (Prinzip des Drehspulinstrumentes). Welchen Winkelausschlag erfährt der Zeiger, wenn durch die Wicklungen eine Stromstärke von $I = 4,8$ A fließt? (36°)



16. Eine Silberplatte der Dicke 1 mm und Breite 1,5 cm werde von einem Strom der Stärke $I = 1,25$ A durchflossen und befinde sich in einem homogenen Magnetfeld von $B = 1,25$ T, das senkrecht zur Platte verläuft. Die Messung der Hall-Spannung ergibt $U_H = 0,334$ μ V.
- Wie groß ist die Ladungsträgerdichte n in der Platte? ($5,85 \cdot 10^{28}$ e/m³)
 - Vergleichen Sie dieses Ergebnis mit der Anzahldichte der Silberatome in der Platte ($\rho = 10,5$ g/cm³; $M = 107,9$ g/mol) ($5,86 \cdot 10^{28}$ Atome/m³)
 - Welchen Wert hat die Hall-Konstante von Silber? ($1,07 \cdot 10^{-10}$ m³/C)
 - Wie groß ist die Elektronenbeweglichkeit im Silber? ($\chi = 6,25 \cdot 10^7$ 1/Ωm; $6,9 \cdot 10^3$ m²/Vs)

17. Durch einen unendlich langen Leiter fließt ein Gleichstrom $I = 8$ A. Zeichne das Magnetfeld B und berechne seine Radial- und Tangentialkomponente in $r = 10$ cm Entfernung vom Leiter.

18. Die Drahtachsen einer Doppelleitung in Luft sind $2d = 20$ cm voneinander entfernt. Durch beide Leiter fließt je ein Strom von $I = 40$ A parallel (in die Zeichenebene hinein) bzw. antiparallel (der linke Draht aus der Stromebene heraus). Berechne die Komponenten des Magnetfeldes B_x , B_y in einem Punkt, der symmetrisch zwischen den Drähten und genau $a = 15$ cm über ihre Verbindungsstrecke liegt. (parallel: $B_x = 73,8$ μ T; $B_y = 0$; antiparallel: $B_x = 0$; $B_y = 49,3$ μ T)

19. Ein langer, gerader, dicker Leiter vom Radius $R = 1$ cm werde von einem Strom der Stärke $I = 10$ A durchflossen, wobei die Stromdichte über den gesamten Querschnitt hinweg konstant ist. Zeichne die die Abhängigkeit des Magnetfeldes B vom Radius r innerhalb und außerhalb des Leiters und berechne B für $r = 0,5 \cdot R$ und $2 \cdot R$. (1 mT; 0,1 mT)

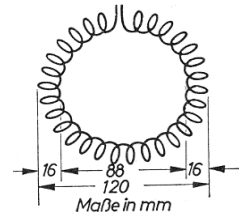
20. Gegeben sei ein kreisförmiger Draht mit Radius R .
- Leite die Formel für das Magnetfeld B auf der Symmetrieachse im Abstand z vom Mittelpunkt her.
 - Wie groß ist B im Abstand $z = 1$ m, wenn der Draht mit $R = 1$ m von einem Strom $I = 1$ A durchströmt wird? (0,22 μ T)
 - Wie groß ist B im Mittelpunkt? (0,63 μ T)

21. Gegeben sei ein gerade Leiter der Länge $l = 1 \text{ m}$, der von einem Strom $I = 1 \text{ A}$ durchflossen wird.

- Berechne das Magnetfeld B im senkrechten Abstand $a = 1 \text{ m}$ von der Mitte des Leiters. (89 nT)
- Zeige, dass für $l \rightarrow \infty$ das Resultat $B_\infty = \mu_0 \cdot I / (2\pi a)$ außerhalb eines unendlich langen geraden Stromleiters übergeht (vgl. Aufg. 17).

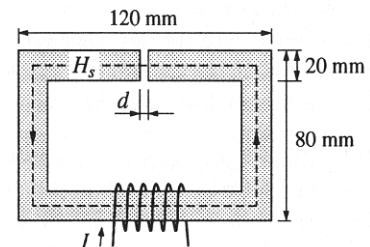
22. Welche Kraft wirkt je Längeneinheit zwischen zwei langen, im Abstand $r = 5 \text{ cm}$ befindlichen parallelen Leitern, wenn ein Strom von $I = 10 \text{ A}$ durch den einen Leiter hin und den anderen Leiter zurück fließt? ($4 \cdot 10^{-4} \text{ N/m}$)

23. Wie groß sind das Magnetfeld (magnetische Flussdichte) B , die magnetische Feldstärke H und der magnetische Fluss Φ im Innern der dargestellten eisenfreien Ringspule mit $N = 600$ Windungen, wenn sie von einem Strom $I = 3 \text{ A}$ durchflossen wird. (6,92 mT; 5509 A/m; 1,39 μWb)



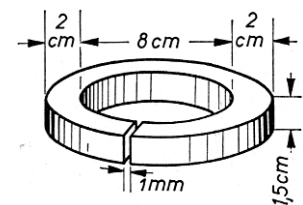
24. Ein Eisenjoch ($\mu_r = 1860$) ist mit einer darauf gewickelten Spule ($N = 250$; $I = 2,5 \text{ A}$) magnetisiert – Abmessungen siehe Bild. Der Eisenkern sei von einem Luftspalt $d = 0,5 \text{ mm}$ unterbrochen.

Berechne das magnetische Induktion B und die Feldstärke H im Eisenkern, im Luftspalt und im gesamten magnetischen Kreis. (1,17 T; 0,5 kA/m; 930 kA/m)



25. Ein Stahlring ($\mu_r = 650$) besitzt die Abmessungen gemäß nebenstehender Skizze.

- Berechne zunächst ohne Luftspalt bei einer magnetischen Flussdichte $B = 1,5 \text{ T}$ den gesamten magnetischen Fluss Φ und den dazu erforderlichen Strom I , wenn dazu 360 Windungen gelegt sind. ($4,5 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$; 1,6 A)
- Wie muss der Strom geändert werden, wenn der Ring von einem 1 mm breiten Luftspalt unterbrochen ist und der gleiche magnetische Fluss erzielt werden soll? (4,9 A)



26. Die gleich großen, ebenen Polflächen von Nord- und Südpol zweier Stabmagnete sind passend aneinander gelegt. In dem engen Luftspalt zwischen den Polflächen ($A = 4 \text{ cm}^2$) herrsche ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 0,75 \text{ T}$.

Welche Kraft F ist erforderlich, um beide Magnete voneinander zu trennen? (89,5 N)

27. Berechne die Tragkraft F des dargestellten Elektromagneten (Joch $\mu_{r1} = 2200$; $R = 0,2 \text{ m}$; Windungszahl $N = 300$, Stromstärke $I = 3 \text{ A}$). Seine beiden Polschuhe ($A = 8 \text{ cm}^2$) sind mit dem zu tragenden Körper (Anker $\mu_{r2} = 850$) zu einem magnetischen Kreis geschlossen. (1.424 N)

