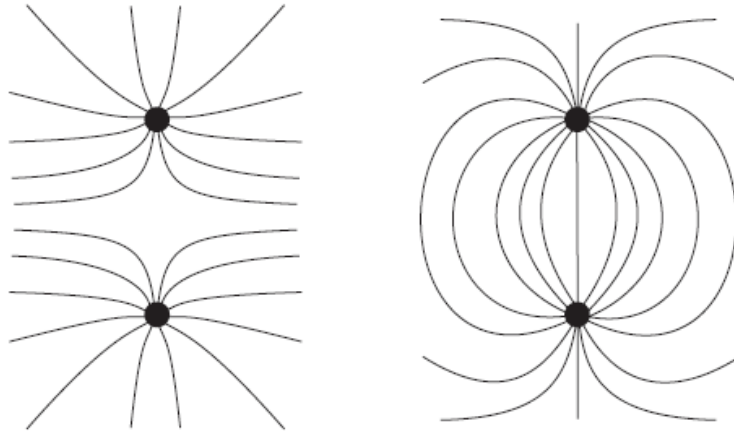


Magnetisches Feld (LB S. 373 – 374)

19. a)



b) Informationsgehalt eines Feldlinienbildes:

- Die magnetischen Feldlinien sind geschlossen, d.h. das magnetische Feld ist ein quellenfreies Wirbelfeld.
- Je dichter die Feldlinien an einem Ort des Feldes zusammenliegen, desto größer ist die dort wirkende Kraft auf einen Probekörper.
- Die Richtung der Feldlinien entspricht der Richtung der wirkenden Kraft auf einen Probekörper.

Grenzen des Modells:

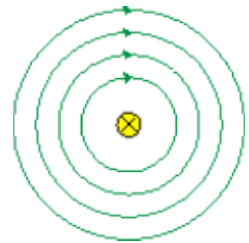
- Ein Feldlinienbild suggeriert ein zweidimensionales Feld. Das magnetische Feld wirkt jedoch im ganzen Raum, ist also ein dreidimensionales Feld.
- Ein magnetisches Feld ist umgeben von unendlich vielen Feldlinien. D.h. auch dort, wo ein Punkt des Feldlinienbildes nicht von einer Feldlinie durchsetzt wird, wirkt eine Kraft auf einen Probekörper.

20. Folgende Elemente sollten enthalten sein:

- Das Magnetfeld der Erde ist ein magnetisches Dipolfeld, das in der nahen Erdumgebung mit dem Feld eines Stabmagneten verglichen werden kann.
- Die mittlere magnetische Flussdichte des Feldes beträgt zwischen $60 \mu\text{T}$ (in Polnähe) und $20 \mu\text{T}$ (im Äquatorbereich). Es ist also ein relativ schwaches Feld.
- Zu unterscheiden sind die Vertikal- und die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes.
- Die Erdachse und die magnetische Achse des Feldes sind um ca. $11,4^\circ$ gegeneinander geneigt. Magnetischer Nord- und Südpol des Feldes fallen mit den geographischen Polen also nicht zusammen.
- Der magnetische Nordpol liegt in der Nähe des geografischen Südpols, der magnetische Südpol liegt in der Nähe des geografischen Nordpols.
- Das Erdmagnetfeld unterliegt zeitlichen und räumlichen Schwankungen, die verbunden sind mit eruptiven Prozessen der Sonne (z.B. Flares).
- Die Entstehung des Erdmagnetfeldes beruht auf dem Prinzip des selbsterregenden Dynamos.
- Mit Magnetosphäre bezeichnet man das gesamte, die Erde umgebende Magnetfeld.
- Die Form der Magnetosphäre wird vom Sonnenwind beeinflusst.
- Das Erdmagnetfeld schützt uns vor dem Einfall energiereicher Teilchen und macht dadurch menschliches Leben auf der Erde erst möglich.

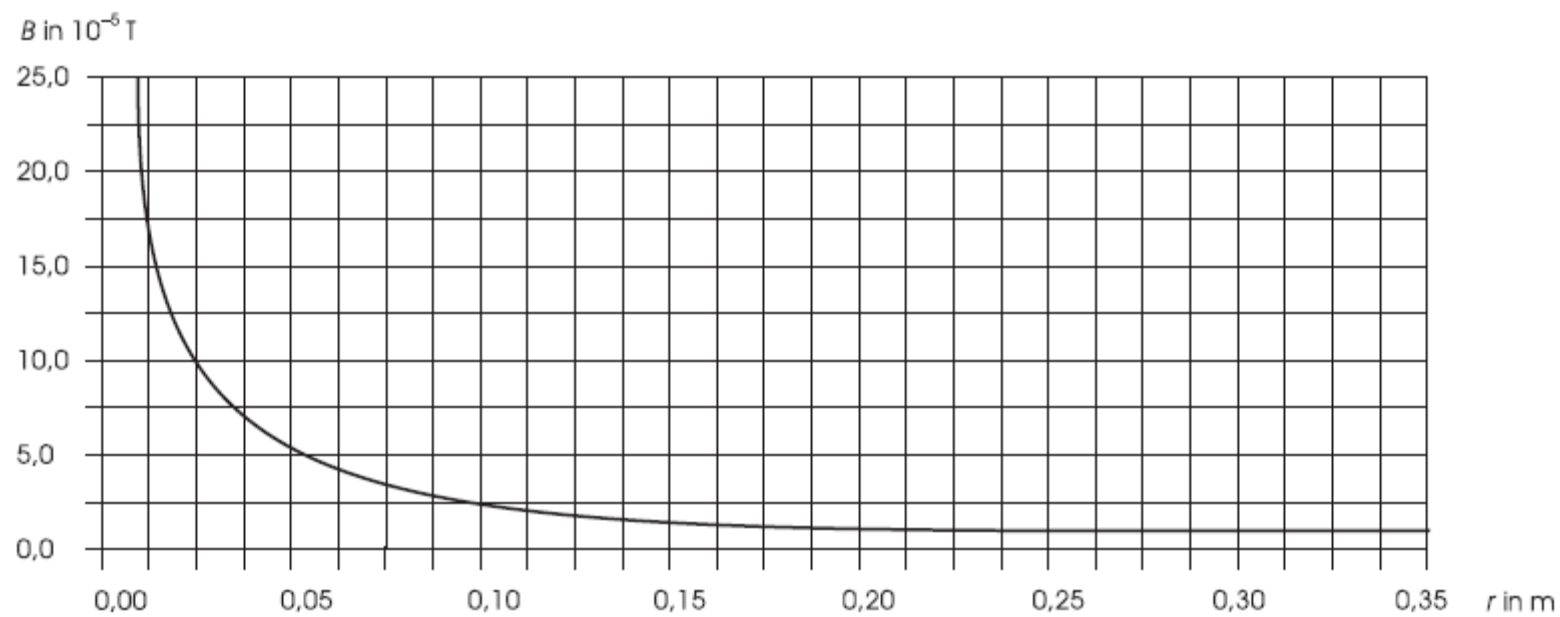
21. a)

$$\text{b) } B(r) = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi} \cdot \frac{1}{r}$$



$$B(r) = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{Vs} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \frac{10 \text{A}}{2\pi} \cdot \frac{1}{r}$$

$$B(r) = 2 \cdot 10^{-6} \text{Vs} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \frac{1}{r}$$



Die magnetische Flussdichte um einen stromdurchflossenen Leiter nimmt mit zunehmendem Abstand ab. Aufgrund der Proportionalität $B \sim \frac{1}{r}$ verringert sie sich beim Entfernen vom Leiter erst sehr schnell und in einem größeren Abstand nur noch langsam.

22. Für die magnetische Flussdichte im Innern einer langen stromdurchflossenen Zylinderspule gilt:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

Gesucht: B

Gegeben: $h = 8 \text{ mm}$
 $l = 40 \text{ mm}$
 $d = 0,1 \text{ mm}$
 $I = 50 \text{ mA}$

Lösung:

$$B = \mu_0 \frac{N \cdot I}{l} \quad \left(N = \frac{l}{d} \right)$$

$$B = \mu_0 \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{I}{l}$$

$$B = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Vs} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \frac{40 \text{ mm}}{0,1 \text{ mm}} \cdot \frac{50 \text{ mA}}{40 \text{ mm}}$$

$$\underline{B = 0,63 \text{ mT}}$$

Innerhalb der Hülse beträgt die magnetische Flussdichte ca 0,63 mT.

23. a) Zwischenden Leitern wirken anziehende Kräfte.

Gesucht: F

Gegeben: $r = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$
 $I = 800 \text{ A}$

Lösung:

Die magnetische Flussdichte von Leiter 1 am Ort von Leiter 2 errechnet sich zu:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi \cdot r}$$

Für die Kraft, die das Feld von Leiter 1 auf Leiter 2 ausübt gilt:

$$F = B \cdot I \cdot l$$

$$F = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi \cdot r} \cdot I \cdot l$$

$$F = \mu_0 \cdot \frac{I^2}{2\pi \cdot r} \cdot l$$

$$F = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \frac{(800 \text{ A})^2}{2\pi \cdot 0,12 \text{ m}} \cdot 1 \text{ m}$$

$$\underline{F = 1,1 \text{ N}}$$

Je 1 m Leiterlänge übt der Leiter 1 eine Kraft von 1,1 N auf den Leiter 2 aus. Die gleiche Kraft wirkt vom Leiter 2 auf den Leiter 1.

- b) Beim Bau von Starkstromleitungen werden die stromdurchflossenen Leiter in genügend großem Abstand angeordnet. Dieser bleibt mithilfe von Abstandshaltern aufrechterhalten.

27. a) Eine mögliche Versuchsanordnung ist im LB S. 285 beschrieben. Die aus einer Glühkatode austretenden Elektronen werden in einem elektrischen Längsfeld durch die Beschleunigungsspannung U auf die

$$\text{Geschwindigkeit } v = \sqrt{2U \frac{e}{m}}$$

beschleunigt. Ein anliegendes homogenes Magnetfeld, das mithilfe zweier HELMHOLTZ-Spulen erzeugt wird, zwingt die Elektronen auf eine Kreisbahn. Die Lorentzkraft wirkt dabei als Radialkraft. Daher gilt:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = e \cdot v \cdot B.$$

Einsetzen des Ausdrucks für die Geschwindigkeit und Auflösen der Gleichung nach $\frac{e}{m}$ ergibt

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

Die Beschleunigungsspannung U , die magnetische Flussdichte B wie auch der Radius r der Kreisbahn können experimentell ermittelt werden, was die Bestimmung der spezifischen Ladung ermöglicht.

b) Gesucht: $\frac{Q}{m}$

Gegeben: $U = 450 \text{ V}$

$$B = 12 \text{ mT} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

$$d = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$$

Lösung: $\frac{q}{m} = \frac{2U}{B^2 \cdot r^2}$

$$\frac{q}{m} = \frac{2 \cdot 450 \text{ V}}{(12 \cdot 10^{-3} \text{ T})^2 \cdot (0,13 \text{ m})^2}$$

$$\frac{q}{m} = 3,7 \cdot 10^8 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Die spezifische Ladung der Teilchen beträgt ungefähr $3,7 \cdot 10^8 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$.

28. a) Treten die Elektronen senkrecht zu den Feldlinien des homogenen Magnetfeldes ein (Bild a und b), so bewegen sie sich auf einer Kreisbahn. Es liegt eine gleichförmige Kreisbewegung vor. Werden die Ladungsträger parallel zum Magnetfeld eingeschossen (Bild c), dann ist die auf die Elektronen wirkende Lorentzkraft und somit die Ablenkung null. Die Bahnform ist eine Gerade, die Bewegungsart ist eine gleichförmige geradlinige Bewegung.

Treten die Elektronen schräg in das Magnetfeld ein (Bild d), so bewegen sie sich auf einer spiralförmigen Bahn. Es liegt eine ungestörte Überlagerung einer gleichförmigen geradlinigen Bewegung (infolge der parallelen Geschwindigkeitskomponente) und einer gleichförmigen Kreisbewegung (infolge der Geschwindigkeitskomponente senkrecht zum Feld) vor.

b) siehe Aufgabe 27 a)

25. a) Gesucht: B

Gegeben: $E = 500 \text{ eV}$
 $r = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$

Lösung:

$$\frac{m_e \cdot v^2}{r} = e \cdot v \cdot B$$

$$B = \frac{m_e \cdot v}{r \cdot e} \quad \left(v = \sqrt{\frac{2E}{m_e}} \right)$$

$$B = \frac{1}{r \cdot e} \sqrt{2 m_e \cdot E}$$

$$B = \frac{1}{0,026 \text{ m} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 500 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\underline{B = 3 \text{ mT}}$$

Die magnetische Flussdichte beträgt 3 mT.

26. a) Die Geschwindigkeit v in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung U und der spezifischen Ladung $\frac{Q}{m}$ beträgt

$$v = \sqrt{2U \cdot \frac{Q}{m}} .$$

Da Elektronen und Protonen auf die gleiche Geschwindigkeit gebracht werden sollen gilt:

$$\sqrt{2U_e \cdot \frac{e}{m_e}} = \sqrt{2U_p \cdot \frac{e}{m_p}}$$

Auflösen nach dem Verhältnis $\frac{U_p}{U_e}$ führt zu

$$\frac{U_p}{U_e} = \frac{m_p}{m_e} = 1836 .$$

- b) Bewegt sich ein geladenes Teilchen in einem homogenen Magnetfeld auf einer Kreisbahn, dann wirkt die Lorentzkraft als Radialkraft. Daraus folgt:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = q \cdot v \cdot B$$

$$r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}$$

Das gesuchte Verhältnis der Radien errechnet sich somit zu:

$$\frac{r_p}{r_e} = \frac{m_p}{m_e} = 1836$$

27. a) Eine mögliche Versuchsanordnung ist im LB S. 285 beschrieben. Die aus einer Glühkatode austretenden Elektronen werden in einem elektrischen Längsfeld durch die Beschleunigungsspannung U auf die

$$\text{Geschwindigkeit } v = \sqrt{2U \frac{e}{m}}$$

beschleunigt. Ein anliegendes homogenes Magnetfeld, das mithilfe zweier HELMHOLTZ-Spulen erzeugt wird, zwingt die Elektronen auf eine Kreisbahn. Die Lorentzkraft wirkt dabei als Radialkraft. Daher gilt:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = e \cdot v \cdot B.$$

Einsetzen des Ausdrucks für die Geschwindigkeit und Auflösen der Gleichung nach $\frac{e}{m}$ ergibt

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

Die Beschleunigungsspannung U , die magnetische Flussdichte B wie auch der Radius r der Kreisbahn können experimentell ermittelt werden, was die Bestimmung der spezifischen Ladung ermöglicht.

b) Gesucht: $\frac{Q}{m}$

Gegeben: $U = 450 \text{ V}$

$$B = 12 \text{ mT} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

$$d = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$$

Lösung: $\frac{q}{m} = \frac{2U}{B^2 \cdot r^2}$

$$\frac{q}{m} = \frac{2 \cdot 450 \text{ V}}{(12 \cdot 10^{-3} \text{ T})^2 \cdot (0,13 \text{ m})^2}$$

$$\frac{q}{m} = 3,7 \cdot 10^8 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Die spezifische Ladung der Teilchen beträgt ungefähr $3,7 \cdot 10^8 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$.

28. a) Treten die Elektronen senkrecht zu den Feldlinien des homogenen Magnetfeldes ein (Bild a und b), so bewegen sie sich auf einer Kreisbahn. Es liegt eine gleichförmige Kreisbewegung vor. Werden die Ladungsträger parallel zum Magnetfeld eingeschossen (Bild c), dann ist die auf die Elektronen wirkende Lorentzkraft und somit die Ablenkung null. Die Bahnform ist eine Gerade, die Bewegungsart ist eine gleichförmige geradlinige Bewegung.

Treten die Elektronen schräg in das Magnetfeld ein (Bild d), so bewegen sie sich auf einer spiralförmigen Bahn. Es liegt eine ungestörte Überlagerung einer gleichförmigen geradlinigen Bewegung (infolge der parallelen Geschwindigkeitskomponente) und einer gleichförmigen Kreisbewegung (infolge der Geschwindigkeitskomponente senkrecht zum Feld) vor.

29. a) Die Lorentzkraft F_L zwingt die β^- -Teilchen auf eine Kreisbahn, wobei sie als Radialkraft F_R wirkt. Es gilt also:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = Q \cdot v \cdot B$$

Auflösen nach v ergibt:

$$v = \frac{Q \cdot B \cdot r}{m}$$

Nach Einsetzen des Ausdrucks für die Geschwindigkeit v in die Beziehung der kinetischen Energie erhält man:

$$E_{\text{kin}} = \frac{Q^2 \cdot B^2 \cdot r^2}{2m}$$

Da es sich bei der β^- -Strahlung um negativ geladene Elektronen handelt, kann die Ladung Q durch die Elementarladung e und die Masse m durch die Elektronenmasse m_e ersetzt werden.

b) Gesucht: E_{kin}

Gegeben: $B = 10 \text{ mT} = 0,01 \text{ T}$
 $r = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$

Lösung:

$$E_{kin} = \frac{q^2 \cdot B^2 \cdot r^2}{2m_e}$$

$$E_{kin} = \frac{(1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,01 \text{ T} \cdot 0,12 \text{ m})^2}{2 \cdot 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}$$

$$\underline{E_{kin} = 2,09 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 0,13 \text{ MeV}}$$

Die kinetische Energie der β^- -Teilchen beträgt etwa 0,13 MeV.