

KULTUSMINISTERIUM DES LANDES SACHSEN-ANHALT



Abitur 2004
Januar/Februar 2004

Physik
(Leistungskurs)

Einlesezeit: 30 Minuten
Arbeitszeit: 300 Minuten

Thema 1

Induktion und Wechselstrom

Thema 2

Energiegewinnung und Radioaktivität

Thema 3

Bewegungen in Magnetfeldern

Thema 1: Induktion und Wechselstrom

1 Das Induktionsgesetz

Nennen Sie das allgemeine Induktionsgesetz und interpretieren Sie dieses im Hinblick auf die zwei grundlegenden Möglichkeiten zur Erzeugung einer Induktionsspannung. Beschreiben Sie zu jeder Möglichkeit ein geeignetes Experiment.

2 Der gerade lange Leiter im homogenen Magnetfeld

Im Bild 1 ist eine Versuchsanordnung zur Erzeugung einer Induktionsspannung an einem geraden Leiter L dargestellt. Dieser ist auf einem Wagen fixiert, welcher sich auf einer geeigneten Ebene mit dem Neigungswinkel $\alpha = 30^\circ$ und der Rollstrecke $d = 2\text{ m}$ aus der Ruhe heraus bewegt. Die wirksame Länge des Leiters beträgt $\ell = 0,4\text{ m}$ und die Bewegung erfolgt senkrecht zur Leiterachse und senkrecht zu den Feldlinien des homogenen Magnetfeldes der Flussdichte $B = 50\text{ mT}$. Während des gesamten Vorganges soll die Reibung vernachlässigt werden.

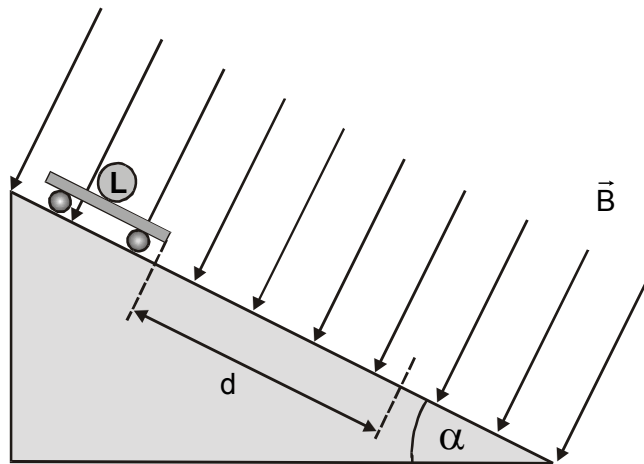


Bild 1

Stellen Sie den Betrag der Induktionsspannung an den Enden des Leiters in Abhängigkeit von der Zeit und in Abhängigkeit vom Weg graphisch dar. Berechnen Sie die dazu notwendigen Größen.

3 Die Rotation einer Leiterschleife im homogenen Magnetfeld

In der Praxis werden zur Erzeugung elektrischer Spannungen häufig Wechselspannungsgeneratoren zum Einsatz gebracht. Für die Beschreibung der dabei ablaufenden Prozesse hat sich das Modell einer gleichförmig rotierenden Leiterschleife mit rechteckigem Querschnitt im homogenen Magnetfeld als günstig erwiesen.

Zeigen Sie unter Benutzung einer geeigneten Skizze, dass es sich bei dieser Induktionsspannung um eine sinusförmige Wechselspannung handelt.

4 Wechselstromwiderstände

- 4.1 Die Bauteile Spule, Kondensator und Widerstand sollen im Wechselstromkreis betrachtet werden.

Beschreiben Sie das Widerstandsverhalten dieser Bauelemente im Gleichstromkreis und im Wechselstromkreis bei verschiedenen Frequenzen.

- 4.2 Legt man an eine Drosselspule eine Gleichspannung von $U_0 = 12 \text{ V}$ an, so beträgt die Stromstärke $I_0 = 0,6 \text{ A}$. Beim Anlegen einer Wechselspannung von $U_0 = 125 \text{ V}$ fließt ein Strom von $I_0 = 0,75 \text{ A}$.

Berechnen Sie aus diesen Angaben die Induktivität L der Drosselspule und die auftretende Phasenverschiebung φ zwischen Stromstärke und Spannung bei einer Frequenz von $f = 50 \text{ Hz}$.

5 Schwingkreis und Resonanz (Aufgabe mit Schülerexperiment)

- 5.1 Ein Schwingkreis besteht aus einer Spule mit Eisenkern der Induktivität $L = 300 \text{ mH}$ und einem Kondensator der Kapazität $C = 110 \text{ nF}$. Der Schwingkreis schwingt ungedämpft mit der Eigenfrequenz f_E und als Nachweisgerät soll ein Lautsprecher dienen.

Berechnen Sie die Frequenz des Lautsprechertones.

Beschreiben und erklären Sie die Tonhöhenveränderung, wenn der Eisenkern langsam aus der Spule herausgezogen wird.

Bestimmen Sie die Induktivität L_0 der eisenlosen Spule, wenn die Tonfrequenz bei vollständig entferntem Eisenkern $f_0 = 3,8 \text{ kHz}$ beträgt.

- 5.2 Bestimmen Sie experimentell aus dem Resonanzfall die Induktivität einer gegebenen Schwingkreisspule. Verwenden Sie dabei zur Anregung des Schwingkreises eine induktive Kopplung über einen geschlossenen Eisenkern, wobei die Primärspannung mit einer Frequenz von $f = 50 \text{ Hz}$ bei $U = 4 \text{ V}$ konstant zu halten ist. Die Abstimmung auf den Resonanzfall soll durch eine schrittweise Veränderung der Kapazität des Schwingkreiskondensators angenähert werden. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

Thema 2: Energiegewinnung und Radioaktivität

1 Energiegewinnung aus Kernvorgängen

Otto Hahn und seinen Mitarbeitern gelang 1938 die erste Kernspaltung. Bis zu diesem Zeitpunkt glaubte man, dass maximal zwei Protonen und zwei Neutronen von einem Kern abgespalten werden können.

Stellen Sie die Gleichung für die Kernspaltung von Uran-235 zu Barium-144 und Krypton-89 auf. Berechnen Sie, wie viel Energie bei der Spaltung von einem Uran-235-Atom durch ein thermisches Neutron maximal gewonnen werden kann und erläutern Sie, wie es zur Energiegewinnung kommt.

$$\begin{aligned}
 m_{\text{U } 235} &= 235,04392 \text{ u} & m_{\text{Ba } 144} &= 143,92294 \text{ u} \\
 m_{\text{Kr } 89} &= 88,91763 \text{ u} & m_n &= 1,00866 \text{ u} \\
 \text{u} &= 1,660540 \cdot 10^{-27} \text{ kg}
 \end{aligned}$$

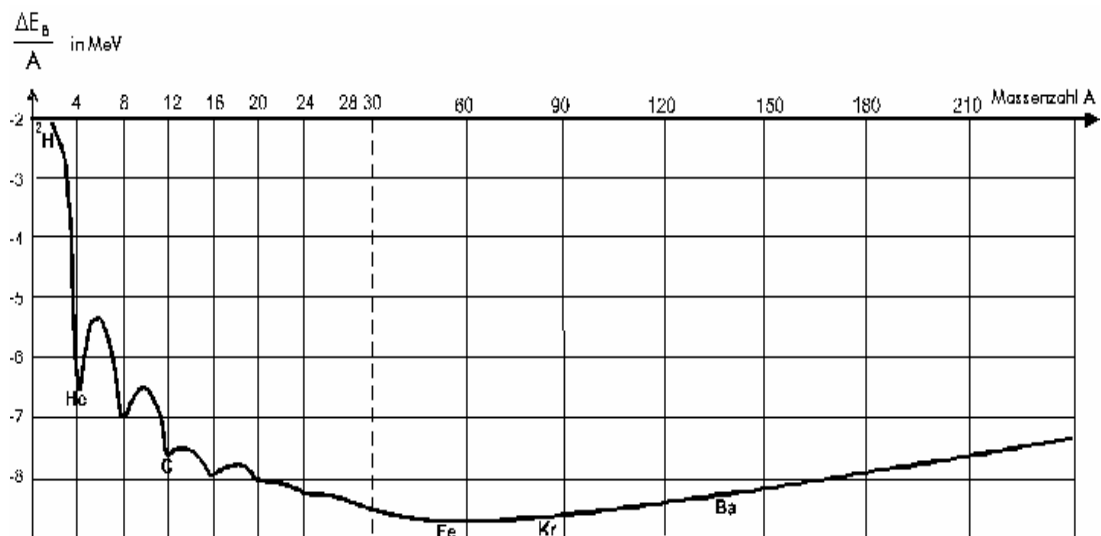
2 Energiegewinnung mit Kernkraftwerken (Themaufgabe)

Stellen Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form die Energiegewinnung in Kernkraftwerken dar.

Beziehen Sie dabei u. a. folgende Schwerpunkte und Materialien ein:

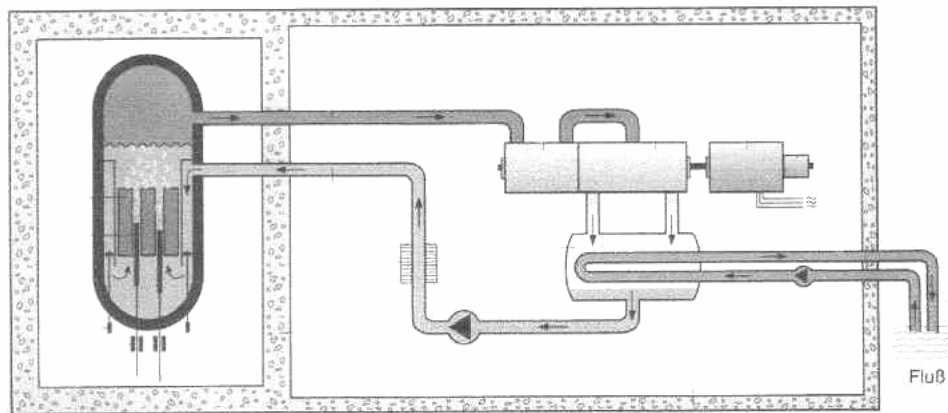
- physikalische Grundlagen der Kernenergiegewinnung,
- Erzeugung thermischer Neutronen und Kettenreaktion,
- Kernbrennstoffe und Steuereinrichtungen,
- Moderatoren,
- Sicherheitsmaßnahmen,
- Für und Wider der Betreibung von Kernkraftwerken,
- Material 1: Kernbindungsenergiekurve,
- Material 2: Siedewasserreaktor **oder** Druckwasserreaktor.

Material 1:

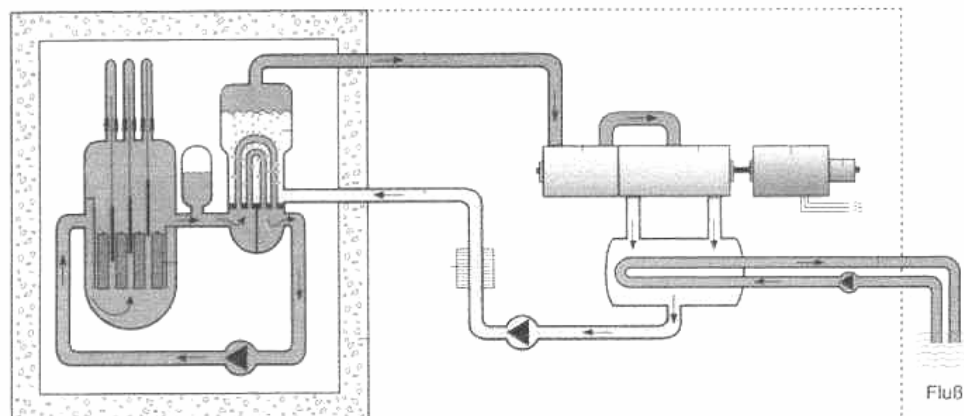


Material 2:

Druckwasserreaktor (prinzipieller Aufbau)



Siedewasserreaktor (prinzipieller Aufbau)



3 Medizinische Anwendung der Radioaktivität

- 3.1 Zur Schilddrüsenfunktionsprüfung wird dem Patienten eine bestimmte Menge des radioaktiven Technetiums Tc 99 injiziert, welches eine Halbwertszeit von sechs Stunden hat. Das Radionuklid Technetium wird wie Jod in der Schilddrüse gespeichert und kann deshalb zur Diagnostik bei Schilddrüsenerkrankungen benutzt werden. Nach zwanzig Minuten erfolgt die Auswertung (Szintigraphie). Um zu aussagefähigen Werten zu gelangen, muss zu diesem Zeitpunkt eine Aktivität von 57 MBq vorliegen.

Errechnen Sie die Aktivität, die zum Zeitpunkt der Injektion vorlag und berechnen Sie, welche Masse des radioaktiven Präparats dem Patienten verabreicht wurde.

Hinweis: $A = \lambda \cdot N$

Tc 99 ist ein reiner γ -Strahler.

Beschreiben Sie eine Wechselwirkung von γ -Strahlung mit Materie.

Begründen Sie, weshalb keine α -Strahlung für eine Schilddrüsenszintigraphie benutzt wird.

3.2 Die Abschwächung von Strahlung erfolgt nach folgendem Gesetz:

$$I(d) = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot d},$$

wobei I die Intensität, μ der Abschwächungskoeffizient und d die Materialdicke sind.

Folgende Werte wurden bei der Absorption von γ -Strahlung einer bestimmten Energie durch Blei in Abhängigkeit von der Materialdicke des Bleis ermittelt. Die Werte sind bereits um die Nullrate korrigiert.

d in cm	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
I in min^{-1}	650	350	200	115	60	20

Zeichnen Sie das $I(d)$ -Diagramm und entnehmen Sie daraus die Halbwertsdicke für Blei dieser bestimmten Strahlung. Dabei versteht man unter Halbwertsdicke, die Dicke des Materials, bei der von der ursprünglichen Strahlung die Hälfte absorbiert wird.

Bestimmen Sie unter Einbeziehung aller Messwerte den mittleren Abschwächungskoeffizienten.

Erklären Sie mögliche Abweichungen vom Mittelwert.

Berechnen Sie die Anzahl der Impulse je Minute, wenn die Materialdicke 2,5 cm beträgt.

4 Stirlingmotor

Es wird ein ideales Gas während eines reinen reversiblen Stirling-Prozesses betrachtet. Das Gas nimmt die Volumina zwischen 2000 cm^3 und 8000 cm^3 ein. Die Temperaturen liegen zwischen $75 \text{ }^\circ\text{C}$ und $400 \text{ }^\circ\text{C}$, der maximale Druck beträgt 400 kPa .

4.1 Berechnen Sie die im Zylinder befindliche Stoffmenge.

Zeichnen Sie das zugehörige $p(V)$ - Diagramm und berechnen Sie die dazu erforderlichen Werte.

4.2 Berechnen Sie die pro Zyklus verrichtete mechanische Arbeit und den thermischen Wirkungsgrad dieses theoretischen Prozesses.

Vergleichen Sie den idealen Stirling-Prozess mit dem realen Prozess. Diskutieren Sie dabei die Entropieänderung.

Thema 3: Bewegungen in Magnetfeldern

1 Rotierende Aluminiumscheibe im Magnetfeld

Mit der nachfolgend beschriebenen Experimentieranordnung werden Versuche durchgeführt. Eine um eine horizontale Achse drehbare kreisförmige Aluminiumscheibe befindet sich mit ihrem unteren Rand zwischen den Polen eines Elektromagneten, der ein homogenes Feld erzeugt. Auf die konzentrisch aufgesetzte Stufenscheibe ist ein Faden aufgewickelt, dessen zweites Ende über eine feste Rolle geführt wird und mit einem Körper K verbunden ist (Bild 1). Das Trägheitsmoment des Rotationskörpers beträgt $J = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, die Masse des Körpers K beträgt $m_K = 30 \text{ g}$ und der Radius der Stufenscheibe $r = 1 \text{ cm}$. Die Masse der festen Rolle und die Reibung sind vernachlässigbar.

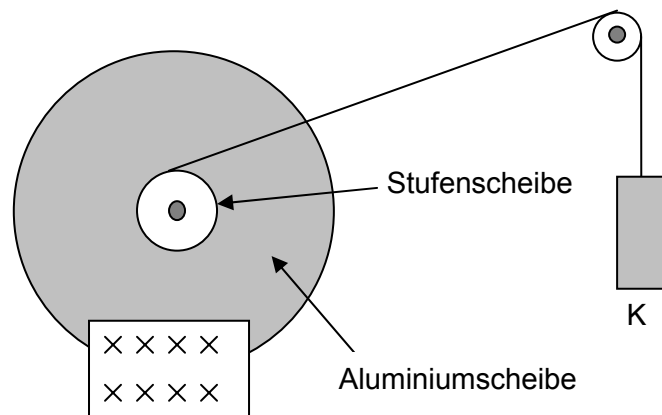


Bild 1

1.1 Beschreibung der Versuche:

Versuch 1: Der Elektromagnet ist abgeschaltet. Der Körper wird losgelassen und bewegt sich gleichmäßig beschleunigt zum Boden.

Versuch 2: Der Körper wird losgelassen und bewegt sich gleichmäßig beschleunigt nach unten.

Der Elektromagnet wird nach kurzer Zeit eingeschaltet. Ab diesem Zeitpunkt verringert sich die Geschwindigkeit des Körpers K auf einen bestimmten Wert. Diese Geschwindigkeit behält der Körper bis zum Aufsetzen auf den Boden bei.

Erklären Sie die beschriebenen Beobachtungen ausführlich. Gehen Sie insbesondere darauf ein, warum die Aluminiumscheibe unter den Bedingungen des Versuches 2 nicht völlig abgebremst werden kann.

1.2 Ermitteln Sie die Bremskraft, die durch das eingeschaltete Magnetfeld im Versuch 2 während der gleichförmigen Rotation hervorgerufen wird. Dabei wird angenommen, dass die mittlere Bremskraft im Abstand $s = 5 \text{ cm}$ vom Drehpunkt der Scheibe angreift.

1.3 In einem weiteren Versuch mit abgeschaltetem Elektromagnet rotiert die Aluminiumscheibe nach dem Aufsetzen des Körpers K auf den Boden noch einige Sekunden nahezu gleichförmig weiter.

Ermitteln Sie die Geschwindigkeit, mit der der Körper K nach einer Fallhöhe von 1 m aufsetzt.

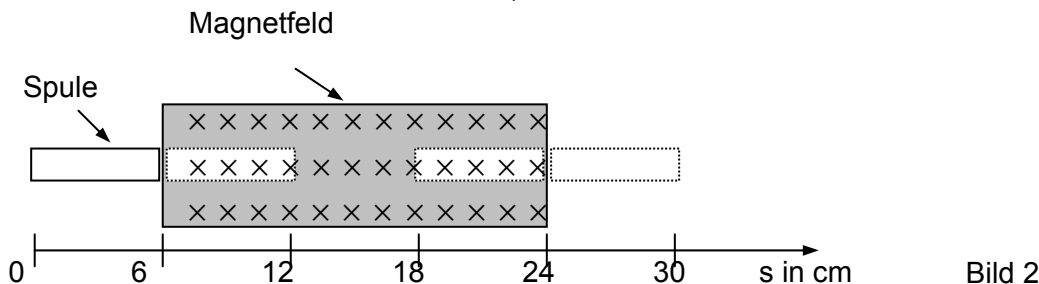
Zeichnen Sie das $\omega(t)$ -Diagramm der Rotation der Scheibe für die ersten 10 s nach dem Loslassen.

Berechnen Sie, nach welcher Zeit die Scheibe 25 Umdrehungen ausgeführt hat.

2 Geradlinige Bewegung im Magnetfeld

2.1 Eine flache, rechteckige Spule wird mit konstanter Geschwindigkeit $v = 5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ durch das scharf begrenzte, zeitlich konstante, homogene Magnetfeld mit $B = 0,2 \text{ T}$ bewegt, wobei die Magnetfeldrichtung senkrecht zur Querschnittsfläche verläuft (Bild 2).

Daten der Spule : Windungszahl $N = 1000$, Breite $a = 6 \text{ cm}$ und Höhe $b = 2 \text{ cm}$ der Querschnittsfläche, Widerstand $R = 250 \Omega$



Stellen Sie für die beschriebene Bewegung den magnetischen Fluss $\Phi(t)$ durch die Spule und die Stärke des Induktionsstromes $I(t)$ graphisch dar. Berechnen Sie die über die Reibung hinaus notwendige Zugkraft während des Induktionsvorganges, um eine gleichförmige Bewegung zu gewährleisten.

2.2 Fall einer rechteckigen Leiterschleife ABCD durch ein Magnetfeld

Bild 3 zeigt „Momentaufnahmen“ der Fallbewegung einer Leiterschleife im homogenen Magnetfeld. Die Experimentieranordnung befindet sich im Vakuum.

Erklären Sie den zu der Fallbewegung gehörenden $v(t)$ -Verlauf im darunter dargestellten Diagramm. Nutzen Sie dazu die vier Diagrammabschnitte. Berücksichtigen Sie in Ihrer Erklärung, dass die Bremskraft der Geschwindigkeit proportional ist.

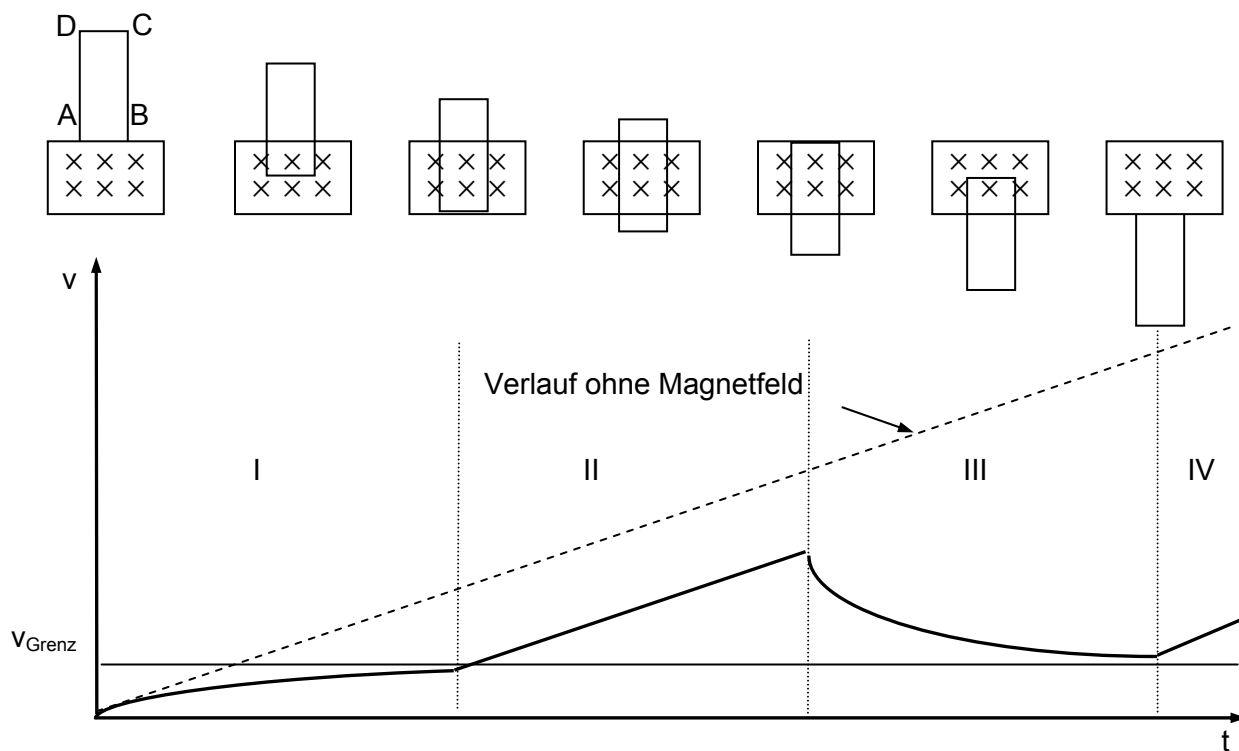


Bild 3

3 Spezifische Ladung von Elektronen

Zur experimentellen Bestimmung der geschwindigkeitsabhängigen Massenänderung von Elektronen kann die folgende Anordnung im Vakuum benutzt werden. Als Quelle dient ein β^- -Strahler, der Elektronen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit aussendet.

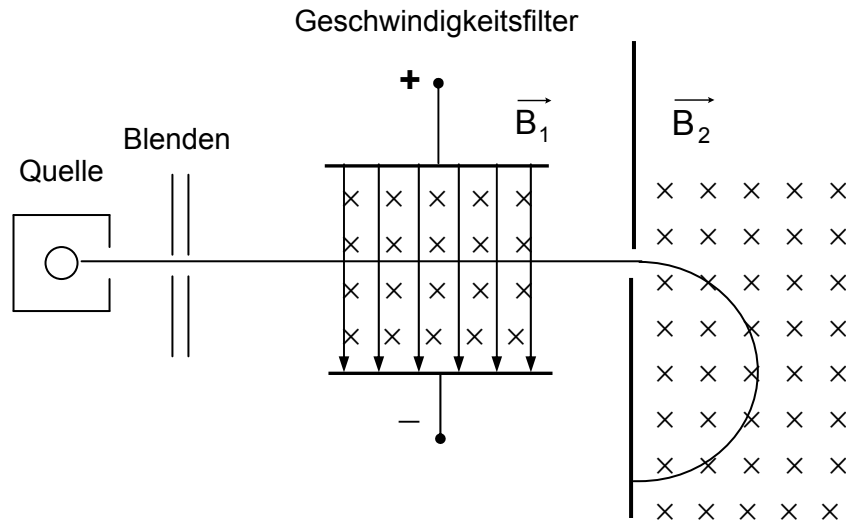


Bild 4

- 3.1 Weisen Sie nach, dass den Geschwindigkeitsfilter nur Elektronen mit einer bestimmten Geschwindigkeit geradlinig passieren können.
- 3.2 In einem Experiment passiert ein Elektronenstrahl den Geschwindigkeitsfilter bei $B_1 = 5,0 \text{ mT}$ und $E = 1,34 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ geradlinig und verläuft nach Eintritt in das zweite Magnetfeld mit $B_2 = 60 \text{ mT}$ auf einer Bahn mit dem Radius $r = 5,7 \text{ cm}$.

Leiten Sie eine Gleichung zur Berechnung der spezifischen Ladung für diese Anordnung her.

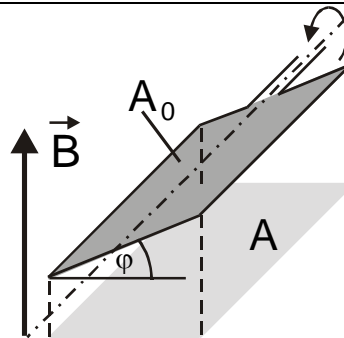
Für relativistisch bewegte Teilchen kann die spezifische Ladung wie folgt berechnet werden:

$$\frac{Q}{m} = \frac{Q}{m_0} \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad .$$

Zeigen Sie, dass die aus den Messdaten ermittelte Masse der Elektronen der relativistischen Betrachtung entspricht.

Thema 1: Induktion und Wechselstrom

	BE
Aufgabe 1	10
<p>Möglichkeit 1: $U_{\text{ind}} = -N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$ mit $B \cdot \frac{dA}{dt} = 0$ Induktion im ruhenden Leiter, der sich im veränderlichen Magnetfeld befindet</p> <p>Möglichkeit 2: $U_{\text{ind}} = -N \cdot B \cdot \frac{dA}{dt}$ mit $A \cdot \frac{dB}{dt} = 0$ Induktion im bewegten Leiter, der sich im zeitlich konstanten Magnetfeld befindet</p> <p>Beschreibung von Experimenten zu Möglichkeit 1 und 2</p>	
Aufgabe 2	18
<p>Diagramme Berechnungen mit: $U_{\text{ind}} = -B \cdot \ell \cdot v$ $U_{\text{ind}}(t)$-Diagramm für $0 \leq t \leq t_e$ $t_e = 2 \cdot \sqrt{\frac{d}{g}} \approx 0,903 \text{ s}$ $U_{\text{ind}} = \frac{1}{2} \cdot B \cdot \ell_{\text{Leiter}} \cdot g \cdot t_e$ $U_{\text{ind}} = 88,6 \text{ mV}$ $U_{\text{ind}}(s)$-Diagramm für $0 \leq s \leq d$ $m \cdot g \cdot h = \frac{m}{2} \cdot v^2$ mit $h = s \cdot \sin \alpha = \frac{s}{2}$ $v = \sqrt{g \cdot s}$ $U_{\text{ind}} = B \cdot \ell_{\text{Leiter}} \cdot \sqrt{g \cdot s}$</p>	
Aufgabe 3	6
<p>Herleitung von $U_{\text{ind}} = B \cdot A_0 \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)$</p>	



Aufgabe 4**13**

4.1	Bauelement	Gleichstromkreis	Wechselstromkreis
	Spule	Stromfluss wird nur durch Ohm'schen Widerstand begrenzt	Gesamtwiderstand nimmt mit der Frequenz zu
	Kondensator	kein Stromfluss Widerstand $\rightarrow \infty$	Kondensator wird leitend Widerstand sinkt mit wachsender Frequenz
	Ohm'scher Widerstand	Widerstand ist im Gleich- und Wechselstromkreis gleich	

4.2 $R = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}}, Z = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}}, X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}, L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi \cdot f} = 0,53 \text{ H} \quad \tan \varphi = \frac{X_L}{R} \quad \varphi = 83,1^\circ$

Aufgabe 5**23**

5.1 Lautsprecherfrequenz: $f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} = 876 \text{ Hz}$

Beschreibung und Erklärung der Tonhöhenveränderung

Induktivität der eisenlosen Spule: $L_0 = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f_0^2 \cdot C} = 15,9 \text{ mH}$

5.2 Schülerexperiment zur Resonanz im Schwingkreis mit vollständigem Protokoll

Thema 2: Energiegewinnung und Radioaktivität

	BE
Aufgabe 1	13
${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3 {}_0^1\text{n} + \text{Energie}$ <p>Kernbindungsenergie $E_B = \Delta m \cdot c^2 = 173,5 \text{ MeV}$</p> <p>Erläuterung</p>	
Aufgabe 2	22
Darstellung	
Aufgabe 3	18
<p>3.1 z. B.: $A_0 = A \cdot e^{\left(\ln 2 \cdot \frac{t}{T}\right)} = 5,92 \cdot 10^7 \text{ Bq}$</p> <p>aus $A_0 = \frac{\ln 2}{T} \cdot N$ und $\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$ folgt $m = 3,04 \cdot 10^{-13} \text{ kg}$</p> <p>Beschreibung der Wechselwirkung Begründung</p> <p>3.2 Zeichnen des I(d)-Diagramms Ermittlung der Halbwertsdicke aus dem Graphen $d_H \approx 0,6 \text{ cm}$ Berechnung von $\bar{\mu} = 1,18 \text{ cm}^{-1}$ Erklärung der Abweichung von $\bar{\mu}$ Berechnung von $I(2,5 \text{ cm}) = 34 \text{ min}^{-1}$ für $\bar{\mu}$</p>	
Aufgabe 4	17
<p>4.1 $n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$; $n = 0,143 \text{ mol}$</p> <p>Berechnung der einzelnen Zustandsgrößen Berechnung von weiteren Wertepaaren für die Isothermen und maßstabsgerechte Zeichnung des p-V-Diagramms</p> <p>4.2 Berechnung der Arbeit $W_{\text{Zyklus}} = -536 \text{ J}$ thermischer Wirkungsgrad $\eta = 0,48$ Vergleich der Prozesse Diskussion der Entropieänderung</p>	

Thema 3: Bewegungen in Magnetfeldern

		BE
Aufgabe 1		31
1.1	(1) gleichmäßig beschleunigte Bewegung, da $F_{\text{Beschl}} = \text{konst.}$ (2) gleichförmige Bewegung nach dem Abbremsen, Begründung mit Wirbelströmen, Lenz'schem Gesetz und Gleichgewicht zwischen den bremsenden und beschleunigenden Wirkungen (Drehmomenten) keine vollständige Abbremsung, da bei Stillstand keine Wirbelströme induziert werden	
1.2	$M_{\text{Beschl}} = M_{\text{Brems}}, F_{\text{Brems}} = 0,059 \text{ N}$	
1.3	$m_K \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m_K \cdot v^2 + \frac{1}{2} J \cdot \omega^2 \quad v_K = 0,28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $\omega_E = 28 \text{ s}^{-1}$ und $t_{\text{Fall}} = 7,15 \text{ s}$ $\omega(t)$ -Diagramm $2\pi \cdot n = \frac{1}{2} \alpha \cdot t_{\text{Fall}}^2 + \omega_E \cdot t_2, \quad t = t_{\text{Fall}} + t_2 = 9,19 \text{ s}$	
Aufgabe 2		27

- 2.1 $\Phi(t)$ -Diagramm
 $i_{\text{ind}}(t)$ -Diagramm
z. B. $F_{\text{Zug}} = \frac{b^2 \cdot B^2 \cdot N \cdot v}{R}$

 $F_{\text{zug}} = 3,2 \text{ mN}$
- 2.2 Erklärung, z. B.: Bei Ein- (Leiterstück \overline{AB} ist innerhalb) bzw. Austritt (Leiterstück \overline{CD} ist innerhalb) der Spule in bzw. aus dem begrenzten Magnetfeld entsteht ein Induktionsstrom und damit eine Bremswirkung.
- I Da $F_{\text{Brems}} \sim v$ ist, wächst F_{Brems} bis ein Gleichgewicht von $F_G = F_{\text{Brems}}$ und damit v_{Grenz} erreicht wird.
- II Da keine Induktion auftritt, erfolgt Fallbewegung wie ohne Magnetfeld.
- III Da $v > v_{\text{Grenz}}$ und $F_{\text{Brems}} > F_G$ ist, verringert sich v bis zur Grenzggeschwindigkeit.
- IV Da keine Induktion auftritt, erfolgt Fallbewegung wie ohne Magnetfeld.

Aufgabe 3**12**

3.1 Nachweis, z. B. mit $v = \frac{E}{B_1}$

3.2 Herleitung von $\frac{Q}{m} = \frac{E}{B_1 \cdot r \cdot B_2}$

z. B.: aus den Messdaten ergibt sich für

$$m_e = \frac{Q \cdot B_2 \cdot r \cdot B_1}{E} = 2,04 \cdot 10^{-30} \text{ kg} = \frac{m_{0e}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$