

Hinweise für die Schülerinnen und Schüler / Hilfsmittel

Aufgabenauswahl

- Von den vorliegenden Arbeiten A und B ist eine auszuwählen und vollständig zu bearbeiten. Jede Arbeit besteht aus drei Aufgaben.
- Die Aufgabe 3 ist in beiden Arbeiten gleich und daher nur bei Arbeit A aufgeführt. Es ist nur eine der Aufgaben 3.1 bis 3.4 zu bearbeiten.

Bearbeitungszeit

- Die Arbeitszeit beträgt 300 min. Zur Wahl der Aufgaben wird eine Einlesezeit von 30 min zusätzlich gewährt.

Hilfsmittel

- Experimentiergeräte gemäß Aufgabenstellung
- das für die Abiturprüfung an der Schule zugelassene Tafelwerk
- ein nichtprogrammierbarer und nichtgrafikfähiger Taschenrechner
- Zeichengeräte
- ein Duden der deutschen Rechtschreibung

Sonstiges

- Die Lösungen sind in einer sprachlich einwandfreien und mathematisch exakten Form darzustellen.
- Alle Lösungswege müssen erkennbar sein.
- Grafische Darstellungen sind auf Millimeterpapier anzufertigen.
- Entwürfe können ergänzend zur Bewertung nur herangezogen werden, wenn sie zusammenhängend konzipiert sind und die Reinschrift etwa Dreiviertel des erkennbar angestrebten Gesamtumfanges umfasst.

Arbeit A

Aufgabe 1 Mechanik

(29 BE)

1. Impulserhaltungssatz

1.1 Aus einem Jagdgewehr mit der Masse $m_1 = 3,0\text{kg}$ wird ein Geschoss der Masse $m_2 = 12\text{g}$ mit einer Geschwindigkeit von 610m/s abgeschossen.

Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit, mit der das Gewehr zurückgestoßen wird.

1.2 Eine Versuchsperson steht auf einem ruhenden Boot 1. Sie springt ab und landet auf einem danebenliegenden ruhenden Boot 2. Beide Boote können frei schwimmen.

Welche Beobachtungen sind zu erwarten? Begründen Sie Ihre Vermutung für die Systeme

Person – Boot 1 und

Person – Boot 2.

Diskutieren Sie den Einfluss der Masse der Boote auf diesen Vorgang.

2. Kinematik und Dynamik geradliniger Bewegungen

Auf einer geneigten Rollbahn (Neigungswinkel $\alpha = 15^\circ$) kann sich ein Wagen der Masse $m_1 = 0,150\text{kg}$ bewegen (Abbildung 2.1). An einem Faden, der über eine Umlenkrolle läuft, hängt ein Hakenkörper der Masse $m_2 = 0,050\text{kg}$. Dieser wird in der Startposition A freigegeben. Der zur Beschleunigung dienende Hakenkörper mit der Masse m_2 schlägt nach dem Durchlaufen der gekennzeichneten Strecke $s_1 = 0,50\text{m}$ in Position B auf den Boden auf und der Wagen rollt aufgrund der Trägheit eine Strecke s_2 bis zum Stillstand weiter.

Einflüsse durch Reibung, Bewegung der Rolle und Masse des Fadens sind zu vernachlässigen.

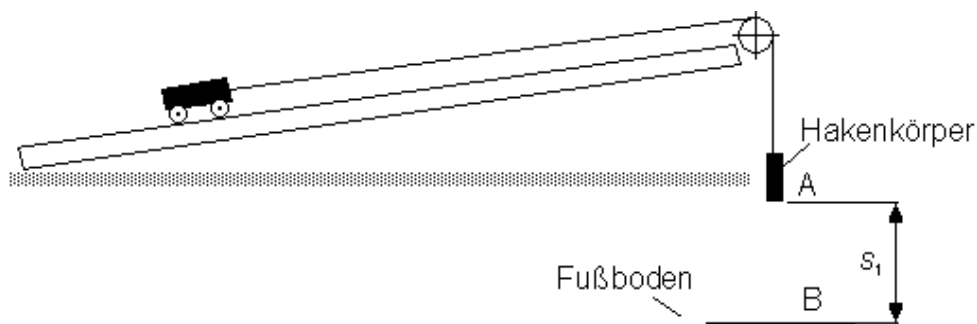


Abbildung 3.1

2.1 Eine computergestützte Messung der Geschwindigkeit liefert das nachfolgende Diagramm (Abbildung 3.1).

Geben Sie anhand der beschriebenen Versuchsanordnung und des Diagramms für jeden Bewegungsabschnitt die Bewegungsart und das $s(t)$ - sowie das $v(t)$ - Gesetz in allgemeiner Form an. Begründen Sie Ihre Entscheidungen.

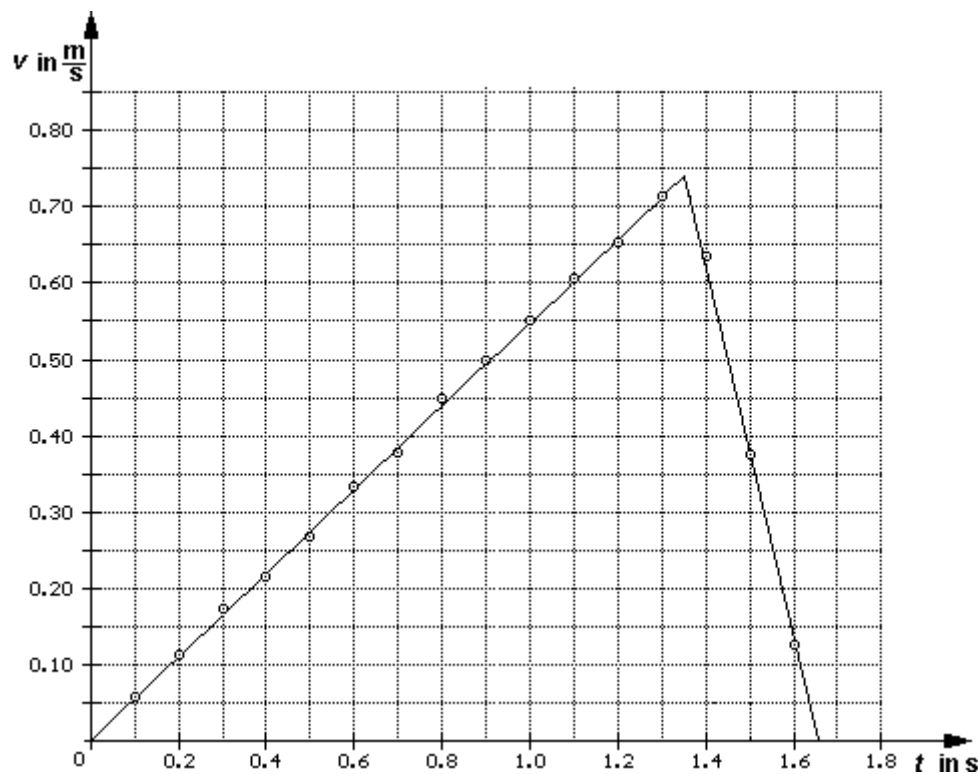


Abbildung 4.1

2.2 Zeigen Sie, dass für die Beschleunigung des Wagens im ersten Abschnitt

$$a_1 = \frac{g \cdot (m_2 - m_1 \cdot \sin \alpha)}{m_2 + m_1} \quad \text{gilt.}$$

Entwickeln Sie auch für den zweiten Abschnitt eine Gleichung für die Beschleunigung a_2 .

Berechnen Sie a_1 und a_2 .

Vergleichen Sie diese Werte mit den sich aus dem Diagramm ergebenden Beschleunigungen.

2.3 Zeichnen Sie das $a(t)$ - Diagramm und das $s(t)$ - Diagramm für die Bewegung des Wagens.

Geben Sie die Mindestlänge der Rollbahn an.

2.4 Diskutieren Sie, welche Auswirkungen jede der folgenden Veränderungen auf die Bewegung des Wagens bei sonst unveränderten Bedingungen hätte.

- Die Masse des Wagens wird verringert.
- Der Neigungswinkel der Bahn wird vergrößert.
- Es tritt eine nicht zu vernachlässigende Reibung auf.

Aufgabe 2 Wellen

(16 BE)

1. Grundlagen

Definieren Sie den Begriff Welle und geben Sie Eigenschaften von Wellen an.

2. HERTZ'sche Wellen

2.1 Ein Mikrowellensender ist entsprechend Abbildung 4.1 vor einer Metallwand aufgebaut.

Bei einer Verschiebung der Empfangsantenne senkrecht zur Metallwand werden am Strommessgerät Maxima und Minima registriert. Der Abstand zweier benachbarter Minima beträgt $\Delta x = 2,0\text{cm}$.

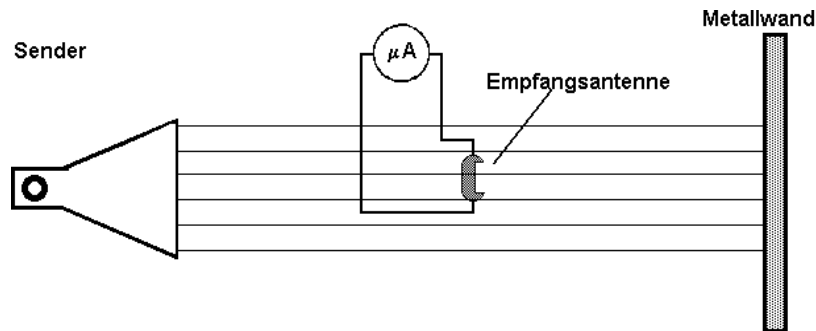


Abbildung 5.1

- Erklären Sie diese Erscheinung.
- Berechnen Sie Wellenlänge und Frequenz der vom Sender ausgestrahlten Wellen.

2.2 In einem anderen Experiment (Abbildung 4.2) wird zwischen Sender und Empfänger ein Gitter aus parallel angeordneten Metallstäben gebracht. Das Gitter wird in Pfeilrichtung um 180° gedreht. Die elektrische Feldstärke am Ort des Empfängers wird mit Hilfe eines Strommessers ermittelt.

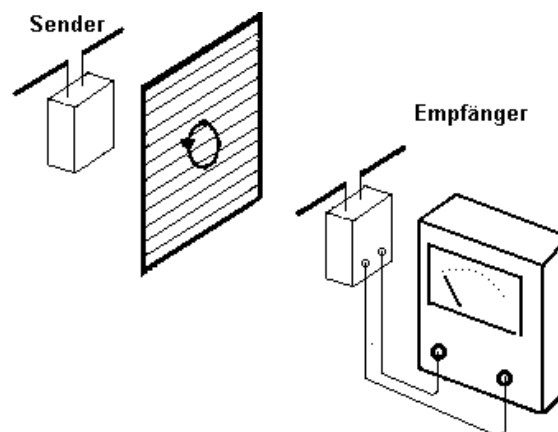


Abbildung 5.2

Begründen Sie, warum sich bei diesem Experiment die elektrische Feldstärke ändert.

Welche Eigenschaft der HERTZ'schen Wellen lässt sich aus diesem Experiment ableiten.

3. Polarisation des Lichtes

Es gibt Stoffe, die die Polarisationsebene des Lichtes drehen. Ein Stoff mit dieser Eigenschaft ist gelöster Traubenzucker. Dies nutzen die Winzer zur Bestimmung des Zuckergehaltes vom Traubensaft.

In der Abbildung 5.1 ist eine Experimentieranordnung zur Bestimmung des Drehwinkels α in Abhängigkeit von der Konzentration c dargestellt.

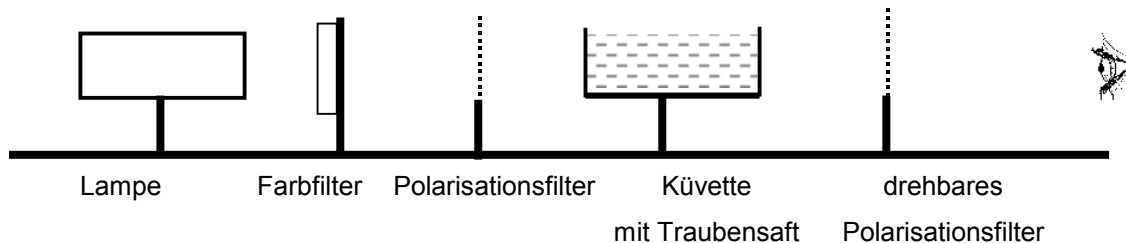


Abbildung 5.1

3.1 Welche Funktion haben die in der Abbildung 5.1 bezeichneten Bauteile der optischen Bank?

3.2 Im Experiment wird gelöster Traubenzucker untersucht. Es ergeben sich folgende Messwerte.

| | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| c in g/100 ml | 46,0 | 38,0 | 30,0 | 24,0 | 19,0 | 12,0 | 6,00 |
| α in ° | 48,0 | 40,0 | 32,0 | 25,0 | 20,0 | 12,0 | 6,00 |

- a) Stellen Sie den Zusammenhang $\alpha = f(c)$ grafisch dar, und geben Sie die spezielle Gleichung dieses Grafen an.
- b) Ermitteln Sie aus Ihrem Diagramm zur Aufgabe 3.2.a die Konzentration des Traubenzuckers, wenn der Drehwinkel mit $\alpha = 35,0^\circ$ angegeben wird und überprüfen Sie den ermittelten Wert mit Hilfe Ihrer Gleichung.

Aufgabe 3: Von den folgenden Aufgaben 3.1 bis 3.4 Seite 6 bis 9 ist eine zu bearbeiten.

Aufgabe 3.1 Atomphysik

(15 BE)

1.1 Nennen Sie die BOHR'schen Postulate.

1.2 Für das Wasserstoffatom können nach der BOHR'schen Theorie die Radien

der n-ten Bahnen gemäß $r_n = \frac{\epsilon_0 \cdot h^2}{e^2 \cdot m_e \cdot \pi} \cdot n^2$ mit $n = 1, 2, 3, \dots$ berechnet

werden.

Zeigen Sie, wie sich daraus $r_n = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m} \cdot n^2$ ergibt.

1.3 Dem Elektron ist auf den BOHR'schen Bahnen des Wasserstoffatoms die Energie

$$E_n = -13,6 \text{ eV} \cdot \frac{1}{n^2} \quad \text{mit } n = 1, 2, 3, \dots \text{ zugeordnet.}$$

Erläutern Sie kurz einen experimentellen Beleg für die Existenz diskreter Energiezustände in der Atomhülle.

1.4 Aus der diskreten Energie der Elektronen kann auf eine bestimmte Bahngeschwindigkeit geschlossen werden. Darüber hinaus lassen sich aus Bahnradien Ortsangaben für das Elektron ableiten.

Begründen Sie, dass eine gleichzeitige, beliebig genaue Angabe von Ort und Geschwindigkeit für ein Elektron im Widerspruch zu heutigen Auffassungen über die Eigenschaften von Mikroobjekten steht.

1.5 Beschreiben Sie kurz eine moderne Vorstellung über die Struktur der Atomhülle.

2. Bereits 1935 wurde von YUKAWA ein Teilchen vorausgesagt, das in allen seinen Eigenschaften dem Elektron gleicht, nur sollte seine Ruhemasse wesentlich größer sein. Diese Myonen konnten später in der Natur nachgewiesen und auch in Beschleunigern künstlich erzeugt werden. Für deren Masse gilt $m_\mu = 207 m_e$. Beim Eindringen in Materie werden sie schnell abgebremst und können, wenn sie hinreichend energiearm sind, z. B. von Protonen eingefangen werden. Ein Proton und ein Myon bilden dann ein Zweiteilchensystem, ein sogenanntes Myon-Wasserstoff-Atom, auf das die BOHR'sche Theorie angewendet werden kann.

2.1 Zeigen Sie, dass sich im Grundzustand die Volumina eines Myon-Wasserstoff-Atoms und eines Wasserstoff-Atoms etwa wie $1 : 10^7$ verhalten.

2.2 Für die Energieniveaus des Myon-Wasserstoff-Atoms gilt

$$E_n = -2,81 \text{ keV} \cdot \frac{1}{n^2} \quad \text{mit } n = 1, 2, 3, \dots$$

Geben Sie die Ionisationsenergie eines solchen Atoms an.

Aufgabe 3.2 Kernphysik

(15 BE)

1. Erläutern Sie das in Abbildung 7.1 dargestellte Energieniveauschema. Begründen Sie, dass die angegebenen Energiewerte für den β^- -Zerfall Maximalwerte darstellen. Stellen Sie für einen β^- -Zerfall die Zerfallsgleichung auf.

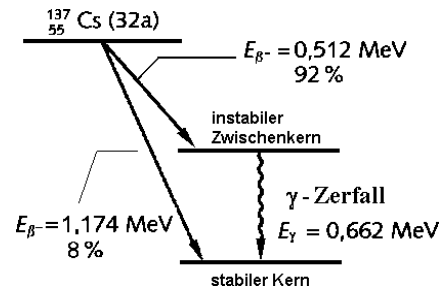


Abbildung 7.1

2. Der Cäsium-Strahler wird so abgeschirmt, dass nur ein schmales Strahlenbündel für experimentelle Untersuchungen zur Verfügung steht. Erläutern Sie, wie man mit der nebenstehenden Versuchsanordnung (Abbildung 7.2) nachweisen kann, dass der Cäsium-Strahler β^- - und γ -Strahlung aussendet.

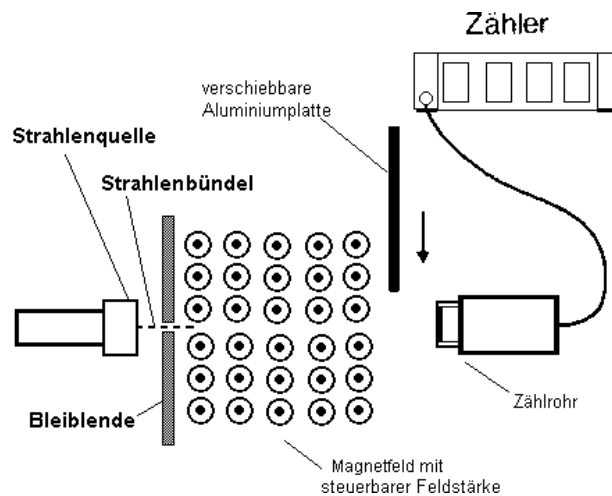


Abbildung 8.2

3. Die nachfolgende Tabelle enthält eine Messreihe zur Untersuchung der Halbwertszeit von Ba-137. In aufeinander folgenden Zeitintervallen wird für jeweils 30s die Impulsanzahl registriert. Für den Nulleffekt werden im Mittel 28 Impulse in einer Minute gemessen.

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Zeit t in s | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 |
| Impulsanzahl N | 1075 | 940 | 830 | 723 | 640 | 562 | 490 | 430 | 380 | 340 | 305 | 260 | 230 |

- 3.1 Stellen Sie die Messwerte in einem geeigneten Diagramm dar.
- 3.2 Ermitteln Sie einen Näherungswert für die Halbwertszeit von Ba-137. Nutzen Sie dabei die Möglichkeit der Mittelwertbildung zur Erhöhung der Genauigkeit.
- 3.3 Berechnen Sie mit dem Näherungswert für die in 3.2 ermittelte Halbwertszeit die Impulsanzahl in 30s, die unter den gegebenen Bedingungen theoretisch zwischen 570s und 600s nach Beginn der Messung registriert werden würde.

Aufgabe 3.3 Thermodynamik

(15 BE)

Energieeinsparung bedeutet Kostensenkung und Umweltschutz. Deshalb ist es z. B. sinnvoll, die in Milchviehanlagen beim Kühlen der Milch anfallende Abwärme über Wärmeaustauscher und Wärmepumpe zur Erwärmung von Brauchwasser zu nutzen.

1. Eine solche Wärmepumpe soll nach der Umkehrung des STIRLING-Prozesses arbeiten. Dabei durchläuft das Arbeitsmedium wie in Abbildung 8.1 dargestellt nacheinander vier Zustandsänderungen in Pfeilrichtung.

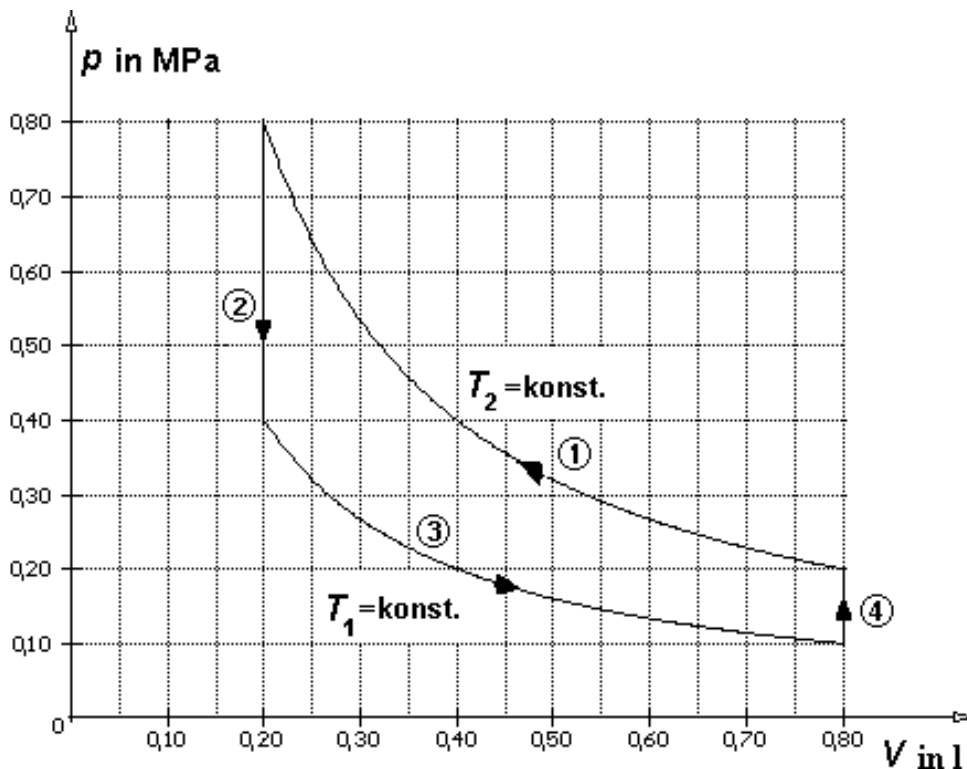


Abbildung 9.1

- 1.1 Benennen Sie die vier Zustandsänderungen.
Geben Sie an, wie die Zustandsgrößen sich ändern, und machen Sie Aussagen zu den Prozessgrößen.
- 1.2 Bei welchen der vier Prozesse nimmt das Arbeitsmedium Wärme aus der Milch auf und bei welchen der Prozesse gibt es Wärme an das Brauchwasser ab?
Berechnen Sie die Wärme für die erste und dritte Zustandsänderung.
Ermitteln Sie die von der Wärmepumpe bei einem Umlauf zu verrichtende mechanische Arbeit.
2. In einem Stall mit 180 Kühen fallen täglich ca. 4200kg Milch an, die von 38°C auf 6°C abgekühlt werden müssen. Die spezifische Wärmekapazität der Milch beträgt 95% der des Wassers.
Die zum Kühlen verwendete Wärmepumpe mit der Leistung $P = 2,4\text{ kW}$ ist täglich fünf Stunden in Betrieb.
Wie viel Brauchwasser lässt sich im Idealfall mit dieser Anlage von 18°C auf 50°C erwärmen?

Aufgabe 3.4 Spezielle Relativitätstheorie und Quantenphysik

(15 BE)

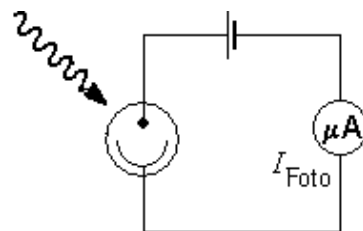
1. Eine Folgerung aus der Speziellen Relativitätstheorie ist die Zeitdilatation, deren experimentelle Bestätigung auch durch Messung an schnellen Myonen erfolgte. Myonen sind instabile Elementarteilchen, die mit einer Halbwertszeit von $1,52\mu\text{s}$ zerfallen. Diese Zeit kann als Uhrentakt im Eigensystem S' der bewegten Myonen angenommen werden.
 In einem Gedankenexperiment soll ein Beschleuniger kontinuierlich Myonen mit der Geschwindigkeit $v = 0,9994c$ ins Vakuum liefern. Die relative Myonenanzahl wird entlang einer Messstrecke im Laborsystem S registriert.

1.1 Zeigen Sie, dass aus klassischer Sicht folgende Messwerte zu erwarten wären.

| | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|------|
| Messort x in m | 0 | 456 | 911 | 1370 |
| Myonenanzahl N in % | 100 | 50 | 25 | 12,5 |

- 1.2 Berücksichtigt man die Ergebnisse realer Messungen in diesem Gedankenexperiment, hätte sich die Myonenanzahl jedoch erst in einer Entfernung $x = 13,16\text{km}$ vom Beschleuniger auf die Hälfte verringert.
 a) Weisen Sie nach, dass sich dieser Wert über eine Rechnung mit einem relativistischen Ansatz bestätigen lässt.
 b) Berechnen Sie die Halbwertszeit der Myonen im Laborsystem S .

2. Im nebenstehenden Experiment (Abbildung 9.1) wird eine Fozozelle mit dem spektral zerlegten Licht einer Quecksilberdampfampe beleuchtet. Das Katodenmaterial ist Barium ($W_A = 2,52\text{eV}$).



Das Auslösen von Elektronen wird durch das Messen eines Fotostromes nachgewiesen.

Abbildung 10.1

- 2.1 Die Fozozelle wird zunächst mit ultraviolettem Licht bestrahlt.
 a) Beschreiben Sie die am Strommesser zu erwartende Beobachtung und erklären Sie diese mit der Fotonenhypothese.
 b) Erläutern Sie, welchen Einfluss der Abstand von Lichtquelle und Fozozelle auf die Anzahl der Fozoelektronen und auf deren kinetische Energie hat.
- 2.2 Die Fozozelle wird nacheinander mit dem einfarbigen Licht jeder Wellenlänge aus dem Spektrum der Quecksilberdampfampe bestrahlt. Die sichtbaren Linien im Spektrum der Quecksilberdampfampe sind mit den entsprechenden Farben in nachstehender Tabelle aufgeführt.

| | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|---------|
| Wellenlänge λ in nm | 578,0 | 546,0 | 435,0 | 404,6 |
| Farbe | gelb | grün | blau | violett |

Bei welchen Lichtfarben wird ein Fotostrom registriert. Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Arbeit B

Aufgabe 1 Das magnetische Feld

(26 BE)

1. Erläutern Sie den Begriff magnetisches Feld und nennen Sie Eigenschaften des Feldlinienmodells.
2. Für die magnetische Flussdichte im Abstand r von einem langen, geraden, stromdurchflossenen Leiter, durch den der Strom I fließt, gilt die Beziehung

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

- 2.1 Zeichnen Sie für einen geraden Leiter, durch den ein Strom von $I = 2\text{A}$ fließt, ein $B(r)$ -Diagramm im Intervall $0 < r \leq 0,1\text{m}$. Berechnen Sie dafür mindestens 5 Wertepaare.
- 2.2 Skizzieren Sie ein Feldlinienbild in einer Ebene senkrecht zu den Leitern
 - a) für einen geraden stromdurchflossenen Leiter,
 - b) für zwei parallele stromdurchflossene Leiter bei gleicher Stromrichtung.
- 2.3 Berechnen Sie die Kraft zwischen zwei parallelen stromdurchflossenen Leitern ($I = 1\text{A}$) der Länge $l = 1\text{m}$ im Abstand $r = 1\text{m}$.

3. Eine zunächst stromlose Leiterschleife ist über eine isolierende Aufhängung an einem Kraftsensor mit einer empfindlich reagierenden Anzeige - hier symbolisch als Federkraftmesser dargestellt - befestigt. Sie wird in das homogene magnetische Feld ($B = 0,030\text{T}$) eines HELMHOLTZ-Spulenpaares gehängt (Vgl. Abbildung 10.1).

- 3.1 Machen Sie eine Aussage über die Änderung der Anzeige des Federkraftmessers, wenn ein Strom für die in der Abbildung 10.1 angegebene Polung der Spannungsquelle eingeschaltet wird. Begründen Sie Ihre Aussage. Gehen Sie dabei auf die Kräfte ein, die im magnetischen Feld auf die drei Leiterabschnitte wirken.

- 3.2 Berechnen Sie die vom Federkraftmesser angezeigte Kraftänderung, wenn ein Strom von $I = 10\text{A}$ durch die Leiterschleife fließt.

- 3.3 Der Strom bleibt eingeschaltet, die Leiterschleife wird, wie in der Zeichnung angedeutet, um 180° gedreht. Beschreiben Sie kurz die während dieser Drehung zu erwartende Beobachtung und erklären Sie diese.

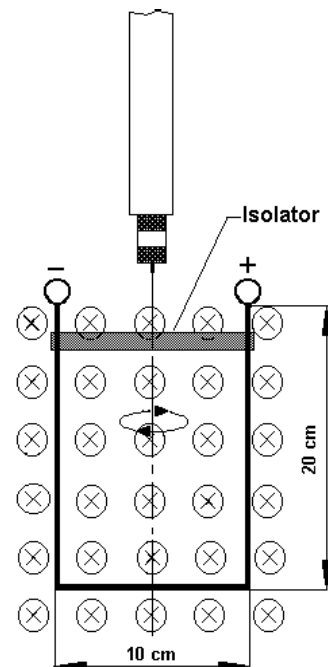


Abbildung 11.1

- 3.4 Die magnetische Flussdichte B des Magnetfeldes der Erde kann bei bekanntem Inklinationswinkel φ (in Mecklenburg-Vorpommern: $\varphi \approx 70^\circ$) über eine Bestimmung der Horizontalkomponente B_H gemäß Abbildung 11.1 ermittelt werden.

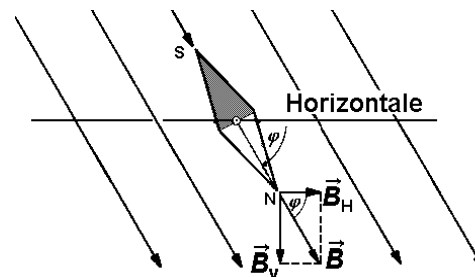


Abbildung 12.1

Dazu wird in einer horizontal, senkrecht zur Nord-Süd-Richtung ausgerichteten langen Spule ($N = 60$ Windungen, Länge $l = 25\text{cm}$) der Spulenstrom I solange vergrößert, bis die Horizontalkomponente B_H des Magnetfeldes der Erde und magnetische Flussdichte B_{Sp} im Innern der Spule betragsmäßig übereinstimmen (Abbildung 11.2).

Bei der Stromstärke $I = 34\text{mA}$ wird die Magnetnadel in der Spule um 45° aus der Nord-Süd-Richtung abgelenkt.

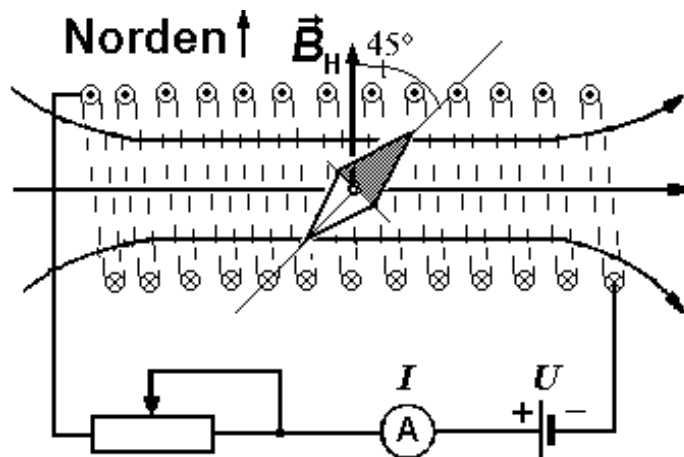


Abbildung 12.2

Berechnen Sie die magnetische Flussdichte B des Magnetfeldes der Erde.

Aufgabe 2 Vertikaler Federschwinger (mit Schülerexperiment)

(19 BE)

1. Vorbetrachtung

- 1.1 Erläutern Sie, was man unter mechanischen Schwingungen versteht. Definieren Sie den Begriff harmonische Schwingung.
- 1.2 Begründen Sie kurz, dass ein vertikaler Federschwinger harmonische Schwingungen ausführt.

2. Experiment

Hierzu stehen Ihnen ein Stativ, ein Hakenkörper, eine Stoppuhr und zwei gleichartige Federn mit **vorgegebener** Federkonstante zur Verfügung. Es werden die folgenden Federschwinger betrachtet:

Beim **Schwinger Nr. 1** wird der Hakenkörper an eine der beiden Federn gehängt.

Beim **Schwinger Nr. 2** werden beide Federn hintereinander und an diese dann der Hakenkörper gehängt.

Beim **Schwinger Nr. 3** befindet sich der Hakenkörper zwischen den beiden Federn, die oben bzw. unten im Stativ eingespannt sind. Hierbei ist beim Spannen der Federn darauf zu achten, dass in der Gleichgewichtslage die Dehnung der unteren Feder etwas größer als die Amplitude der später zu untersuchenden Schwingung sein muss.

- 2.1 Bestimmen Sie für jeden der drei Schwinger möglichst genau die Periodendauer T_1 , T_2 bzw. T_3 . Protokollieren Sie Ihre Messungen.

- 2.2 Berechnen Sie die Periodendauer des Schwingers Nr. 1 und vergleichen Sie mit dem Messergebnis. Begründen Sie eine mögliche Abweichung.

- 2.3 Die Periodendauer der Schwingung für den Schwinger Nr. 2 kann man mit der

Gleichung $T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{2m}{D_1}}$ berechnen.

Überprüfen Sie Ihren Messwert.

Leiten Sie die Gleichung zur Berechnung der Periodendauer T_2 her.

- 2.4 Berechnen Sie aus den experimentellen Daten die Federkonstante D_3 des Schwingers Nr. 3.

Geben Sie den vermutlichen Zusammenhang zwischen D_3 und der vorgegebenen Federkonstante D_1 an.

Aufgabe 3: Von den Aufgaben 3.1 bis 3.4 Seite 6 bis 9 ist eine zu bearbeiten.