Mecklenburg-Vorpommern

Zentralabitur 2005

Physik

Leistungskurs

Aufgaben

Hinweise für die Schülerinnen und Schüler / Hilfsmittel

Aufgabenauswahl

- Die Prüfungsarbeit besteht aus einem Pflichtteil und einem Wahlteil.
- Die Pflichtaufgabe P ist vollständig zu bearbeiten.
- Weiterhin sind zwei Wahlaufgaben vollständig zu bearbeiten. Das betrifft von den Wahlaufgaben A entweder die Aufgabe A1 oder A2 **und** von den Wahlaufgaben B entweder die Aufgabe B1 oder B2.

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 für die Abiturprüfung an der Schule zugelassener Taschenrechner
- Zeichengeräte
- ein Wörterbuch der deutschen Rechtschreibung

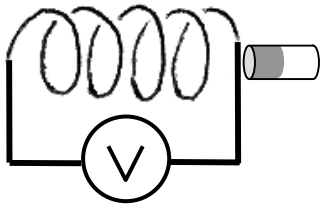
Sonstiges

- 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 drei Viertel des erkennbar angestrebten Gesamtumfanges umfasst.

Pflichtaufgaben (30 BE)

Aufgabe P1 Elektromagnetische Induktion 15 BE

1. Die nebenstehende Experimentieranordnung besteht aus einer Spule, an die ein Spannungsmesser (Zeiger in Mittelpunktlage) angeschlossen ist, und einem Dauermagneten.



   a) Der Magnet wird mit konstanter Geschwindigkeit durch die Spule hindurch bewegt.
   Beschreiben Sie die zu erwartende Beobachtung.
   Geben Sie eine Erklärung.
   b) Die Anordnung wird nun senkrecht gestellt. Der Stabmagnet fällt durch die Spule.
   Entscheiden Sie, welches der nachfolgenden Diagramme den zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung am Besten widerspiegelt.
   Begründen Sie Ihre Entscheidung.

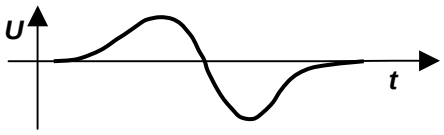


Diagramm 1

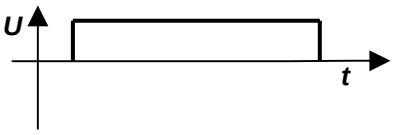


Diagramm 2

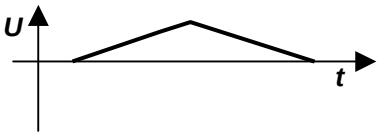
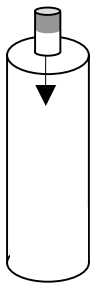


Diagramm 3

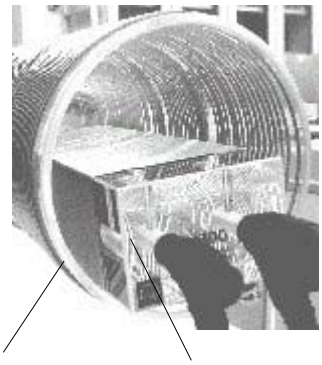
2. Ein kleiner Stabmagnet fällt einmal durch ein Glasrohr und einmal durch ein Kupferrohr. Beide Rohre haben den gleichen Innendurchmesser und die gleiche Länge (l = 1,6 m). Für das Durchfallen des Glasrohres wird die Zeit t_1 = 0,58 s benötigt. Für das Kupferrohr beträgt diese Zeit t_2 = 1,33 s. Vereinfachend wird vorausgesetzt, dass der Magnet jeweils mit v_0 = 0 in das Rohr eintritt.



   a) Erklären Sie das Zustandekommen der unterschiedlichen Zeiten.
   b) Berechnen Sie die durchschnittliche Beschleunigung, die der Magnet im Kupferrohr erfährt.

3. In einer Spule 1 (l = 20 cm; d = 10 cm; N_1 = 100) befindet sich eine Kastenspule 2 (a = 2,5 cm; b = 5,0 cm; N_2 = 500). Die Spule 1 soll vereinfachend als lange Spule betrachtet werden. Durch die Spule 1 fließt ein Strom, der sich in jeweils 0,1 s um 0,25 A kontinuierlich erhöht.

   a) Begründen Sie, warum bei diesem Vorgang die in Spule 2 induzierte Spannung konstant ist.
   b) Berechnen Sie die in Spule 2 induzierte Spannung.



Aufgabe P2 Elektromagnetische und mechanische Schwingungen 15 BE

Schwingungen treten bei mechanischen Vorgängen an einem Pendel oder an einem Federschwinger aber auch bei elektromagnetischen Vorgängen im Zusammenhang mit der Erzeugung HERTZscher Wellen auf.

1. Ein geschlossener Schwingkreis erzeugt nach einmaligem Aufladen des Kondensators eine gedämpfte elektromagnetische Schwingung.

   a) Beschreiben Sie die Vorgänge im geschlossenen Schwingkreis aus energetischer Sicht.
   b) Ein geschlossener Schwingkreis soll eine Schwingung mit der Frequenz f = 750 kHz erzeugen. Es steht eine Spule der Induktivität L = 60 µH zur Verfügung.
   Berechnen Sie die erforderliche Kapazität des Kondensators.

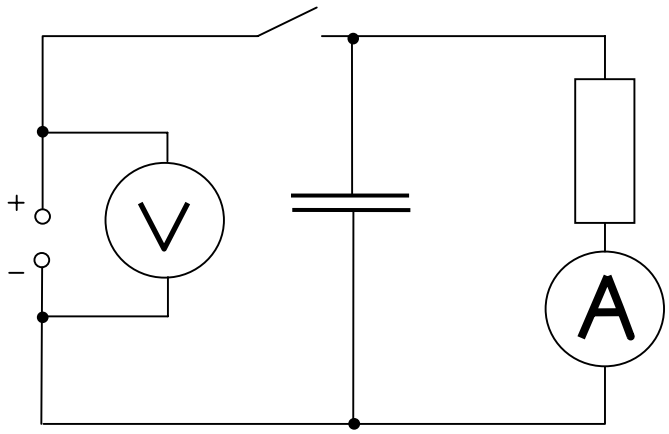
2. Eine Feder wird mit einem Hakenkörper der Masse m = 10 g belastet. Aufgrund dieser Belastung dehnt sich die Feder um 4,0 cm. Das so entstandene Feder-Schwere-Pendel wird zu Schwingungen mit der Amplitude $\hat{y}$ = 3,5 cm angeregt. Es gilt ein lineares Kraftgesetz.

   a) Die Schwingung wird als reibungsfrei angenommen. Sie soll allgemein durch die Gleichung $y(t) = \hat{y} \cdot \cos(\frac{2\pi}{T} \cdot t)$ mathematisch beschrieben werden.
   Geben Sie die konkrete Schwingungsgleichung an.
   Stellen Sie die Schwingung für 3 Perioden in einem geeigneten Diagramm dar.
   b) Die Schwingung soll jetzt nicht mehr als reibungsfrei betrachtet werden. Beim obigen Feder-Schwere-Pendel nimmt die Amplitude nach der Gleichung $\hat{y}_k = \hat{y}_0 \cdot e^{-\delta \cdot k \cdot T}$ mit $\hat{y}_0$ = 3,5 cm, δ = 0,52 s^{-1} und k = 0, 1, 2, 3... ab.
   Geben Sie die Amplituden für k = 0, 1, 2, 3 an.
   Zeichnen Sie in die grafische Darstellung zu Teilaufgabe 2.a auch den zeitlichen Verlauf dieser Schwingung ein.

Wahlaufgabe A **(je 15 BE)**
Es ist eine der Aufgaben A1 oder A2 zu lösen.

Aufgabe A1 Schülerexperiment zum Kondensator

In einem Schülerexperiment soll der zeitliche Verlauf der Stromstärke bei der Entladung eines Kondensators untersucht werden. Der nachfolgende Schaltplan zeigt die Schaltung, die Ihnen am Experimentierplatz zur Verfügung gestellt wird.



1. Vorüberlegung

   Beschreiben Sie die Vorgänge im Stromkreis, die beim Schließen und Öffnen des Schalters ablaufen.

2. Durchführung des Experiments

   Laden Sie den Kondensator auf die am Arbeitsplatz vorgegebene Spannung (Ladespannung) auf. Entladen Sie den Kondensator. Messen Sie während des Entladevorgangs für mindestens fünf Zeitpunkte die Stromstärke.
   Protokollieren Sie Ihre Messwerte sowie die Werte für die Ladespannung und den Entladewiderstand *R*.

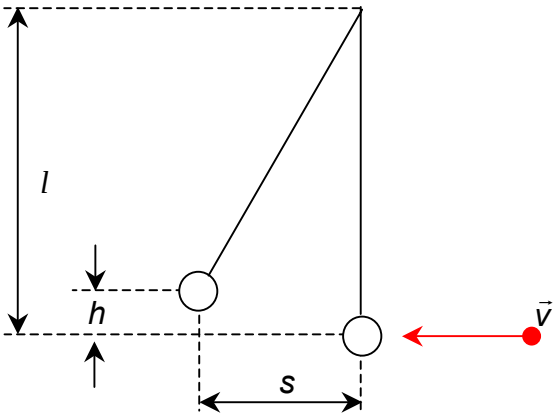
3. Auswertung des Experiments

   a) Stellen Sie die Messergebnisse in einem $I(t)$-Diagramm dar.
   b) Die Zeitkonstante $\tau = R \cdot C$ gibt den Zeitpunkt an, zu dem die Stromstärke auf den e-ten Teil des Anfangswertes, also $\frac{I_0}{\mathrm{e}}$, abgefallen ist.

      Leiten Sie diese Aussage aus der Gleichung $I(t) = I_0 \cdot \mathrm{e}^{\frac{-t}{R \cdot C}}$ her.
   c) Bestimmen Sie grafisch die Zeitkonstante τ.
   d) Ermitteln Sie die Kapazität *C* des Kondensators.

Aufgabe A2 Ballistisches Pendel

Es soll die Geschwindigkeit einer Luftgewehrkugel der Masse *m* bestimmt werden. Dazu wird die Kugel zentral in den Pendelkörper eines Fadenpendels geschossen (vgl. nachfolgende Abbildung). Die Kugel bleibt im Pendelkörper stecken und erzeugt eine harmonische Schwingung mit der Amplitude *s*.
Um die Genauigkeit der Messungen zu erhöhen wird mehrfach geschossen und jeweils die Amplitude gemessen. Nach jeder Messung wird die Luftgewehrkugel aus dem Pendelkörper entfernt.



- Masse einer Luftgewehrkugel: m = 0,5 g
- Masse des Pendelkörpers mit Luftgewehrkugel: M = 420,0 g
- Länge des Pendels: l = 970 mm

Messwerte:

Messung	1	2	3	4	5
s in cm	6,7	7,2	6,8	6,6	6,7

1. Um welche Art von Stoß handelt es sich bei diesem Vorgang?

2. Entscheiden Sie, welche Erhaltungssätze auf den im Einführungstext beschriebenen Vorgang angewendet werden können. Teilen Sie dazu den Vorgang in zwei geeignete Abschnitte ein.
   Begründen Sie Ihre Aussagen.
   Formulieren Sie die in Frage kommenden Erhaltungssätze in Worten.

3. Zwischen der Geschossgeschwindigkeit *v* und der maximalen Höhe *h* des Pendelkörpers gilt die Beziehung $v = \frac{M}{m} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$.
   Leiten Sie diese Gleichung her.

4. Berechnen Sie aus den in der Tabelle angegebenen Werten den Mittelwert für die maximale Höhe des Pendelkörpers.
   Bestimmen Sie daraus die Geschossgeschwindigkeit *v* und die maximale Geschwindigkeit des Pendelkörpers.

Wahlaufgabe B **(je 15 BE)**
Es ist eine der Aufgaben B1 oder B2 zu lösen.

Aufgabe B1 Aus der Quantentheorie

1. Photonen kann über die Beziehung $m = \frac{h \cdot f}{c^2}$ eine Masse zugeordnet werden.

   a) Leiten Sie diese Beziehung her.

   b) Photonen besitzen keine Ruhemasse. In der angegebenen Gleichung wird den Photonen jedoch eine Masse zugeordnet.
   Äußern Sie sich kurz zu diesem scheinbaren Widerspruch.

2. Aus einer fiktiven Laserpistole der Masse m = 1000 g wird innerhalb sehr kurzer Zeit ein Laserblitz der Gesamtenergie E = 100 J abgefeuert. Die Wellenlänge der Laserstrahlung beträgt λ = 638 nm.

   a) Erklären Sie den Rückstoß der Pistole beim Aussenden des Laserblitzes.

   b) Berechnen Sie die Anzahl der emittierten Photonen.

3. Die HEISENBERGsche Unschärferelation beschreibt Besonderheiten des Verhaltens von Mikroobjekten.

   a) Die HEISENBERGsche Unschärferelation lässt sich in der Form $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{2 \cdot \pi}$ schreiben.
   Interpretieren Sie diese Gleichung.

   b) Ein Größenpaar Energie-Zeit besitzt ebenfalls die Dimension einer Wirkung.
   Die HEISENBERGsche Unschärferelation besitzt für dieses Größenpaar die Form $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2 \cdot \pi}$.
   Entwickeln Sie davon ausgehend für ein Größenpaar Frequenz-Zeit die Unschärferelation $\Delta f \cdot \Delta t \geq \frac{1}{2 \cdot \pi}$.

   c) Die Leuchtdauer emittierender Atome beträgt etwa 10^{-8} s. Eine Spektrallinie kann deshalb auch nicht scharf sein, da die zeitliche Unschärfe 10^{-8} s beträgt.

   Berechnen Sie die Unschärfe Δf, mit der die Frequenz prinzipiell behaftet ist.
   Entscheiden Sie durch eine Berechnung des relativen Fehlers, ob sich die berechnete Unschärfe bei der Wellenlängenmessung der H_α-Linie (λ = 656 nm) von Wasserstoff bemerkbar macht.

Aufgabe B2 Atommodelle

1. Das BOHRsche Atommodell hat heute nur noch historischen Wert. Ein klassischer mechanischer Ansatz und die Postulierung von Quantenbedingungen führten zu Gleichungen, mit denen sich die Energiestufen E_n des Wasserstoffatoms und Radien r_n der Elektronenhülle berechnen lassen.

$$r_n = \frac{h^2 \cdot \varepsilon_0}{e^2 \cdot \pi \cdot m_e} \cdot n^2 \quad E_n = -\frac{e^4 \cdot m_e}{8 \cdot \varepsilon_0{}^2 \cdot h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \qquad \text{für } n = 1, 2, 3\ldots$$

   a) Erläutern Sie kurz den mechanischen Ansatz, der diesen Gleichungen zugrunde liegt.
   b) Berechnen Sie für das Wasserstoffatom im Grundzustand (n = 1) den so genannten BOHRschen Radius r_1 und die zugehörige Energie des Elektrons.

2. Ein Elektron, das in einem linearen Potenzialtopf vom Durchmesser L mit unendlich hohen Wänden eingeschlossen ist, stellt ein einfaches quantenphysikalisches Modell für das Wasserstoffatom dar.

   Nennen Sie die Eigenschaften dieses Modells im Hinblick auf die Energie des Elektrons.

3. Im linearen Potenzialtopf kann eine Wahrscheinlichkeitswelle nur als stehende Welle existieren.
   a) Zeichnen Sie die Wellenfunktion ψ_n im linearen Potenzialtopf jeweils für n = 1, 2.
   b) Eine grafische Veranschaulichung der sich aus der Wellenfunktion ψ_n ergebenden Wahrscheinlichkeitsdichte $|\psi_n|^2$ liefert für n = 2 das folgende Bild.

   Interpretieren Sie diese Darstellung.

4. Das Wasserstoffatom wird durch das Modell linearer Potenzialtopf mit dem Durchmesser L idealisiert. Für die möglichen Gesamtenergien des Elektrons, d.h. die jeweiligen Eigenwerte im linearen Potenzialtopf, gilt hier die Beziehung

$$E_n = \frac{n^2 \cdot h^2}{8 \cdot m_e \cdot L^2} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots).$$

   Als Eigenwert für n = 1 soll die Energie des Elektrons E_1 = 13,6 eV (Vorzeichen bleibt unberücksichtigt) im Grundzustand zugrundegelegt werden.

   Berechnen Sie den Durchmesser des linearen Potenzialtopfes in diesem Modell. Interpretieren Sie das Ergebnis mit Bezug auf einen Vergleich mit der bekannten Größenordnung für den Atomdurchmesser von $1 \cdot 10^{-10}$ m.