

Fach: Physik

Prüfungsart: 1./2. Prüfungsfach

Dauer: 5 Stunden

Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner

Die Aufgaben umfassen 4 Seiten

Hinweis: Die Zahlenwerte benötigter Konstanten sind nach der Aufgabe III zusammengefasst.**Aufgabe 1**

- 1 Ein Federpendel besteht aus einer „masselosen“ Schraubenfeder und einer Kugel der Masse  $m = 80 \text{ g}$ . An diese Kugel wird mit einem „masselosen“ Faden eine zweite Kugel mit der Masse  $m^* = 8 \text{ g}$  angehängt.

Nachdem das System in Ruhe ist, wird der Verbindungsfaden zur zweiten Kugel zum Zeitpunkt  $t = 0 \text{ s}$  durchgebrannt; das Federpendel beginnt dann ungedämpft zu schwingen.

Beim Durchschwingen durch die Ruhelage hat die Kugel eine Geschwindigkeit vom Betrag  $62 \text{ mm/s}$ . Auslenkungen über die Gleichgewichtslage nach oben werden positiv gezählt.

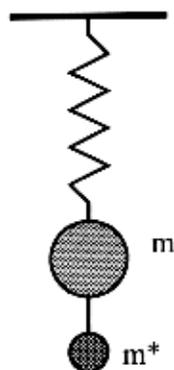


Abb. 1

- 1.1 Zeigen Sie, dass die Federkonstante  $D = 20 \text{ N/m}$ , die Amplitude  $s_m = 4 \text{ mm}$  und die Frequenz  $f = 2,5 \text{ Hz}$  betragen.
  - 1.2 Geben sie die drei Bewegungsgesetze für Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung für diese Bewegung an.
  - 1.3 Berechnen Sie die Beschleunigung des Pendelkörpers, wenn er - vom oberen Umkehrpunkt kommend - von der Gleichgewichtslage  $2 \text{ mm}$  entfernt ist. In welche Richtung (nach oben oder unten) wirkt die Beschleunigung?
  - 1.4 Beschreiben Sie in Worten Betrag und Richtung der Beschleunigung in den beiden Umkehrpunkten und in der Gleichgewichtslage.
- 2 Zwei sich auf der  $x$ -Achse entgegenlaufende Wellen überlagern sich zu einer stehenden Welle mit der Gleichung
- $$s(x,t) = 2 \text{ cm} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2 \text{ cm}} x\right) \cdot \sin\left(\frac{4\pi}{s} t\right)$$
- 2.1 Erläutern Sie die drei Terme auf der rechten Seite der Gleichung.
  - 2.2 Bestimmen Sie die Amplitude, Wellenlänge, Frequenz und die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der sich überlagernden Wellen.
  - 2.3 Berechnen Sie die Stellen, an denen die stehende Welle zu jeder Zeit die Elongation Null hat. Wie heißen diese Stellen?
  - 2.4 Berechnen Sie die Amplitude des schwingenden Teilchens an der Stelle  $x = 12 \text{ cm}$ . Wie nennt man eine solche Stelle der stehenden Welle?
  - 2.5 Beschreiben Sie das Momentanbild der Welle zum Zeitpunkt der halben Schwingungsdauer.

- 3 Zwei kleine metallisch leitende Kugeln von je  $m = 5 \text{ g}$  sind jeweils an einem Faden („masselos“, isolierend) der Länge  $s = 20 \text{ cm}$  befestigt. Sie berühren sich zunächst im ungeladenen Zustand. Mittels einer Hochspannungsquelle werden die Kugeln aufgeladen. Danach stellt sich der in Abb. 2 dargestellte Zustand ein ( $\alpha = 10^\circ$ ).

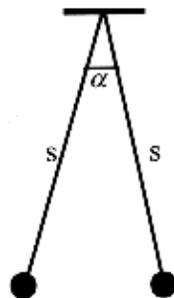


Abb. 2

- 3.1 Berechnen Sie die Kraft, mit der sich die beiden Kugeln abstoßen. (Ergebnis:  $4,29 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ ).
- 3.2 Berechnen Sie die Gesamtladung auf den beiden Kugeln.
- 3.3 Zeigen Sie: Für die Gesamtladung auf den Kugeln gilt

$$Q_{\text{ges}} = 8 \cdot s \cdot \sqrt{\epsilon_0 \cdot \pi \cdot m \cdot g \cdot \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

### Aufgabe II

- 1 Eine Glühlampe, deren Zündspannung bei ca.  $120 \text{ V}$  liegt, wird parallel zu einer Spule geschaltet. Die Schaltung ist an eine Spannung, die sehr viel kleiner als  $120 \text{ V}$  ist, angeschlossen.

- 1.1. Begründen Sie, warum die Glühlampe beim Abschalten der Spannung aufleuchtet.
- 1.2. Geben Sie die Definition des Begriffes Selbstinduktion an.
- 1.3. Leiten Sie aus dem Induktionsgesetz für eine Spule der Länge  $l$  und der Querschnittsfläche  $A$  die Formel  $L = \mu_0 \mu_r \frac{n^2 A}{l}$  her.
- 1.4 Gegeben sei eine  $10 \text{ cm}$  lange Spule mit  $5 \text{ cm}$  Durchmesser. Sie hat  $600$  Windungen und wird von einem Strom der Stärke  $I_{\text{sp}} = 5 \text{ A}$  durchflossen.
- 1.4.1 Berechnen Sie die Induktivität der Spule und die magnetische Flußdichte (auch magnetische Induktion genannt) des Magnetfeldes in der Spule ( $L = 8,89 \text{ mH}$ ,  $B = 3,77 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ ).
- 1.4.2 Ein gerader, stromdurchflossener Leiter der Länge  $2 \text{ cm}$  liegt senkrecht zu den Feldlinien im Inneren der Spule. Berechnen Sie die Kraft, die auf ihn wirkt, wenn der Strom  $I_L = 2 \text{ A}$  beträgt.
- 1.4.3 Der Spulenstrom wird gleichmäßig innerhalb von  $0,1 \text{ s}$  auf Null reduziert. Berechnen Sie die Selbstinduktionsspannung der Spule.

- 2 Eine Reihenschaltung aus Widerstand  $R$ , Kondensator  $C$  und Spule  $L$  wird an eine Wechselspannungsquelle angeschlossen.

- 2.1 Zeigen Sie (z.B. mit Hilfe eines Zeigerdiagramms), dass für den Scheinwiderstand gilt:

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

- 2.2 Zeigen Sie, dass für den Resonanzfall gilt:  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

- 2.3 Für die Schaltung gemäß 2 gelte:  $R = 250 \Omega$ ,  $C = 12 \mu\text{F}$ ,  $L = 1,8 \text{ H}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ .
- 2.3.1 Berechnen Sie die Impedanz  $Z$  und den Phasenwinkel  $\varphi$  zwischen Strom und resultierender Spannung.
- 2.3.2 Für welche Frequenz hat  $Z$  ein Minimum?
3. Betrachtet werden ein waagrechtes Federpendel und ein elektrischer Schwingkreis (beide verlustfrei).
- 3.1 Zeigen Sie für den Ausgangszustand eines geladenen Kondensators bzw. einer gespannten Feder die Analogien zwischen mechanischer und elektrischer Schwingung auf.  
Benutzen Sie dazu Skizzen für:  $t = 0$ ,  $t = \frac{1}{4}T$  und  $t = \frac{1}{2}T$ .
- 3.2 Stellen Sie für den elektrischen Fall mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes eine Differentialgleichung auf und leiten Sie daraus die thomsonsche Gleichung  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  her.  
Wie lautet die entsprechende Gleichung für die Schraubenfeder?
- 3.3 Zeichnen Sie das Schaltbild einer Anordnung zur Erzeugung hochfrequenter, ungedämpfter elektrischer Schwingungen und erklären Sie die einzelnen Komponenten sowie die Funktionsweise der Schaltung.

### Aufgabe III

1. Eine Linse bildet einen  $0,5 \text{ mm}$  breiten Spalt aus  $25 \text{ cm}$  Entfernung auf einen  $100 \text{ cm}$  entfernten Schirm ab. Der Schirm hat die Breite von  $8 \text{ cm}$  und das Maximum 0.ter Ordnung liegt genau in der Mitte.  
Das verwendete purpurfarbene Licht ist eine Mischung aus den Wellenlängen  $0,48 \mu\text{m}$  (blau) und  $0,72 \mu\text{m}$  (rot). Unmittelbar hinter der Linse steht ein optisches Gitter mit der Gitterkonstanten  $g = 0,04 \text{ mm}$ .
- 1.1 Fertigen Sie eine Skizze an und bestimmen Sie die Breite der Spaltbilder.
- 1.2 Berechnen Sie die Lage der Beugungsmaxima für das blaue Licht.
- 1.3 Berechnen Sie die Lage der Beugungsmaxima für das rote Licht.
- 1.4 Zeichnen Sie das Beugungsbild in natürlicher Größe mit allen Linien und Angabe der jeweiligen Farbe.  
Wie viele Linien sind auf dem Schirm zu erkennen?

- 2 Der radioaktive Zerfall von Radon wird experimentell untersucht. Man registriert, dass Rn-220 ( $m_{\text{Kern}} = 220,0114 \text{ u}$ ) unter Aussendung von  $\alpha$ -Teilchen mit einer Teilchenenergie von 6,29 MeV zerfällt. Für die Anfangsmasse von  $0,05 \mu\text{g}$  Rn-220 wurde folgende zeitliche Veränderung festgestellt:

Zeit $t$ in s	0	50	100	150	200
Masse $m$ in $10^{-8} \text{ g}$	5,0	2,7	1,4	0,78	0,42

- 2.1 Zeichnen Sie für diese Messreihe das  $t$ - $m$  - Diagramm.  
 2.2 Ermitteln Sie aus dem Diagramm die Halbwertszeit und berechnen Sie aus dem letzten Meßwert die Halbwertszeit und die Zerfallskonstante.  
 2.3 Wieviel Energie in Joule wird in den ersten 60 Sekunden des untersuchten Vorgangs durch die  $\alpha$ -Teilchen freigesetzt?  
 2.4 Nennen Sie drei Arten radioaktiver Strahlung mit wenigstens je drei wichtigen Eigenschaften.  
 2.5 Berechnen Sie die Kernbindungsenergie pro Nukleon für den  ${}^{220}_{86}\text{Rn}$ -Kern.

- 3 Die Masse des Protons kann mit einem Massenspektrographen bestimmt werden. Fertigen Sie eine Skizze eines einfachen Massenspektrographen an, benennen Sie die wichtigsten Teile und erläutern Sie kurz deren Funktion.

**Angaben:**

Erdbeschleunigung	$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$
Elementarladung	$e = 1,609 \cdot 10^{-19} \text{ As}$
Elektrische Feldkonstante	$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ AsV}^{-1}\text{m}^{-1}$
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ VsA}^{-1}\text{m}^{-1}$
Atomare Masseneinheit	$1\text{u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Masse des Protons	$m_p = 1,0073 \text{ u}$
Masse des Neutrons	$m_N = 1,0087 \text{ u}$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$