

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 I

- 1.1 Nennen Sie die Bedingungen für die Entstehung einer fortschreitenden mechanischen Welle.
- 1.2 Erklären Sie den Begriff „Wellenlänge“ und geben Sie die Grundgleichung der Wellenlehre an.
2. Auf einem linearen Wellenträger breitet sich in Richtung der positiven x-Achse ungedämpft eine sinusförmige Transversalwelle mit der Amplitude 2 cm aus. Das Teilchen im Koordinatenursprung besitzt zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ s die Elongation Null; in der unmittelbar folgenden Zeit wächst seine Elongation an. Zum Zeitpunkt $t_1 = 1,5$ s ist es zum erstenmal maximal ausgelenkt. Das Teilchen am Ort $x_1 = 3$ cm beginnt jetzt gerade zu schwingen.
 - 2.1 Bestimmen Sie die Schwingungsdauer T , die Wellenlänge λ und die Ausbreitungsgeschwindigkeit v der Welle.
 - 2.2 Geben Sie die Gleichung der beschriebenen Welle an.
 - 2.3 Berechnen Sie den Zeitpunkt, zu dem das Teilchen am Ort $x_2 = 6$ cm zu schwingen beginnt.
 - 2.4 Skizzieren Sie das Momentanbild der Welle zum Zeitpunkt $t_2 = 3$ s für $0 \leq x \leq \lambda$.
 - 2.5.1 Geben Sie das Elongations-Zeit-Gesetz für das Teilchen am Ort $x_2 = 6$ cm an.
 - 2.5.2 Wann besitzt dieses Teilchen zum erstenmal die Elongation 2 cm? Wie groß ist dann seine Momentangeschwindigkeit?
3. Ein Plattenkondensator besteht aus zwei rechteckigen Metallplatten der Länge 4 dm und der Breite 1 dm. Der Plattenabstand beträgt 2 cm. Die Platten werden an eine Spannungsquelle mit der konstanten Gleichspannung $U = 150$ V angeschlossen.
 - 3.1 Berechnen Sie die Kapazität und die Ladung des Kondensators.
 - 3.2 Berechnen Sie die elektrische Feldstärke im Innern des Kondensators und die elektrische Arbeit, die an einem Elektron zu verrichten wäre, um es von der einen zur anderen Platte zu bringen.
 - 3.3 Bestimmen Sie die im Kondensator gespeicherte Feldenergie und die Energiedichte.

- 3.4 Ein quadratisches Influenzplattenpaar aus Aluminium mit der Seitenlänge 4 cm wird senkrecht zu den Feldlinien in das Innere des Plattenkondensators gehalten und dort getrennt. Berechnen Sie die auf einer Influenzplatte influenzierte Ladung.
- 3.5 Das Influenzplattenpaar wird entfernt. Während der Kondensator mit der Spannungsquelle verbunden bleibt, wird der Plattenzwischenraum nun durch ein Dielektrikum mit $\epsilon_r = 2,5$ vollständig ausgefüllt. Welche Ladung fließt dabei zusätzlich auf den Kondensator?

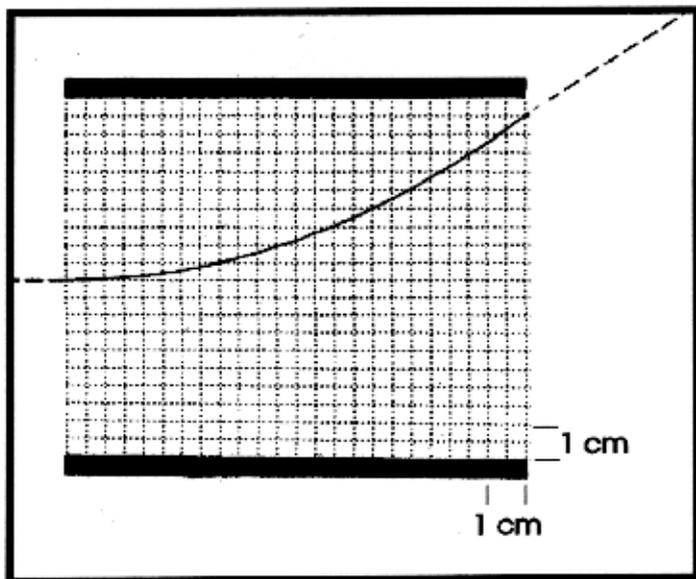
Aufgabe II

1. Elektronen werden in einer evakuierten Glasröhre durch eine konstante Gleichspannung $U_A = 285 \text{ V}$ in horizontaler Richtung nach rechts beschleunigt und gelangen dann in das vertikale homogene elektrische Feld eines Plattenkondensators mit der Plattenlänge $s = 12 \text{ cm}$ und dem Plattenabstand $d = 10 \text{ cm}$. An den Platten liegt die konstante Gleichspannung U an. Die obere Platte sei positiv geladen; die Elektronen treten genau in der Mitte zwischen den Platten in das Feld ein.

- 1.1 Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Elektronen beim Eintritt in das Kondensatorfeld. (Ergebnis: $1,00 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$)

- 1.2 Leiten Sie allgemein die parameterfreie Gleichung der Bahnkurve bezüglich eines geeigneten Koordinatensystems her. Begründen Sie, daß die Bahnkurve Teil einer Parabel ist.

- 1.3 Läßt man die Elektronen streifend an einem Bildschirm entlang laufen, so kann man die Bahn der Elektronen sichtbar machen. Man erhält nebenstehendes Bild.



- 1.3.1 Bestimmen Sie die Spannung U am Plattenkondensator? (Ergebnis: 356 V)
- 1.3.2 Berechnen Sie den Betrag der Geschwindigkeit der Elektronen beim Verlassen des Kondensators.
- 1.4 Weisen Sie allgemein nach: Wenn man statt der Elektronen andere negativ geladene Teilchen, wie beschrieben, mit U_A beschleunigt und mit U ablenkt, so ergibt sich die gleiche Parabelbahn.

2. Überlagert man dem Kondensatorfeld von 1. ein homogenes Magnetfeld, das das Innere des Kondensators gerade ausfüllt, so kann man erreichen, daß die Elektronen im Kondensator nicht abgelenkt werden.
- 2.1 Wie muß dieses Magnetfeld gerichtet sein? Begründen Sie Ihre Antwort.
- 2.2 Leiten Sie für diesen Fall die Formel für den Betrag B der magnetischen Induktion her, und berechnen Sie den Wert von B (Ergebnis: $3,56 \cdot 10^{-4}$ T).
- 2.3 Trennt man die Spannungsquelle ab und entlädt den Kondensator, so beschreiben die Elektronen im verbleibenden Magnetfeld eine Bahn, die Teil eines Kreises ist.
- 2.3.1 Berechnen Sie den Radius dieses Kreises.
- 2.3.2 Zeigen Sie: Wenn man statt der Elektronen andere negativ geladene Teilchen, wie beschrieben, mit U_A beschleunigt und in diesem Magnetfeld ablenkt, so verändert sich im allgemeinen der Radius der Kreisbahn.
3. Eine gerade Spule mit der Länge $l = 0,2$ m und einem kreisförmigen Querschnitt mit der Fläche $A = 3,14$ cm² ist aus Draht der Dicke $d = 0,2$ mm dicht und einlagig gewickelt.
- 3.1 Berechnen Sie die Induktivität L der Spule. (Ergebnis: 198 mH)
- 3.2 Die Spule wird an eine Wechselstromquelle mit der Frequenz $\nu = 500$ Hz und der Spannung $U_{\text{eff}} = 10$ V angeschlossen. Es fließt ein Strom der Stärke $I_{\text{eff}} = 0,95$ A. Berechnen Sie den Ohmschen Widerstand der Spule.

Aufgabe III

1. Ein Kondensator mit der Kapazität C soll zunächst mit Hilfe einer Gleichspannungsquelle auf die Spannung U_m aufgeladen, dann von der Spannungsquelle getrennt und anschließend mit einer Spule der Induktivität L verbunden werden.
- 1.1 Zeichnen Sie das Schaltbild eines Versuchsaufbaues, mit dem sich dies mit Hilfe eines Schalters realisieren läßt.
- 1.2 Beschreiben und erklären Sie, wie in dem so erhaltenen Schwingkreis eine elektrische Schwingung zustande kommt. Warum ist die Schwingung gedämpft?
- 1.3.1 Der Ohmsche Widerstand des Schwingkreises sei vernachlässigbar klein. Leiten Sie unter dieser Voraussetzung mit Hilfe des Energiesatzes die Differentialgleichung für die Kondensatorspannung $U(t)$ her.

1.3.2 Unter welcher Anfangsbedingung und bei welchem Zusammenhang zwischen ω , L und C beschreibt die Gleichung $U(t) = U_m \cdot \cos \omega t$ die Spannung am Kondensator?

1.4.1 Die Frequenz des Schwingkreises soll bei gleicher Induktivität der Spule verdoppelt werden. Zeigen Sie, daß dazu die Kapazität des Kondensators auf den vierten Teil verringert werden muß.

1.4.2 Bei gleicher Induktivität der Spule soll die Frequenz des Schwingkreises dadurch verdoppelt werden, daß zu dem ursprünglichen Kondensator mit der Kapazität C weitere Kondensatoren mit jeweils der gleichen Kapazität C hinzugeschaltet werden. Wieviele weitere Kondensatoren werden gebraucht, und wie müssen sie geschaltet werden? Begründen Sie Ihre Lösung.

2. In einer Röntgenröhre soll eine Röntgenbremsstrahlung mit $\lambda_{\min} = 10^{-10}$ m erzeugt werden.

2.1 Berechnen Sie klassisch (d.h. ohne Berücksichtigung der Massenveränderlichkeit bewegter Teilchen) die Geschwindigkeit, mit der die Elektronen auf die Kathode auftreffen müssen. (Ergebnis: $6,61 \cdot 10^7$ ms⁻¹)

2.2 Berechnen Sie klassisch die Spannung, die angelegt werden muß, um die Elektronen auf diese Geschwindigkeit zu bringen.

2.3 Berechnen Sie relativistisch die Geschwindigkeit, mit der die Elektronen auf die Kathode auftreffen müssen.

3. Photonen, deren Masse gleich der Ruhemasse m_e von Elektronen ist, lösen bei einem bestimmten Material den Compton-Effekt aus. Für die Wellenlängenänderung $\Delta\lambda$ beim Compton-Effekt gilt:

$$\Delta\lambda = \lambda_c (1 - \cos \vartheta) \quad \text{mit} \quad \lambda_c = \frac{h}{m_e \cdot c}$$

3.1 Berechnen Sie die Wellenlänge der Primärstrahlung. (Ergebnis: $2,43 \cdot 10^{-12}$ m)

3.2 Begründen Sie, daß bei einem Streuwinkel von 180° die Wellenlängenänderung maximal ist. Berechnen Sie für diesen Fall den Betrag des Impulses eines getroffenen Elektrons, das vor dem Stoß als ruhend zu betrachten ist.

Angaben:

Erdbeschleunigung	$g = 9,81$ ms ⁻²
Elementarladung	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ As
Elektrische Feldkonstante	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ AsV ⁻¹ m ⁻¹
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ VsA ⁻¹ m ⁻¹
Ruhemasse des Elektrons	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg
Plancksche Konstante	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js
Lichtgeschwindigkeit	$c = 3,00 \cdot 10^8$ ms ⁻¹