Fach: Physik
Prüfungsart: 1./2. Prüfungsfach
Dauer: 5 Stunden
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner

Die Aufgaben umfassen 4 Seiten

Hinweis: Benötigte Konstanten stehen für alle Aufgaben auf Seite 4

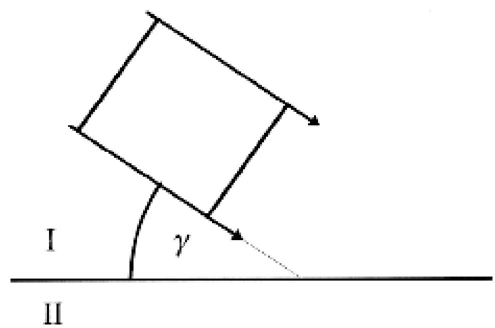
Aufgabe I

1 Die Wellenphänomene Beugung und Brechung sind mit dem Prinzip von Huygens-Fresnel deutbar.

1.1 Formulieren Sie das Huygens-Fresnel'sche Prinzip.

1.2 Mit einer Wellenwanne lassen sich die Teilaussagen des Huygens-Fresnel'schen Prinzips zeigen. Skizzieren Sie den Versuchsaufbau und beschreiben Sie die wesentlichen Beobachtungen.

1.3 In einer Wellenwanne werden zwei Bereiche I und II unterschiedlicher Wassertiefen mit gerader Grenze geschaffen. Angegeben sind zwei aufeinanderfolgende Wellenfronten und ihre Laufrichtung. Die Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den Bereichen I und II sind c_I und c_{II}. Man beobachtet beim Übergang vom Bereich I in den Bereich II eine Brechung und stellt fest, dass sich im Bereich II der räumliche Abstand benachbarter Wellenfronten halbiert.



1.3.1 Welche Änderung erfährt die Ausbreitungsgeschwindigkeit beim Übergang von Bereich I in den Bereich II (Begründung!)?

1.3.2. Übernehmen Sie die Skizze mit $\gamma = 35°$, tragen Sie den Einfallswinkel α ein und konstruieren Sie für den Fall $c_I = 2\,c_{II}$ den Brechungswinkel β und den Verlauf der Wellenfronten im Bereich II.
Leiten Sie anhand der Zeichnung argumentierend die Formel zum Brechungsgesetz her und formulieren Sie das Brechungsgesetz in Worten.

1.3.3 Berechnen Sie für $\gamma = 35°$ den Ablenkwinkel δ, um den die Wellenausbreitung aus der ursprünglichen Richtung abgelenkt wird.

2 Ein Fadenpendel bestehe aus einem masselosen Faden der Länge l, der einen Massenpunkt m trägt.

2.1 Zeigen Sie mittels einer Skizze, dass für die Rückstellkraft in Abhängigkeit von der Auslenkung s gilt $F_R = -m \cdot g \cdot \sin\frac{s}{l}$.

Für hinreichend kleine Auslenkungen ist $\sin\frac{s}{l} \approx \frac{s}{l}$. Leiten Sie damit her, dass für kleine Auslenkungen die Schwingung des Fadenpendels beschrieben wird durch die Differentialgleichung $\ddot{s}(t) + \frac{g}{l} \cdot s(t) = 0$.

2.2 Geben Sie eine Lösungsfunktion für die Differentialgleichung an und entwickeln Sie mit Ihrem Lösungsansatz den Term $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ für die Schwingungsdauer des Fadenpendels.

2.3 Bestimmen Sie die Länge eines Fadenpendels, das bei $g = 9{,}81\ \mathrm{ms}^{-2}$ in 117 Sekunden 60 Schwingungen ausführt.

2.4 Mit einem Fadenpendel lässt sich die Erdbeschleunigung experimentell bestimmen. Die größte Ungenauigkeit bei realen Messungen liegt in der Ermittlung der Fadenlänge l zwischen Aufhängepunkt und Schwerpunkt des Systems. Man kann diese Ungenauigkeit weitgehend ausschalten, indem man eine erste Messung mit einem Pendel der Länge l_1 und dann eine zweite Messung mit einem um Δl verkürzten Pendel durchführt. Dabei lassen sich Δl und die Schwingungsdauern T_1 und T_2 sehr genau feststellen.
Entwickeln Sie einen Term, nach dem g in Abhängigkeit von Δl bestimmt wird.
Bei einem Fadenpendel misst man die Schwingungsdauer $T_1 = 2{,}92$ s und nach Verkürzung um $\Delta l = 860$ mm die Schwingungsdauer $T_2 = 2{,}25$ s. Berechnen Sie daraus die Erdbeschleunigung g.

Aufgabe II

1.1 Beschreiben Sie den Aufbau und die Durchführung des Millikan-Versuchs.
Welche Gemeinsamkeit zeigen alle Einzelauswertungen und welche fundamentale Gesetzmäßigkeit wird dadurch belegt?

1.2 In einem Millikan-Kondensator mit Plattenabstand d befinde sich ein negativ geladenes Öltröpfchen mit Radius r und Ladung q . Bei der Kondensatorspannung U schwebt das Tröpfchen. Bei der Spannung 2U steigt es nach kurzer Beschleunigung mit konstanter Geschwindigkeit, wobei die Stokes'sche Reibungskraft mit $F_R = 6\,\pi\,\eta\,r\,v$ wirkt.

1.2.1 Erstellen Sie für Schweben und für Steigen die Kräftebilanzen und leiten Sie daraus die Formel $q = 6\,\pi\eta\,r\,v\,d\cdot U^{-1}$ her.

1.2.2 Wie viele Überschusselektronen trägt das Öltröpfchen bei $d = 20{,}0$ mm, $r = 1{,}00\ \mu\mathrm{m}$, $v = 9{,}40\cdot 10^{-6}$ m/s, $\eta = 1{,}80\cdot 10^{-5}\ \mathrm{kgm^{-1}s^{-1}}$, $U = 200\mathrm{V}$?

2 Aus Draht mit dem Durchmesser $d_D = 1{,}00$ mm wird einlagig und dicht eine lange zylindrische Luftspule mit 600 Windungen vom mittleren Durchmesser $d_S = 8{,}00$ cm gewickelt.

2.1 An einer Gleichstromquelle wird der Spulenstrom auf 2,00 A eingestellt.

2.1.1 Berechnen Sie die Induktivität der Spule (Ergebnis: $L = 3{,}80$ mH) und die im Spulenfeld gespeicherte Energie.

2.1.2 Die Stromstärke wird gleichmäßig auf 500 mA gesenkt, wodurch eine Induktionsspannung von 12,0 V auftritt.
In welcher Zeit erfolgt die Änderung der Stromstärke?

2.2 Die Spule wird durch Kühlung supraleitend, ihr ohmscher Widerstand verschwindet. An einer idealen Quelle mit sinusförmiger Wechselspannung U(t) von $U_{eff} = 20{,}0$ V und $f = 100\ s^{-1}$ bleibt die Spulenstromstärke auch bei Supraleitung begrenzt.

2.2.1 Berechnen Sie den Wechselstromwiderstand und die Effektivstromstärke.

2.2.2 Geben Sie die Funktionen U(t) und I(t) an.

3 Durch ein vertikal hängendes Kupferrohr lässt man unabhängig voneinander einen Weicheisenzylinder und einen starken Stabmagneten gleicher Geometrie fallen. Der Magnet durchfällt das Rohr viel langsamer als das Eisenstück.

3.1 Begründen Sie das Verhalten des Magneten mit Angabe der zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeit und formulieren Sie diese Gesetzmäßigkeit.

3.2 Der Stabmagnet falle mit dem Nordpol nach unten durch das Rohr.
Weisen Sie anhand einer Zeichnung die Beeinflussung nach, welche die Elektronen im Wandmaterial unterhalb des Magneten dabei erfahren.
Welcher Vorgang tritt infolgedessen in der Wand des Kupferrohres unterhalb des Magneten auf?
Belegen Sie die zugehörige Wirkung auf den Nordpol des fallenden Stabmagneten.

Aufgabe III

1 Teilchen und Welle

1.1 Nach Einstein sind dem Photon (Ruhemasse 0) die „Teilchengrößen" Masse und Impuls zugeordnet.
Leiten Sie die entsprechenden Formeln her.

1.2 De Broglie schrieb als erster Teilchen mit von Null verschiedener Ruhemasse die „Materiewellengrößen" Frequenz und Wellenlänge zu.
Entwickeln Sie den allgemeinen Term für die Materiewellenlänge.
Leiten Sie die nichtrelativistische Formel für die Materiewellenlänge eines Elektrons her, das die Beschleunigungsspannung U durchlaufen hat.

1.3 Ein Strahl von Elektronen der kinetischen Energie 52,0 keV trifft mit der Strahlachse eine Registrierebene RE orthogonal im Zentrum Z. 520 mm vor RE wird ein Spalt der Breite 10^{-8} m von der Seite senkrecht in den Strahlengang gebracht.

1.3.1 Berechnen Sie relativistisch Masse und Impulsbetrag der Elektronen vor dem Spalt (Ergebnisse: $m = 1{,}00 \cdot 10^{-30}$ kg, $p = 1{,}24 \cdot 10^{-22}$ Ns).

1.3.2 Beim Durchfliegen des Spalts ist der Aufenthaltsbereich der Elektronen beschränkt. Notieren Sie verbal und in einer Formel die Beziehung, die dabei das Verhalten von Mikroobjekten beschreibt.

Ermitteln Sie die Impulsunbestimmtheit der Elektronen senkrecht zur Einfallsrichtung nach Durchgang durch den Spalt.

1.3.3 Das Verhalten von Elektronen nach Passieren eines Spalts wird durch ihre Materiewellenlänge nach den gleichen Beziehungen mitbestimmt wie dasjenige von Licht (Photonen) am Einfachspalt durch die Lichtwellenlänge.
Berechnen Sie die Materiewellenlänge der Elektronen.
Welche Entfernung vom Zentrum Z hat die erste Stelle seitlich von Z, an der keine Elektronen registrierbar sind? Setzen Sie bei der Rechnung kleine Ablenkwinkel voraus.

2 Radioaktivität

2.1 Formulieren Sie das Zerfallsgesetz in Worten. Geben Sie das Zerfallsgesetz als Größengleichung an und erläutern Sie alle darin auftretenden Größen mit Angabe ihrer Einheiten.
Nehmen Sie Stellung zum Gültigkeitsbereich des Gesetzes (Teilchenzahl, Isotopengemische).

2.2 Entwickeln Sie den Term für die Halbwertszeit.

2.3 Notieren Sie Definition und Einheit der Größe Aktivität.
Leiten Sie für ein Isotop den Term her, der die Aktivität A(t) mittels der Anfangsaktivität A_0 ausdrückt.

2.4 An einem Gramm atmosphärischen Kohlenstoffs misst man 0,255 Zerfälle pro Sekunde, bewirkt durch das enthaltene radioaktive Isotop C14. Die Halbwertszeit von C14 ist 5730 Jahre.
Bei der Untersuchung eines archäologischen Fundes stellt man an 400 mg Kohlenstoff aus organischer Substanz 139 Zerfälle pro Stunde fest. Welches Alter hat die Probe?

2.5 In der Zerfallsreihe von Uran 238 können folgende Zwischenstadien auftreten:

$$ {}^{218}_{84}\mathrm{Po} \xrightarrow{\alpha} \mathrm{Pb} \rightarrow \mathrm{Bi} \rightarrow {}^{214}\mathrm{Po} \rightarrow \mathrm{Pb} \xrightarrow{\beta} {}^{210}_{83}\mathrm{Bi} $$

Ergänzen Sie alle fehlenden Teilchenstrahlungen, Massenzahlen und Kernladungszahlen.

<u>Angaben:</u>

g	=	$9{,}81\ \mathrm{ms}^{-2}$	m_e	=	$9{,}11 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}$
e	=	$1{,}60 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$	c	=	$3{,}00 \cdot 10^{8}\ \mathrm{ms}^{-1}$
μ_0	=	$1{,}26 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{VsA}^{-1}\mathrm{m}^{-1}$	h	=	$6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js}$