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

Hinweise: Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner
Die Aufgaben umfassen 4 Seiten.
Die Zahlenwerte benötigter Konstanten sind nach der Aufgabe III zusammengefasst.

Aufgabe I

1. Ein luftgefüllter Plattenkondensator hat bei einem Plattenabstand von 1,5 cm eine Kapazität von 40 pF. Er wird an ein Netzgerät mit der Gleichspannung 5 kV angeschlossen.

1.1 Berechnen Sie die Ladung auf einer Kondensatorplatte und die elektrische Feldstärke zwischen den Platten.

1.2 Bei angeschlossener Spannungsquelle wird der Zwischenraum mit einem Dielektrikum der relativen Dielektrizitätskonstanten $\varepsilon_r = 5$ vollständig ausgefüllt.

1.2.1 Welche Ladung fließt dabei zusätzlich auf den Kondensator?

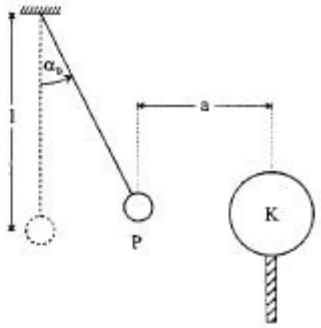
1.2.2 Berechnen Sie die im Kondensator gespeicherte elektrische Energie.

2.1 Ein Plattenkondensator mit vertikal angeordneten, quadratischen Platten der Kantenlänge $a = 30$ cm hat den Plattenabstand $d = 5$ mm. Berechnen Sie seine Kapazität, wenn sich zwischen den Platten Luft befindet.

2.2 Welche Kapazität besitzt der Kondensator, wenn er bis zur Höhe $h = 20$ cm mit Öl ($\varepsilon_r = 2{,}5$) von unten gefüllt wird ?

2.3 Geben Sie die Kapazität C(h) in Abhängigkeit von der Füllhöhe h an und zeichnen Sie das C-h-Diagramm.

3. Eine graphitbeschichtete Kugel P der Masse 0,5 g hängt an einem $l = 2$ m langen (masselosen) Faden. Sie trägt die positive Ladung $q = 3 \cdot 10^{-9}$ C. Auf einem Isolierstab steht die ungeladene Konduktorkugel K. Bringt man auf K die Ladung Q, so pendelt sich P bei einem Winkel $\alpha_0 = 3°$ in die neue Gleichgewichtslage ein. Der Abstand der Kugelmittelpunkte ist nun $a = 8$ cm; die Verbindungslinie der Mittelpunkte ist horizontal.



3.1 Berechnen Sie die Ladung Q.

3.2 Zum Zeitpunkt $t = 0$ werde die Konduktorkugel K vollständig entladen und die Kugel P beginnt (reibungsfrei) harmonisch zu schwingen. Bestimmen Sie die Schwingungsdauer dieses Fadenpendels. Nach welcher Zeit erreicht die Kugel zum ersten Mal die Ruhelage?

3.3 Geben Sie die Bewegungsgesetze für Auslenkung und Geschwindigkeit an und berechnen Sie die Geschwindigkeit, mit der die Pendelkugel durch die Ruhelage geht.

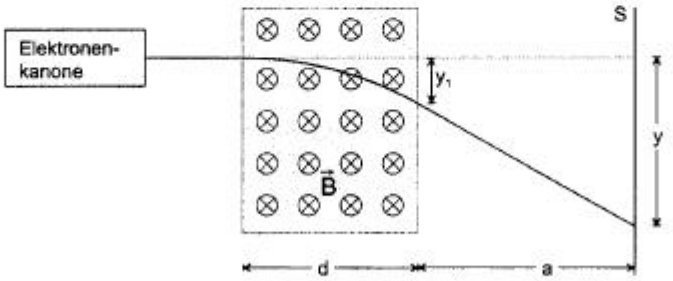
3.4 Die positiv geladene Kugel P schwinge nun in einem homogenen elektrischen Feld, bei dem die Feldstärke $\vec{E}$ vertikal nach unten gerichtet ist. Die Pendelauslenkung sei sehr klein. Die Pendelanordnung habe keinen Einfluss auf die Homogenität des Feldes.

3.4.1 Leiten Sie für eine beliebige Masse m der Kugel P eine Formel für die nun wirkende Rückstellkraft her.

3.4.2 Zeigen Sie, dass die Schwingung harmonisch ist und entwickeln Sie die Differenzialgleichung dieser Schwingung.

Aufgabe II

1. In einer Fernsehröhre werden Elektronen zunächst mittels einer Elektronenkanone beschleunigt. Danach treten sie in ein homogenes Magnetfeld der Länge d und der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ ein. Anschließend treffen die Elektronen auf einen in der Entfernung a angeordneten Leuchtschirm S. Die gesamte Anordnung befindet sich in einem evakuierten Glasbehälter.



$B = 2\,mT$

$d = 6\,cm$

$a = 30\,cm$

1.1 Mit welcher Spannung wurden die Elektronen beschleunigt, wenn sie mit der Geschwindigkeit $v = 7 \cdot 10^7\ m/s$ in das Magnetfeld eintreten?

1.2 Begründen Sie, dass die Elektronen sich im Magnetfeld auf einer Kreisbahn bewegen.

1.3 Berechnen Sie den Radius der Kreisbahn. (Ergebnis: r=0,199m)

1.4 Bestimmen Sie die Ablenkung y_1 der Elektronen im Magnetfeld (mit Zeichnung).

1.5.1 Welche Bewegung führen die Elektronen nach Verlassen des Magnetfeldes aus.

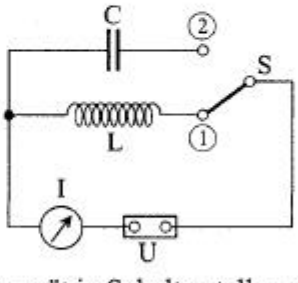
1.5.2 Berechnen Sie die Gesamtablenkung y der Elektronen auf dem Schirm.

2.1 Eine ideale Spule wird in Serie zu einem Stromstärkemessgerät an eine Wechselspannungsquelle angeschlossen.
Bei der Effektivspannung 9V werden folgende Messwerte ermittelt:

f / Hz	200	400	600	800	1000
I_{eff} / mA	24,0	11,9	7,9	6,0	4,8

Ermitteln Sie den Zusammenhang zwischen der Frequenz f und dem Wechselstromwiderstand R_L der Spule. Geben Sie die entsprechende Gleichung an.

2.2 Die Wechselspannung $U(t) = U_s \cdot \sin \omega t$ kann über den Schalter S entweder an eine ideale Spule oder einen Kondensator gelegt werden.
$U_s = 12V$ $f = 100\,Hz$ $L = 300\,mH$



2.2.1 Welche Effektivstromstärke zeigt das Messgerät in Schalterstellung 1 an?

2.2.2 Skizzieren Sie in einem Diagramm den zeitlichen Verlauf von Spannung und Stromstärke in Schalterstellung 1.

2.2.3 Berechnen Sie die Kapazität des Kondensators, wenn das Messgerät in Schalterstellung 2 die Stromstärke $I_{eff} = 49{,}2\,mA$ anzeigt.

3. Eine Spule mit der Induktivität 2,98mH und ein Kondensator bilden einen Schwingkreis. Schaltet man zu dem Kondensator einen zweiten mit der Kapazität 273 pF parallel, so sinkt die Eigenfrequenz auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes.

3.1 Berechnen Sie die Kapazität des ursprünglichen Kreises.

3.2 Um welchen Faktor ändert sich die Schwingkreisenergie, wenn die Scheitelspannung konstant bleibt?

4. Ein Sender strahlt eine elektromagnetische Welle ab. Beschreiben Sie ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge. (Aufbau, Beobachtung, kurze Erläuterung)

Aufgabe III

1. Auf eine Photozelle aus Platin fällt Licht der Wellenlänge $\lambda = 185\,\text{nm}$. Mit einer Gegenspannung von 1,34V kann der Photostrom auf Null geregelt werden.

1.1 Geben Sie die lichtelektrische Gleichung an. Erläutern Sie die einzelnen Komponenten und skizzieren Sie das dazugehörige Schaubild.

1.2 Bestimmen Sie die Austrittsarbeit von Platin.

1.3 Berechnen Sie die Anzahl der pro Sekunde von der Lichtquelle abgestrahlten Photonen, wenn diese die Leistung 0,5 mW hat.

1.4 Bestimmen Sie den Impuls eines Photons.

2. In einem Teilchenbeschleuniger wird ein Elektron auf 90 % der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Welche Beschleunigungsspannung ist dazu notwendig?

3. Beim Zerfall von U 238 wird ein α-Teilchen der kinetischen Energie 4,20 MeV frei. Ein Strahl solcher Teilchen treffe auf eine dünne Kupferfolie. Berechnen Sie den geringsten Abstand zwischen einem solchen α-Teilchen und dem Kern eines Kupferatoms (Z=29) bei einem Frontalzusammenstoß.

4. Zur Bestimmung des Alters von Gesteinen benutzt man den Zerfall von U 238 mit einer Halbwertszeit von $t_H = 4{,}47 \cdot 10^9\,\text{a}$ in das stabile Pb 206. Obwohl dieser Zerfall über mehrere instabile Zerfallsprodukte verläuft, hat der erste Schritt die bei weitem längste Halbwertszeit. Daher darf vereinfachend davon ausgegangen werden, dass ein U238-Kern direkt in einen Pb206-Kern zerfällt. Es darf der Zerfall vereinfachend durch U 238 $\longrightarrow$ Pb 206 ausgedrückt werden.

4.1 Leiten Sie für das Alter eines Gesteins, das aktuell die Teilchenzahl $N_U(t)$ und $N_{Pb}(t)$ enthält und zum Zeitpunkt des Entstehens bleifrei war, die Formel

$$t = \frac{t_H}{\ln 2} \cdot \ln\left(1 + \frac{N_{Pb}(t)}{N_U(t)}\right)$$ her.

4.2 Eine Gesteinsprobe enthalte 2,14 mg Pb 206, die Aktivität des in ihm enthaltenen U 238 beträgt 52,3 Bq. Berechnen Sie das Alter des Gesteins unter der Annahme, dass es zum Zeitpunkt seiner Entstehung bleifrei war.

5. Quantenmechanische Rechnungen zeigen, dass ein auf einen bestimmten Aufenthaltsraum beschränktes Teilchen zu einem Spektrum diskreter Energien führt. Ein vereinfachtes Modell ist der lineare Potenzialtopf.

5.1 Welche Annahmen werden für den linearen Potenzialtopf gemacht?

5.2 Berechnen Sie die Impulswerte, die ein Elektron annehmen kann, das im Potenzialkasten der Länge a eingeschlossen ist.

5.3 Leiten Sie daraus (nicht relativistisch) die möglichen Werte der kinetischen Energie ab, die ein solches Elektron (vgl. 5.2) annehmen kann.

letzte Seite

Konstanten:	Erdbeschleunigung	$g = 9{,}81\ \frac{m}{s^2}$
	Elementarladung	$e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ C$
	elektrische Feldkonstante	$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ \frac{As}{Vm}$
	plancksche Konstante	$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ Js$
	Elektronenmasse	$m = 9{,}11 \cdot 10^{-31}\ kg$
	Avogadro-Konstante	$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \frac{1}{mol}$
	mol. Masse von Blei	$M_{mol,Pb} = 0{,}206\ \frac{kg}{mol}$
	Lichtgeschwindigkeit	$c = 3{,}00 \cdot 10^{8}\ \frac{m}{s}$
	atomare Masseneinheit	$u = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ kg$