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

1.1 Formulieren Sie das Reaktionsprinzip (3. newtonsches Axiom) und verdeutlichen Sie es an zwei selbst gewählten Beispielen.

1.2 Leiten Sie den Impulserhaltungssatz für den zentralen geraden Stoß zweier Körper aus den newtonschen Axiomen her. Dabei gelte die Annahme, dass die Kräfte während des Stoßvorgangs konstant sind.

1.3 Auf einer horizontalen Fahrbahn befinden sich zwei Körper K_1 und K_2 mit den Massen m_1 und m_2. Sie gleiten reibungsfrei mit den Geschwindigkeiten $\vec{v}_1$ und $\vec{v}_2$ und stoßen vollkommen elastisch und zentral zusammen. Für die Geschwindigkeiten $\vec{u}_1$ und $\vec{u}_2$ nach dem Stoß gilt:

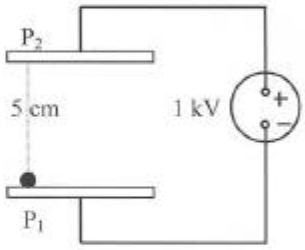
$$\vec{u}_1 = \frac{2\,m_2\,\vec{v}_2 + \vec{v}_1\,(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2}, \qquad \vec{u}_2 = \frac{2\,m_1\,\vec{v}_1 + \vec{v}_2\,(m_2 - m_1)}{m_1 + m_2}.$$

1.3.1 Zeigen Sie allgemein: Falls die beiden Körper gleiche Massen haben, tauschen sie beim Zusammenstoß ihre Geschwindigkeiten aus.

1.3.2 K_2 habe die 1,5-fache Masse von K_1. K_1 bewege sich mit der Geschwindigkeit $v_1 = 2\ ms^{-1}$ nach rechts, K_2 mit der halb so großen Geschwindigkeit nach links. Berechnen Sie die Beträge der Geschwindigkeiten der beiden Körper nach dem Stoß. Geben Sie ihre Bewegungsrichtungen an.

1.3.3 Zwei Körper mit den Massen $m_1 = 100$ g und $m_2 = 200$ g bewegen sich vor und nach dem Stoß in gleicher Richtung auf der Fahrbahn. Mäxchen Schlau behauptet, folgende Werte für die Beträge der Anfangs- und Endgeschwindigkeiten gemessen zu haben:
$v_1 = 1\ ms^{-1}$, $v_2 = 2\ ms^{-1}$, $u_1 = 3\ ms^{-1}$, $u_2 = 1\ ms^{-1}$. Weisen Sie nach, dass Mäxchen lügt oder irgendetwas falsch gemacht hat.

2 Ein Kügelchen (Masse $m = 2 \cdot 10^{-6}$ g), dessen Oberfläche leitend ist, berührt im Punkt P_1 die untere Platte des abgebildeten Kondensators. Das Kügelchen nimmt dabei die Ladung $q = -3 \cdot 10^{-12}$ C auf.



2.1 Zeigen Sie unter Vernachlässigung der Reibungskraft: Nach der Aufladung bewegt sich das Kügelchen auf die obere Kondensatorplatte zu ($g = 10\ ms^{-2}$).

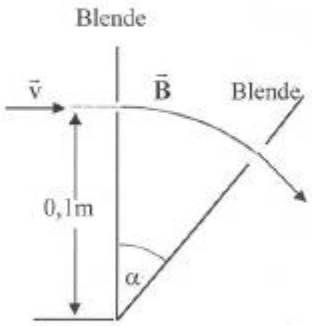
2.2 Nach welcher Zeit und mit welcher Geschwindigkeit trifft das Kügelchen auf der gegenüberliegenden Platte in P_2 auf? (Von der räumlichen Ausdehnung des Kügelchens ist abzusehen.)

2.3 Zeigen Sie, dass für diesen Vorgang der Energieerhaltungssatz erfüllt ist.

3 Ein Elektronenstrahl soll aus seiner ursprünglichen Richtung mithilfe eines Magnetfeldes gemäß nebenstehender Skizze um $\alpha = 40^0$ abgelenkt werden. Alle Elektronen besitzen die gleiche Geschwindigkeit $v = 4{,}8 \cdot 10^6$ m/s.

3.1 Bestimmen Sie die zur Ablenkung erforderliche magnetische Flussdichte $\vec{B}$ nach Betrag und Richtung.

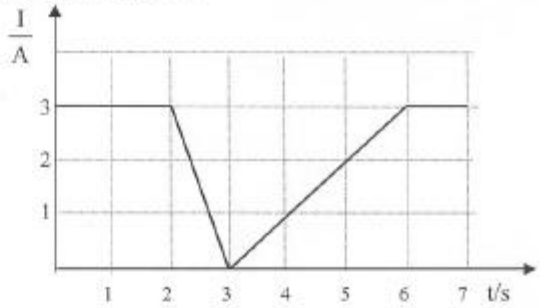
3.2 Berechnen Sie die Aufenthaltsdauer eines Elektrons zwischen den Blenden.



Aufgabe II

1 Im Innern einer langgestreckten, luftgefüllten Feldspule (Länge l = 1m, Windungszahl $N_1 = 1800$) befindet sich eine Induktionsspule mit $N_2 = 100$ Windungen der Querschnittsfläche 40 cm^2. Die beiden Spulenachsen liegen parallel zueinander.

1.1 Der die Feldspule durchfließende Strom ist eine Funktion der Zeit, die dem nebenstehenden Diagramm entnommen werden kann.



1.1.1 Geben Sie die Definition des magnetischen Flusses ϕ an.

1.1.2 Berechnen Sie den maximalen magnetischen Fluss ϕ, der die Induktionsspule durchsetzt. (Ergebnis: $2{,}72 \cdot 10^{-5}$ Vs)

1.1.3 Berechnen Sie die verschiedenen Induktionsspannungswerte, die in der Induktionsspule im Zeitintervall [0s; 7s] auftreten, und stellen Sie den zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung U_i in einem t-U_i-Diagramm dar.

1.2 Durch die Feldspule fließt nun ein Wechselstrom der Stärke $I(t) = I_m \cdot \sin(100 \cdot \pi s^{-1} \cdot t)$. Dadurch entsteht an der Induktionsspule eine Wechselspannung $U_i(t) = 0{,}05\ V \cdot \cos(100 \cdot \pi s^{-1} \cdot t)$.

1.2.1 Wie groß ist die Induktionsspannung, die ein Drehspulinstrument für Wechselspannung anzeigen würde?

1.2.2 Berechnen Sie die Frequenz der Induktionsspannung und den Scheitelwert des Wechselstromes in der Feldspule.

2 Ein ungedämpfter Schwingkreis besteht aus einem Kondensator der Kapazität C = 5 pF und einer Spule der Induktivität L = 68 nH. An diesen Kreis wird induktiv ein Dipol angekoppelt, so dass Resonanz zwischen Schwingkreis und Dipol besteht.

2.1 Die maximale Spannung am Kondensator beträgt 1 V. Berechnen Sie die maximale Stromstärke im Schwingkreis.

2.2 Berechnen Sie die Länge des Dipols, wenn er in seiner Grundschwingung angeregt werden soll.

2.3 In den Schwingkreis soll zusätzlich ein zweiter Kondensator so eingebaut werden, dass derselbe Dipol in seiner 1. Oberschwingung angeregt wird.
Geben Sie mit Begründung an, wie der Kondensator eingebaut werden muss, und berechnen Sie seine Kapazität.

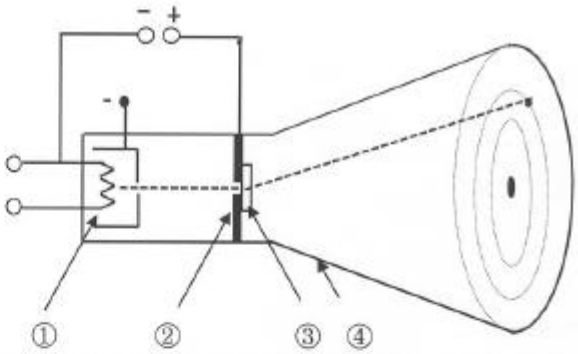
3 Eine Antennenanlage besteht aus zwei Sendeantennen S_1 und S_2 im Abstand d, die gleichphasig mit der konstanten Frequenz f senden. Eine Empfangsantenne E wird parallel zu $\overline{S_1S_2}$ im Abstand a verschoben, wobei $|\overline{S_1S_2}| = d \ll a$ ist.

3.1 Leiten Sie anhand einer Skizze allgemein die Formel für die Intensitätsmaxima, die E registrieren kann, her.

3.2 Wie viele Maxima kann E für d = 16 cm und $f = 6 \cdot 10^9$ Hz registrieren?

Aufgabe III

1 Die nebenstehende Skizze stellt eine beschaltete Elektronenbeugungsröhre dar.



1.1.1 Nennen Sie die mit ①, ②, ③, ④ bezeichneten Bauteile.

1.1.2 Erläutern Sie kurz (ohne Rechnung), wie die beim Betrieb der Röhre auf dem Schirm zu beobachtenden Erscheinungen zustande kommen.

1.1.3 Wie ändert sich die Beugungsfigur, wenn unter Beibehaltung aller anderen Versuchsbedingungen die Beschleunigungsspannung stetig verringert wird? Erklären Sie diese Veränderung.

1.2 Leiten Sie anhand einer Skizze die Bragg-Bedingung für die Beugung an einem Kristallgitter her: $2d \cdot \sin(\varphi_n) = n\lambda$, $n = 1, 2, 3, \ldots$, d = Netzebenenabstand, φ_n = Glanzwinkel.

1.3 Der Durchmesser D eines Beugungsringes (der 1. Beugungsordnung) beträgt 7,5 cm, die kinetische Energie der Elektronen 810 eV und der Abstand vom Schirm zur Graphitfolie, an der die Beugung stattfindet, ist L = 10 cm. Berechnen Sie den zugehörigen Netzebenenabstand.

1.4 Wie kann man experimentell zeigen, dass die Beugungsfigur von negativen Ladungsträgern und nicht von sekundärer Röntgenstrahlung herrührt? (Begründung)

2.1 Das bohrsche Atommodell behebt einen gravierenden Mangel des rutherfordschen Atommodells mit Hilfe von zwei Postulaten. Geben Sie diesen Mangel an und formulieren Sie die zwei bohrschen Postulate.

2.2 Nach der bohrschen Theorie gilt für den n-ten Bahnradius des Hüllenelektrons im Wasserstoffatom $r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi e^2 m_e} \cdot n^2$ und für die zugehörige Energie $W_n = -\frac{h f_R}{n^2}$, n = 1, 2, 3, . . ., mit der Rydbergfrequenz $f_R = 3{,}29 \cdot 10^{15}$ Hz.

2.2.1 Berechnen Sie für die erste und für die zweite Elektronenbahn jeweils den Bahnradius und die Bahngeschwindigkeit. (Zum Vergleich die Teilantwort $v_2 = 1{,}09 \cdot 10^6\ ms^{-1}$)

2.2.2 Im Wasserstoffatom kann der Impuls des Elektrons auf der zweiten Quantenbahn (Daten siehe 2.2.1) mit einer Unbestimmtheit von $\Delta p = 10^{-32}\ kgms^{-1}$ bestimmt werden. Berechnen Sie die Unbestimmtheit Δv der Geschwindigkeit sowie die Unbestimmtheit Δr des Ortes. Welche Schlussfolgerungen ergeben sich aus dem Vergleich dieser Ergebnisse mit den entsprechenden Daten aus dem Aufgabenteil 2.2.1?

2.2.3 Das Elektron des Wasserstoffatoms kann durch die jeweils passende quantenhafte Energieabsorption aus elektromagnetischer Strahlung von der ersten Bahn auf jede andere Bahn gehoben werden. Berechnen Sie die Grenzen des dafür erforderlichen Wellenlängenbereiches.

Konstanten:

Elektrische Feldkonstante	$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ AsV^{-1}m^{-1}$
Elementarladung	$e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ C$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 3 \cdot 10^8\ ms^{-1}$
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 1{,}26 \cdot 10^{-6}\ VsA^{-1}m^{-1}$
Masse des Elektrons	$m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}\ kg$
Plancksche Konstante	$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ Js$