Fach: Physik
Prüfungsart: 3. Prüfungsfach
Dauer: 3,5 Stunden

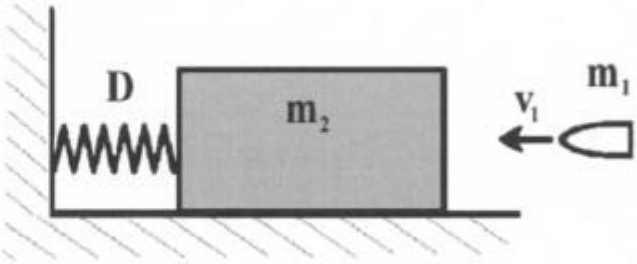
Hinweise: Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner
Die Aufgaben umfassen 4 Seiten.
Die Zahlenwerte benötigter Konstanten sind nach der Aufgabe III zusammengefasst

Aufgabe I

1.1 Was versteht man unter einem vollkommen unelastischen Stoß?

1.2 Zwei Wagen der Massen m_1 und m_2 mit den Geschwindigkeiten $\vec{v}_1$ und $\vec{v}_2$ stoßen auf einer Fahrbahn vollkommen unelastisch zusammen. Leiten Sie mit Hilfe des Impulserhaltungssatzes eine Formel für die Geschwindigkeit der Wagen nach dem Stoß her.

1.3 Man schießt eine Kugel der Masse m_1 mit der Geschwindigkeit v_1 in einen ruhenden Holzklotz der Masse m_2, der sich reibungsfrei auf seiner Unterlage bewegen kann; der Holzklotz ist an einer Feder mit der Federkonstanten D befestigt (vgl. Skizze!). Die Kugel bleibt stecken und bewegt sich danach mit dem Klotz weiter.



1.3.1 Geben Sie eine Formel für die Geschwindigkeit u des Holzklotzes unmittelbar nach dem Eindringen des Geschosses an.

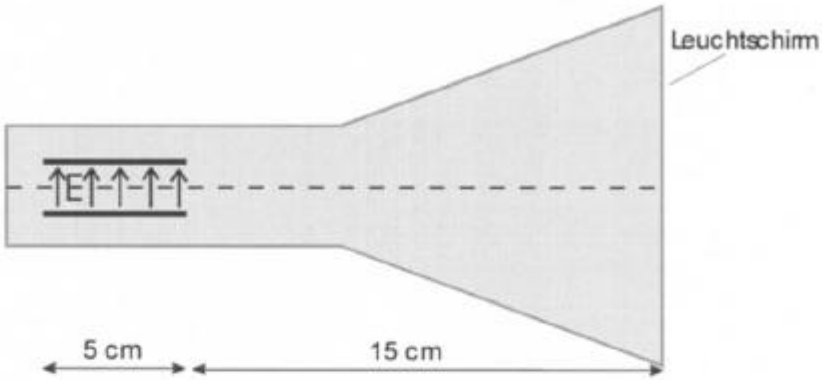
1.3.2 Erläutern Sie alle vorkommenden Energieumwandlungen.

1.3.3 Zeigen Sie: Für die maximale Auslenkung s_0 der Feder gilt:

$$D \cdot s_0^2 = \frac{m_1^2}{m_1 + m_2} v_1^2$$

1.4 Das Geschoss aus Aufgabenteil 1.3 hat die Masse 10 g, der Holzklotz 10 kg. Für die Federkonstante D gilt: $D = 200\ Nm^{-1}$. Die maximale Auslenkung beträgt $s_0 = 20$ cm. Berechnen Sie die Geschossgeschwindigkeit v_1 und die Geschwindigkeit u des Holzklotzes unmittelbar nach dem Eindringen des Geschosses.

2 In einer Braun'schen Röhre können die Elektronen mit Spannungen zwischen 0 V und 2000 V beschleunigt werden.



2.1 Wie groß kann dabei die Elektronengeschwindigkeit v höchstens werden?

2.2 Ein Elektron bewegt sich mit der Geschwindigkeit $2{,}3 \cdot 10^{7}\ ms^{-1}$ längs der Achse der Kathodenstrahlröhre nach rechts und tritt parallel und mit gleichem Abstand zu den Platten in das Kondensatorfeld ein. Zwischen den Kondensatorplatten wirkt ein elektrisches Feld der Stärke $E = 8000\ NC^{-1}$, außerhalb der Platten ist $E = 0\ NC^{-1}$.

2.2.1 Beschreiben Sie die Bewegung des Elektrons in dem Kondensatorfeld, wählen Sie ein geeignetes Koordinatensystem und geben Sie die Weg-Zeit-Funktionen $s_x(t)$ und $s_y(t)$ an.

2.2.2 Wie viele mm beträgt die Ablenkung des Elektrons beim Verlassen des elektrischen Feldes in der oben abgebildeten Röhre?

Aufgabe II

1 An eine Spule wird eine Gleichspannung U = 10 V gelegt. Der zeitliche Verlauf der Stromstärke beim Einschalten wird durch folgende Wertetabelle beschrieben:

t in ms	0	1	1,5	2	3	4	5	10	15	20
I in A	0	0,1	0,15	0,18	0,24	0,29	0,33	0,44	0,49	0,499

1.1 Fertigen Sie ein I(t)-Diagramm des Einschaltvorgangs an und begründen Sie den Kurvenverlauf.

1.2 Bestimmen Sie den ohmschen Widerstand der Spule und ihre Induktivität anhand des Diagramms.

2 In einem Stromkreis mit einer Wechselspannungsquelle befindet sich ein Kondensator der Kapazität 0,4 µF. Für die angelegte Wechselspannung gilt:

$$U(t) = 5\ V \cdot \sin(400\pi\ s^{-1} \cdot t).$$

2.1 Berechnen Sie den Wechselstromwiderstand des Kondensators und die effektive Stromstärke in diesem Stromkreis.

2.2 Leiten Sie allgemein für die angelegte Spannung $U(t) = U_m \cdot \sin(\omega t)$ die Funktion $I(t)$ der Stromstärke in diesem Stromkreis her und stellen Sie beide Funktionen in einem Koordinatensystem dar. (Maßstab: $T \mathrel{\hat{=}} 8$ cm, $U_m \mathrel{\hat{=}} 3$ cm, $I_m \mathrel{\hat{=}} 2$ cm)

3 Auf den Kondensator eines idealen Schwingkreises wird mit einer Batterie die Ladung Q_m gebracht. Zur Zeit $t = 0$ s wird der Kondensator (Kapazität C) über einen Umschalter mit der Spule (Induktivität L) verbunden.

3.1 Leiten Sie aus dem Energiesatz her, dass für die Ladung des Kondensators folgende Differentialgleichung gilt: $\ddot{Q}(t) + \frac{1}{LC} Q(t) = 0$

3.2 Weisen Sie nach, dass $Q(t) = Q_m \cdot \cos(\omega t)$ für ein bestimmtes ω eine Lösung dieser Differentialgleichung ist und geben Sie eine Bedingung für ω an.

3.3 Der Kondensator eines ungedämpften Schwingkreises mit $\omega = 500\ s^{-1}$ hat die Kapazität $C = 2\ \mu F$ und trägt die maximale Ladung $Q_m = 0{,}2$ mC.
Berechnen Sie die maximale Spannung am Kondensator, die Induktivität der Spule und die maximale Stromstärke im Kreis.

Aufgabe III

1 Formulieren Sie das Wien'sche Verschiebungsgesetz unter Benutzung der Konstanten $2{,}89 \cdot 10^{-3}$ m·K.

2.1 Leiten Sie die Formeln für Masse und Impuls eines Photons her.

2.2 Beschreiben Sie den Compton-Effekt. Erläutern Sie insbesondere die Compton-Formel: $\Delta\lambda = \lambda_C \cdot (1 - \cos\vartheta)$ mit $\lambda_C = h \cdot (m_e \cdot c)^{-1}$

2.3 Bei einem Compton-Experiment wird Streustrahlung unter einem Winkel von 60° beobachtet.

2.3.1 Berechnen Sie die Frequenz der Streustrahlung, wenn die einfallende Strahlung die Frequenz $1{,}24 \cdot 10^{20}$ Hz hat. (Ergebnis: $f_{Streustrahlung} = 8{,}26 \cdot 10^{19}$ Hz)

2.3.2 Berechnen Sie die kinetische Energie des gestoßenen Elektrons.

3 Beim linearen Potentialtopf werden die Energiezustände eines Teilchens durch stehende Materiewellen mit der Wellenamplitude ψ beschrieben.

3.1 Erläutern Sie dieses Modell für ein Teilchen der Masse m, das in einem Raumbereich mit der Länge L eingeschlossen ist.
Begründen Sie insbesondere, dass nur Materiewellen mit den Wellenlängen

$$\lambda_n = \frac{2 \cdot L}{n} \qquad \text{mit } n = 1; 2; 3; \ldots \text{ (Quantenzahlen)}$$

in dem Potentialtopf auftreten können.

3.2 Skizzieren Sie qualitativ die zur Quantenzahl n = 3 gehörige Amplitudenfunktion ψ_3 als Funktion des Ortes x. Wählen Sie für die Zeichnung L = 6 cm und legen Sie den Anfangspunkt der x-Achse in den linken Rand des Potentialtopfes.

3.3 Zeigen Sie mit Hilfe der de Broglie-Beziehung für die Materiewellenlänge und der Beziehung $W_{kin} = p^2 \cdot (2 \cdot m)^{-1}$ zwischen dem Impuls p und der kinetischen Energie W_{kin} eines Teilchens der Masse m:
Dieses Teilchen kann in einem linearen Potentialtopf der Länge L nur die diskreten Energien

$$W_n = \frac{h^2}{8 \cdot m \cdot L^2} \cdot n^2 \qquad n = 1; 2; 3; \ldots$$

annehmen.

Konstanten:		
	Ruhemasse des Elektrons	$m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg
	Elementarladung	$e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C
	Lichtgeschwindigkeit	$c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ m·s^{-1}
	Plancksche Konstante	$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js