

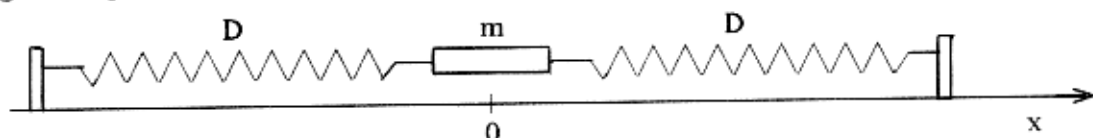
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner

Die Aufgaben umfassen 5 Seiten

Hinweis: Die Zahlenwerte benötigter Konstanten sind nach der Aufgabe III aufgeführt.

Aufgabe I

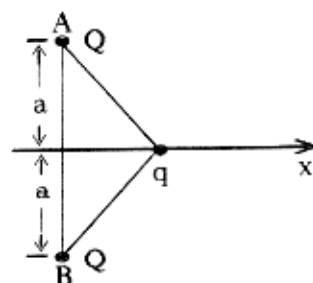
- 1.1 Geben Sie die Bedingung dafür an, daß eine mechanische Schwingung harmonisch ist.
- 1.2 Leiten Sie die Differentialgleichung einer ungedämpften harmonischen Federschwingung her.
- 2 Gegeben ist ein reibungsfrei gleitendes Federpendel mit zwei Federn, die auf Druck und Zug beansprucht werden können.



Jede Feder hat die Federkonstante $D = 0,5 \text{ N/m}$. Die Masse des schwingenden Körpers beträgt $m = 250 \text{ g}$. Die Gesamtenergie des Pendels ist zur Zeit $t = 0 \text{ s}$ rein potentiell und beträgt $0,0002 \text{ J}$.

- 2.1 Berechnen Sie die Schwingungsdauer T und die Kreisfrequenz ω .
- 2.2 Berechnen Sie die maximale Auslenkung und die maximale Geschwindigkeit.
- 2.3 Geben Sie das Weg-Zeit-Gesetz und das Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz dieser Schwingung an. Zeichnen Sie die zugehörigen Graphen.
- 2.4 Stellen Sie den zeitlichen Verlauf der potentiellen und der kinetischen Energie in einem Koordinatensystem dar. Zu welchen Zeiten haben potentielle und kinetische Energie den gleichen Betrag?

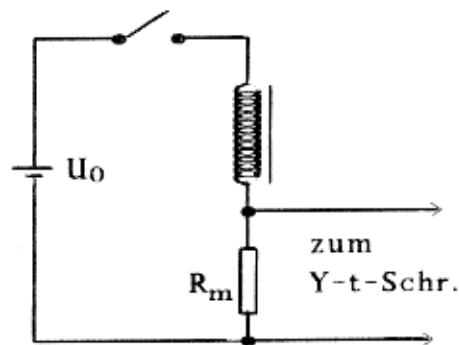
- 3 Die beiden punktförmigen Ladungen in den Punkten A und B sind ortsfest und haben den gleichen positiven Wert Q . In der Mitte der Strecke AB befindet sich die punktförmige negative Ladung q . Durch eine Störung wird die Ladung q senkrecht zu AB in x -Richtung ausgelenkt und beginnt daher um die Ruhelage zu schwingen.



- 3.1 Zeigen Sie, daß für die Rückstellkraft \vec{F} gilt: $F(x) = -\frac{|qQ|}{2\pi\epsilon_0} \frac{x}{(a^2 + x^2)^{3/2}}$
- 3.2 Zeigen Sie, daß für kleine Auslenkungen ($|x| \ll a$) die "Federkonstante" den Wert $D = \frac{|qQ|}{2\pi\epsilon_0 a^3}$ annimmt.
- 3.3 Überprüfen Sie die Maßeinheit von D.
- 3.4 Berechnen Sie mit dieser "Federkonstante" die Schwingungsdauer für den folgenden Fall: Der schwingende Körper, der die Ladung q trägt, ist ein Elektron.
In den Punkten A und B befindet sich jeweils die positive Elementarladung e . Die Länge der Strecke AB ist $2a = 0,2 \text{ nm}$.
- 3.5 Wie groß ist die von diesem Oszillator ausgesandte Wellenlänge im Vakuum?
Zu welchem Bereich des elektromagnetischen Spektrums gehört sie?

Aufgabe II

- 1 Die nebenstehende Zeichnung zeigt eine Schaltung zur Ermittlung des I-t-Diagramms zum Einschaltvorgang an einer Spule. Zur Zeit $t = 0 \text{ s}$ wird der Stromkreis geschlossen und der Y-t-Schreiber gestartet, der das U_m -t-Diagramm schreibt. Die Quellenspannung bleibt konstant $U_0 = 40 \text{ V}$. Der ohmsche Widerstand der Spule beträgt $R_S = 260 \Omega$, der Widerstand $R_m = 60 \Omega$.



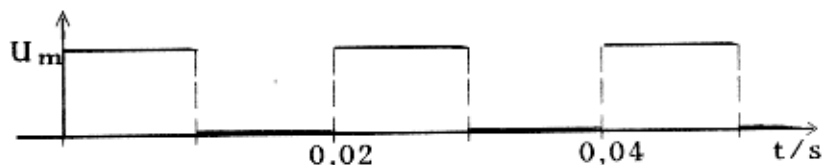
Die Auswertung des U_m -t-Diagramms ergibt für die Stromstärke I in Abhängigkeit von der Zeit die folgende Tabelle:

t/s	0	1	2	3	4	5	6
I / mA	0	49,8	79,7	97,8	108,6	115,1	119,1

- 1.1 Erklären Sie, welchen Zweck der Widerstand R_m bei der Ermittlung des I-t-Diagramms erfüllt.
- 1.2 Zeichnen Sie das I-t-Diagramm. ($1 \text{ s} \hat{=} 1 \text{ cm}$; $100 \text{ mA} \hat{=} 5 \text{ cm}$)

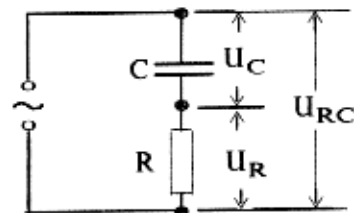
- 1.3 Begründen Sie, weshalb die Stromstärke nicht sofort einen konstanten Wert annimmt. Erklären Sie diesen Sachverhalt am Beispiel der Spannungswerte zur Zeit $t = 3 \text{ s}$.
- 1.4 Berechnen Sie die maximale Stromstärke.
- 1.5 Die Stromstärke wächst nach dem Gesetz $I(t) = I_0 \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t}\right)$ an. Stellen Sie die zugehörige Differentialgleichung auf und zeigen Sie, daß die angegebene Funktion diese Differentialgleichung löst.

- 2 Um Ein- und Ausschaltvorgang an einer Spule zusammen als stehendes Bild auf einem Oszilloskop darzustellen zu können, muß man die Induktivität der Spule und den ohmschen Gesamtwiderstand passend wählen. Als Spannungsquelle dient ein "Rechteckgenerator", der eine Spannung mit dem folgenden zeitlich periodischen Verlauf zur Verfügung stellt:



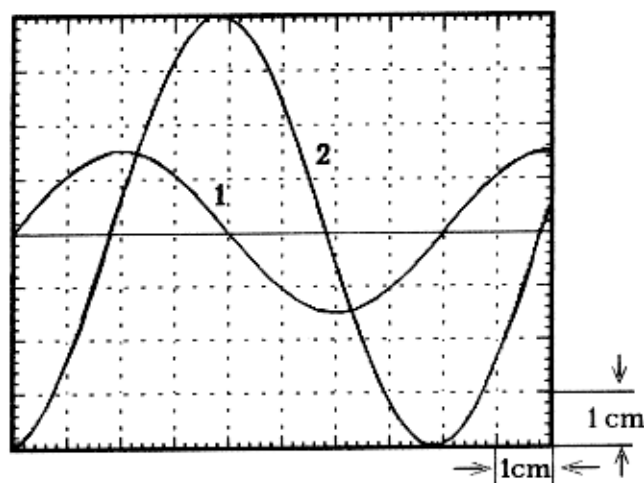
Die Stromstärke $I(t)$ soll beim Einschaltvorgang wenigstens bis auf 90 % ihres Maximalwertes ansteigen. Geben Sie ein Zahlenbeispiel für die zu wählende Induktivität L der Spule und den ohmschen Gesamtwiderstand R an. (Die Spannung U_m wird für die Berechnung nicht gebraucht).

- 3 Ein Kondensator mit der Kapazität C und ein ohmscher Widerstand R sind in Reihe geschaltet. Die angelegte Wechselspannung bewirkt einen sinusförmigen Wechselstrom mit der Gleichung $I(t) = I_0 \cdot \sin(\omega t)$.



- 3.1 Geben Sie die Gleichungen für die momentanen Spannungen $U_R(t)$ und $U_{RC}(t)$ an. Geben Sie die Gleichungen für die Scheitelspannungen an, wenn I_0 , R , C und ω bekannt sind.

- 3.2 Um die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung zu zeigen, werden die Spannungen $U_R(t)$ und $U_{RC}(t)$ auf einem Oszilloskop dargestellt.



Maßstab:

Zeitachse: 1 cm $\hat{=}$ 2,0 ms

y-Ablenkung:

Graph 1 : 1 cm $\hat{=}$ 2,0 V

Graph 2 : 1 cm $\hat{=}$ 5,0 V

- 3.2.1 Bestimmen Sie aus dem Oszillogramm die Frequenz und die Scheitelspannungen.
- 3.2.2 Berechnen Sie für einen Widerstand $R = 100 \Omega$ mit den in 3.2.1 bestimmten Werten die Kapazität des Kondensators. (Die Phasenverschiebung, die man nur ungenau dem Oszillogramm entnehmen könnte, ist für die Berechnung nicht zu benutzen).
- 3.2.3 Erläutern Sie, wie sich eine Veränderung des ohmschen Widerstandes auf die Phasenverschiebung zwischen Spannung $U_{RC}(t)$ und Stromstärke $I(t)$ auswirkt. Die Kapazität des Kondensators sei $C = 3,9 \mu\text{F}$. Bestimmen Sie den ohmschen Widerstand R so, daß die Phasenverschiebung der Spannung $U_{RC}(t)$ um nur 1% von derjenigen Phasenverschiebung abweicht, welche die Spannung am Kondensator $U_C(t)$ gegen die Stromstärke $I(t)$ hat.

Aufgabe III

- 1.1 Nennen Sie zwei experimentelle Ergebnisse zum Photoeffekt, die dem Wellenmodell widersprechen und für deren Deutung sich das Photonenmodell anbietet.
- 1.2 Die Plancksche Konstante kann aus dem Photoeffekt mit der Gegenfeldmethode bestimmt werden.
Welche Größen werden im Versuch gemessen?
Beschreiben Sie, wie man aus den Meßergebnissen die Plancksche Konstante bestimmt.

- 1.3 Auf die natriumbeschichtete Kathode einer Photozelle fällt die Leistung 100 mW des Lichtes einer Wasserstoffspektrallampe. Die Austrittsarbeit für Natrium ist 2,28 eV. Die Leistung verteilt sich zu 50 % auf Licht der Wellenlänge 656 nm, zu 30 % auf Licht der Wellenlänge 486 nm und zu 20 % auf Licht der Wellenlänge 434 nm. Berechnen Sie die Stärke des Photostroms, wenn im Mittel auf 10^7 einfallende Photonen nur ein freigeschlagenes Elektron entfällt und alle ausgelösten Elektronen von der Anode abgesaugt werden.
- 2.1 In einer Röntgenröhre beträgt die Beschleunigungsspannung 250 kV. Berechnen Sie die Mindestwellenlänge der Röntgenbremsstrahlung.
- 2.2 Röntgenstrahlung der Wellenlänge $5 \cdot 10^{-12}$ m wird an Elektronen gestreut, die als frei und ruhend angesehen werden können. Man beobachtet die Compton-Streuung unter dem Winkel 75° . (Hinweis: Für die Compton-Streuung gilt: $\Delta\lambda = \lambda_C (1 - \cos\theta)$, mit $\lambda_C = \frac{h}{m_e c}$).
- 2.2.1 Berechnen Sie die Wellenlänge der gestreuten Strahlung.
- 2.2.2 Fertigen Sie ein Impulsdiagramm zu dem Streuprozess an. (Wählen Sie für die Darstellung des Impulses des einfallenden Röntgenquants die Pfeillänge 5 cm). Lesen Sie aus dem Diagramm den Betrag und (bezogen auf die Richtung des einfallenden Photons) die Richtung des Elektronenimpulses ab. Berechnen Sie zur Kontrolle Betrag und Richtung des Elektronenimpulses.
- 2.2.3 Wie groß ist die kinetische Energie, die auf das Elektron übertragen wird ?
- 3 Ein Positron der kinetischen Energie $8 m_p c^2$ (m_p : Ruhemasse des Positrons) trifft auf ein ruhendes Elektron, worauf beide Teilchen zerstrahlen. Dabei entstehen zwei Photonen gleicher Energie.
- 3.1 Berechnen Sie für das Positron die Beträge von Geschwindigkeit und Impuls.
- 3.2 Begründen Sie, daß beide Photonen den gleichen Impulsbetrag haben. Berechnen Sie die Frequenz der entstehenden Strahlung und den Betrag des Photonenimpulses.

Elementarladung:	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$
Elektrische Feldkonstante:	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ AsV}^{-1} \text{ m}^{-1}$
Ruhemasse des Elektrons:	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Plancksche Konstante:	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Lichtgeschwindigkeit:	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$