



Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg

Hinweise für die Abiturientinnen und Abiturienten

Abiturprüfung 2002

Haupttermin **Leistungskurs P h y s i k**

Bearbeitungszeit: 240 Minuten

Hilfsmittel: Funktionentafel mit mathematischem Formelanhang
Taschenrechner (nicht programmierbar)

Hinweise: Sie erhalten **zwei** Aufgaben;

eine aus der

Gruppe I auf **weißem** Papier (I 1 oder I 2)

und eine weitere Aufgabe aus der

Gruppe II auf **farbigem** Papier (II 1 oder II 2).

Bearbeiten Sie **beide** Aufgaben.

Verwenden Sie für die Reinschrift und den Entwurf je Aufgabe einen neuen Bogen.

Vermerken Sie auf jedem Bogen die Nummer der bearbeiteten Aufgabe.

Sie sind verpflichtet, die Vollständigkeit der vorgelegten Aufgaben vor Bearbeitungsbeginn (auf Anzahl der Blätter, Anlagen usw.) zu überprüfen.

Lösungen auf den Aufgabenblättern werden nicht gewertet.



a) Ein Körper K der Masse $m = 1,25 \text{ kg}$ wird an eine Feder mit vernachlässigbarer Masse und der Härte $D = 20,0 \text{ Nm}^{-1}$ gehängt. Dabei verlängert sich die zunächst entspannte Feder um ℓ_0 bis zur Gleichgewichtslage 0 (siehe Abb.1).

- Berechnen Sie die Verlängerung ℓ_0 .

Nun wird K um $50,0 \text{ cm}$ aus der Gleichgewichtslage nach unten ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ losgelassen.

Jegliche Reibung wird vernachlässigt.

- Zeigen Sie mithilfe der auf K wirkenden Kräfte, dass die zeitabhängige Auslenkung $s(t)$ aus der Gleichgewichtslage 0 der Differenzialgleichung $m \cdot \ddot{s}(t) = -D \cdot s(t)$ genügt.
- Zeichnen Sie das Schaubild für die Geschwindigkeit $v(t)$ für $0 \text{ s} \leq t \leq 3,1 \text{ s}$ (t -Achse: $1 \text{ cm} \hat{=} 0,5 \text{ s}$; v -Achse: $1 \text{ cm} \hat{=} 1,0 \text{ ms}^{-1}$).

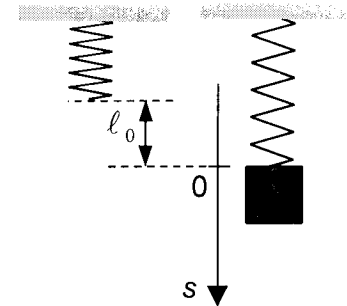


Abb. 1

(7 VP)

Der Boden eines Glasbehälters ist mit einer Kupferplatte bedeckt. In der Höhe $h_0 = 30,0 \text{ cm}$ über der Kupferplatte wird ein Sender S angebracht, der Mikrowellen der Frequenz $f = 2,00 \text{ GHz}$ senkrecht nach unten aussendet (siehe Abb. 2). Die Abnahme des Signals mit wachsender Entfernung vom Sender soll vernachlässigt werden. Am Sender findet keine Reflexion statt.

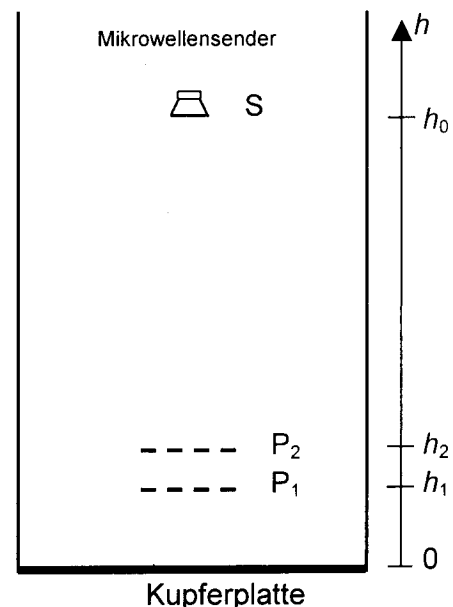
b) Der Glasbehälter sei zunächst mit Luft gefüllt.

- Begründen Sie, warum sich im Bereich zwischen Sender und Kupferplatte stehende Wellen ausbilden.
- Berechnen Sie den kleinsten Abstand zwischen zwei Schwingungsbäuchen.

Ein Empfänger, der auf Schwankungen der elektrischen Feldstärke reagiert, wird in Position P_1 in der Höhe $h_1 = 5,0 \text{ cm}$ und anschließend in Position P_2 in der Höhe $h_2 = 7,5 \text{ cm}$ gebracht (siehe Abb. 2).

- In welcher der beiden Positionen registriert der Empfänger das stärkere Signal?

Begründen Sie ihre Antwort. Berücksichtigen Sie dabei, dass sich an der Oberfläche der Kupferplatte ein Schwingungsknoten befindet.



Kupferplatte

Abb. 2

Der Glasbehälter wird nun mit einer Flüssigkeit der Brechungszahl $n = 1,5$ bis zur Höhe $h_2 = 7,5$ cm gefüllt. Von Reflexionen an der Flüssigkeitsoberfläche wird abgesehen.

- Bestimmen Sie alle Werte für h im Bereich $0 \text{ cm} \leq h \leq 30 \text{ cm}$, an denen sich Schwingungsknoten befinden.
- Skizzieren Sie die stehende Welle im Bereich $0 \text{ cm} \leq h \leq 30 \text{ cm}$, so dass die Lagen der Knoten und Bäuche erkennbar sind.

(9 VP)

c) Der Glasbehälter ist nun bis zum Rand mit einer Flüssigkeit gefüllt, deren Brechungszahl kleiner als 5 ist. In Position P_1 wird jetzt kein Signal registriert, in Position P_2 erhält man ein maximales Signal.

- Skizzieren Sie die beiden möglichen stehenden Wellen im Bereich $0 \text{ cm} \leq h \leq 10 \text{ cm}$, die diese Bedingungen erfüllen. Begründen Sie, warum es keine weiteren Möglichkeiten gibt.
- Welche Brechungszahl ergibt sich jeweils aus den skizzierten Wellen für die Flüssigkeit?

Um die Brechungszahl eindeutig zu bestimmen, wird der Empfänger an eine weitere Position P_3 gebracht.

- Geben Sie eine geeignete Position P_3 an und begründen Sie Ihre Wahl.

(8 VP)

d) Violette Licht der Wellenlänge $\lambda = 450 \text{ nm}$ fällt senkrecht auf eine Metallschicht, aus welcher dadurch Elektronen herausgelöst werden.

- Beschreiben Sie ein Experiment, mit dem die Maximalgeschwindigkeit der herausgelösten Elektronen bestimmt werden kann.
- Wie kann man aus der Maximalgeschwindigkeit der Elektronen die Ablösearbeit aus der Metallschicht ermitteln?
- In welchem Bereich darf diese Ablösearbeit liegen, damit sie mit Licht der Wellenlänge $\lambda = 450 \text{ nm}$ bestimmt werden kann?

(6 VP)

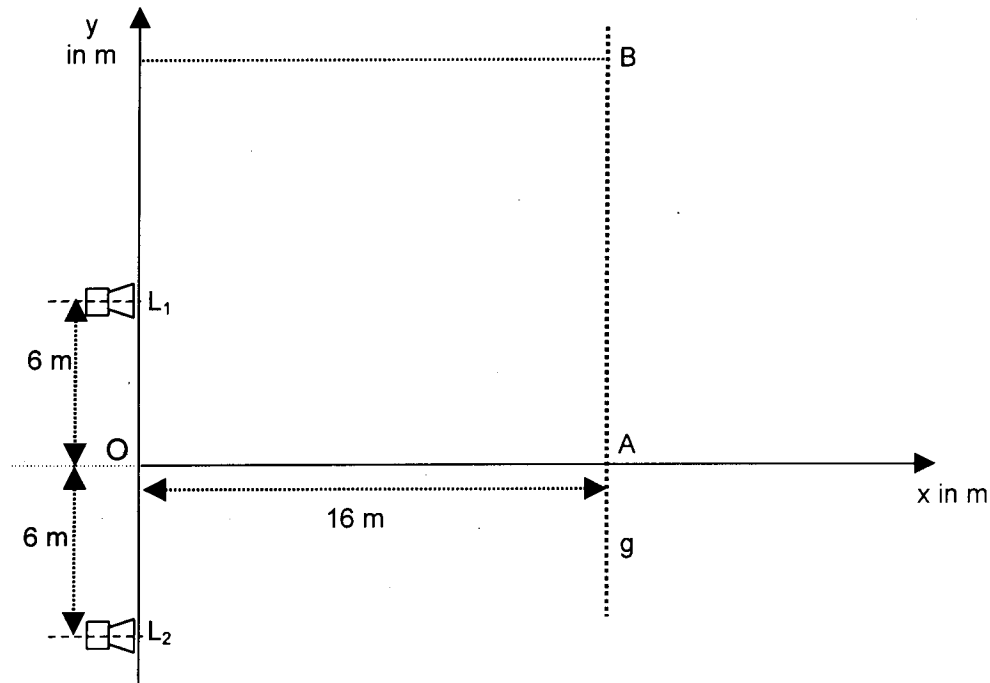
Erdbeschleunigung: $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$

Planck'sches Wirkungsquantum: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Vakuumlichtgeschwindigkeit: $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$



In einem x-y-Koordinatensystem befinden sich zwei Lautsprecher an den Positionen $L_1(0|6)$ bzw. $L_2(0|-6)$ (siehe Abb.). Mit einem druckempfindlichen Mikrofon untersucht man das entstehende Wellenfeld auf Minima und Maxima.



- a) Die Membranen der beiden Lautsprecher schwingen gleichphasig mit der Frequenz $f_1 = 170$ Hz. Das Mikrofon wird von A aus längs der Geraden g in positiver y-Richtung bewegt.
- Was lässt sich über die Intensitäten der registrierten Druckschwankungen in den Punkten A(16|0) und B(16|16) aussagen?
 - Wie viele Minima stellt man zwischen A und B fest?
 - Zeigen Sie, dass der Punkt C(16|25) in unmittelbarer Nähe eines Maximums liegt.
 - Begründen Sie, dass dies das letzte Maximum entlang der Geraden g ist, wenn man das Mikrofon weiter in positiver y-Richtung bewegt.
- (8 VP)
- b) Das Mikrofon befindet sich nun in B(16|16). Erhöht man die Frequenz von $f_1 = 170$ Hz auf $f_2 = 500$ Hz, so registriert man abwechselnd Maxima und Minima.
- Erklären Sie diese Beobachtung.
 - Wie viele Maxima erhält man im Bereich $170 \text{ Hz} \leq f \leq 500 \text{ Hz}$?
 - Welche kleinste Frequenz f_0 im Bereich $0 \text{ Hz} < f \leq 170 \text{ Hz}$ führt auch zu einem Maximum?
- (7 VP)

In einem ähnlichen Versuch befindet sich nur ein Lautsprecher im Ursprung $O(0|0)$. Er sendet Schallwellen der Frequenz $f = 500$ Hz aus. Das Mikrofon kann sich entlang der y -Achse bewegen und dabei den Lautsprecher ungehindert passieren.

- c) • Leiten Sie allgemein eine Beziehung für die Frequenz f^* her, die das Mikrofon registriert, wenn es sich mit der konstanten Geschwindigkeit v_0 ($v_0 < c$) vom Lautsprecher entfernt.

(Zwischenergebnis: $f^* = f \cdot (1 - \frac{v_0}{c})$)

Nun bewegt sich das Mikrofon mit der konstanten Geschwindigkeit $v_0 = 17 \text{ ms}^{-1}$ am Lautsprecher vorbei.

- Welche Frequenzen registriert das Mikrofon vor und nach dem Passieren des Lautsprechers?
- Welche Geschwindigkeit v_1 müsste das Mikrofon haben, damit sich der Ton beim Passieren des Lautsprechers gerade um eine Quinte (Frequenzverhältnis 3:2) ändert?

(8 VP)

- d) Das Mikrofon startet nun zum Zeitpunkt $t = 0$ s im Punkt $P(0|-30)$ aus der Ruhe heraus und wird mit $3,4 \text{ ms}^{-2}$ in positiver y -Richtung beschleunigt.
- Berechnen Sie die registrierten Frequenzen f^* zu den Zeitpunkten $t_1 = 3,0$ s und $t_2 = 5,0$ s.
 - Welche Beziehung ergibt sich allgemein für f^* in Abhängigkeit von der Zeit t ?
 - Zeichnen Sie das $t - f^*$ -Diagramm für $0 \text{ s} \leq t \leq 8 \text{ s}$ in ein Achsenkreuz.
(t -Achse: $1 \text{ cm} \hat{=} 1 \text{ s}$; f^* -Achse: $1 \text{ cm} \hat{=} 10 \text{ Hz}$)
(Koordinatenursprung bei $(0 \text{ s} | 500 \text{ Hz})$).

(7 VP)

Schallgeschwindigkeit: $c = 340 \text{ ms}^{-1}$



- a) • Erläutern Sie den Aufbau und die Funktionsweise eines Experiments zur Bestimmung der spezifischen Ladung $\frac{e}{m_e}$ von Elektronen.
- Zeigen Sie, wie man $\frac{e}{m_e}$ bestimmen kann und geben Sie die zu messenden Größen an.

(7 VP)

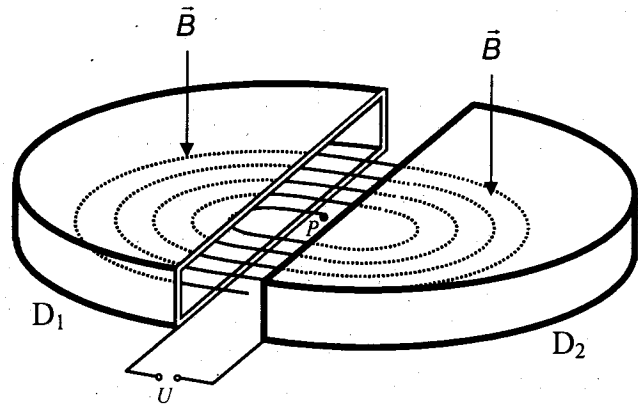
Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene Ansichten eines Zyklotrons, die nicht maßstabsgetreu sind. In der Mitte zwischen zwei halbzyklinderförmigen, hohlen Elektroden D_1 und D_2 befindet sich eine Protonenquelle P. Die beiden Elektroden haben einen Abstand von $d = 1,00$ cm. Die Anfangsgeschwindigkeit der Protonen beträgt 0 ms^{-1} .

An die beiden Elektroden wird eine Spannung $U = 9,58$ kV gelegt; die Protonen werden dadurch in einem homogenen elektrischen Feld zur Elektrode D_1 beschleunigt.

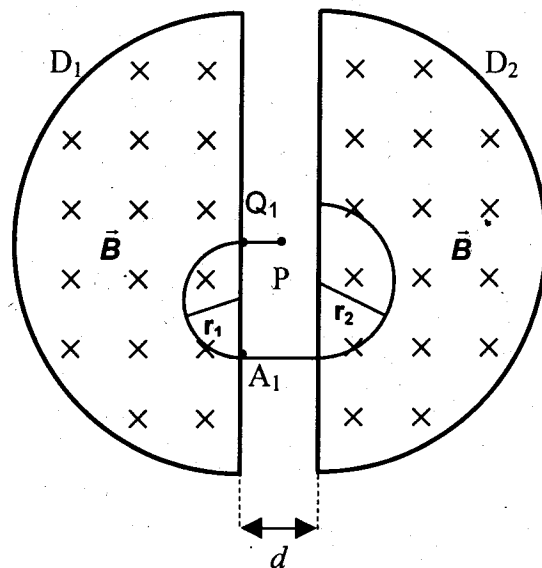
Im Innenraum der beiden Elektroden, in dem kein elektrisches Feld vorhanden ist, zwingt die Lorentzkraft eines homogenen magnetischen Feldes der Flussdichte $B = 1,00 \cdot 10^{-1}$ T die Protonen auf eine Kreisbahn.

- b) • Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v_1 , mit der ein Proton im Punkt Q_1 in die Elektrode D_1 eintritt, und die Zeit t_Q , die das Proton benötigt, um Q_1 zu erreichen.
- Zeigen Sie, dass der Radius r_1 der Kreisbahn in D_1 den Wert $10,0$ cm hat und bestimmen Sie die Zeit t_1 , die das Proton innerhalb der Elektrode D_1 benötigt, um sie im Punkt A_1 wieder zu verlassen.
- Zeigen Sie, dass die Zeit t_1 unabhängig von der Eintrittsgeschwindigkeit v_1 ist.

Schrägbild



Aufsicht



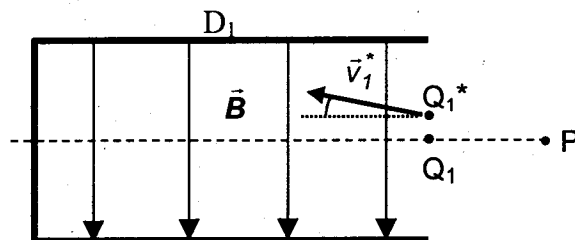
(8 VP)

- c) Die Geschwindigkeit der Protonen soll nun fortlaufend erhöht werden. Hierzu wird die zwischen den Elektroden anliegende Spannung immer dann umgepolt, wenn sich das Proton im Inneren einer Elektrode befindet. Da das elektrische Feld nur zwischen den Elektroden besteht, wird die Geschwindigkeit des Protons durch diese Umpolung nur jeweils dort erhöht.
- Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_2 , mit der das Proton erstmals in die Elektrode D_2 eintritt.
 - Zeigen Sie allgemein, dass für die Geschwindigkeit v_n beim n -ten Eintritt in eine Elektrode $v_n = \sqrt{2n-1} \cdot v_1$ gilt.
 - Berechnen Sie den Radius der anschließenden Kreisbahn, wenn die Energie der Protonen zum ersten Mal den Wert 1,00 MeV überschritten hat.

(8 VP)

- d) Durch eine geringfügige Störung der Anfangsbedingungen tritt ein Proton nach Verlassen der Protonenquelle im Punkt Q_1^* mit der Geschwindigkeit $v_1^* = 1,00 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1}$ in den Innenraum von D_1 ein. Q_1^* befindet sich 1,00 mm über dem bisherigen Eintrittspunkt Q_1 . Die Richtung von v_1^* weicht gegenüber der bisherigen Eintrittsrichtung um den Winkel $3,00^\circ$ nach oben ab (siehe nebenstehende Skizze).

Seitenteilansicht



- Beschreiben Sie die Bahn, die das Proton nun im Innenraum von D_1 durchläuft.
- Berechnen Sie auf drei geltende Ziffern genau, wie weit der neue Austrittspunkt A_1^* vom ursprünglichen Austrittspunkt A_1 (siehe Teilaufgabe b)) entfernt liegt.

(7 VP)

Vom Einfluss der Gravitationskraft und von relativistischen Effekten ist abzusehen.

Elektronenladung: $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

Protonenmasse: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$



a) In der Mitte zwischen zwei quadratischen Metallplatten mit dem Plattenabstand $d_1 = 10,0$ cm befindet sich an einem $\ell = 2,00$ m langen isolierenden Faden ein mit Aluminium überzogenes Kügelchen. Die Masse des Kügelchens beträgt $m = 5,00 \cdot 10^{-4}$ kg und es trägt die Ladung $q = 1,50 \cdot 10^{-9}$ C. Legt man an die Platten die Spannung U an, so wird das Kügelchen um die Strecke s ausgelenkt (siehe Abb. 1). Von Influenzladungen ist abzusehen.

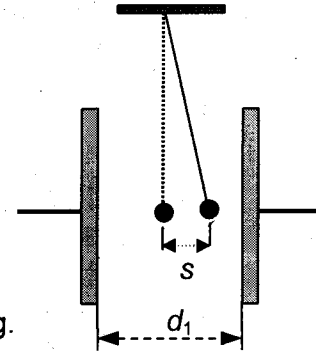


Abb. 1

- Erklären Sie anhand einer Skizze das Auftreten dieser Auslenkung.
- Leiten Sie einen Zusammenhang zwischen der auf das Kügelchen wirkenden elektrischen Feldkraft F_{el} und seiner Auslenkung s für kleine Auslenkungen her.
- Welche Spannung U_1 liegt zwischen den Platten, wenn die Auslenkung $s_1 = 3,00$ cm beträgt?
- Wie ändert sich die Auslenkung s_1 , wenn der Plattenabstand
I. bei angeschlossener Spannungsquelle
II. bei abgetrennter Spannungsquelle
vergrößert wird? Begründen Sie Ihre Antwort.

(8 VP)

b) Die quadratischen Platten eines Kondensators haben jeweils einen Flächeninhalt von 900 cm². Der Abstand der Platten beträgt jetzt $d_2 = 2,00$ cm. Die beiden Platten sind mit einem Elektroskop verbunden, dessen Eigenkapazität $C_E = 9,60$ pF beträgt. Der Schalter S ist zunächst geschlossen. Zwischen den Platten des Kondensators befindet sich Luft ($\epsilon_{r, Luft} = 1,0$). Die Spannung U_2 beträgt $4,00$ kV (siehe Abb. 2).

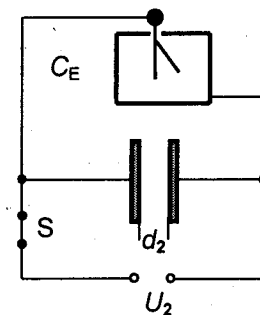


Abb. 2

- Berechnen Sie die Ladung auf dem Plattenkondensator und die Ladung auf dem Elektroskop.

Der Schalter S wird nun geöffnet. Anschließend wird der Raum zwischen den Kondensatorplatten vollständig mit einem Kunststoffquader der Dielektrizitätszahl $\epsilon_r = 3,0$ gefüllt.

- Erklären Sie mithilfe eines geeigneten Modells, warum sich die Kapazität des Kondensators dadurch ändert.
- Berechnen Sie die Spannung, die jetzt am Elektroskop anliegt.

(7 VP)

- c) Eine Spule mit der Eigeninduktivität $L = 50 \text{ mH}$ und dem ohmschen Widerstand $R_L = 10 \Omega$ wird mit einem Widerstand R_1 in Reihe geschaltet und an einen Sinusgenerator variabler Frequenz angeschlossen. Dessen Spannung hat den Effektivwert $U_{\text{eff}} = 20,0 \text{ V}$. Mit einem Zweikanal-Oszilloskop bestimmt man bei einer Frequenz $f_1 = 159 \text{ Hz}$ eine Phasenverschiebung von 45° zwischen der Stromstärke und der angelegten Wechselspannung.
- Zeichnen Sie eine Schaltskizze der Versuchsanordnung, die auch die Anschlüsse des Oszilloskops zur Aufnahme von Stromstärke und Spannung enthält.
 - Berechnen Sie den Widerstand R_1 .

Der Widerstand R_1 wird nun durch einen Kondensator der Kapazität $C = 20 \mu\text{F}$ ersetzt.

- Für welche Frequenz f_2 erhält man ein Maximum der Stromstärke?
- Berechnen Sie den Effektivwert der Stromstärke bei dieser Frequenz f_2 .

(7 VP)

- d) An die Schaltung in Abbildung 3 wird eine konstante Gleichspannung $U_0 = 32,0 \text{ V}$ gelegt. Die beiden Glühlampen G_1 und G_2 sind baugleich. Der Widerstand R_2 und der ohmsche Widerstand der Spule, die eine große Eigeninduktivität besitzt, betragen jeweils 280Ω .

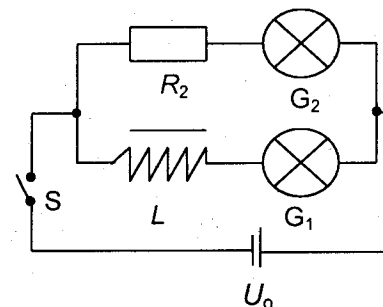


Abb. 3

Der zeitliche Verlauf der Stromstärke $I_1(t)$ im Zweig mit der Spule ist im Diagramm in Abbildung 4 auf Blatt 3 dargestellt.

- Bestimmen Sie mithilfe des Diagramms den Widerstand einer Lampe.
- Bestimmen Sie mithilfe des Diagramms in Abbildung 4 näherungsweise die Eigeninduktivität der Spule.
- Wie groß ist die Stromstärke I_1 , wenn die Selbstinduktionsspannung gerade $3,00 \text{ V}$ beträgt?

(8 VP)

Erdbeschleunigung: $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$

Elektrische Feldkonstante: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$

Die elektrischen Felder sind als homogen zu betrachten.

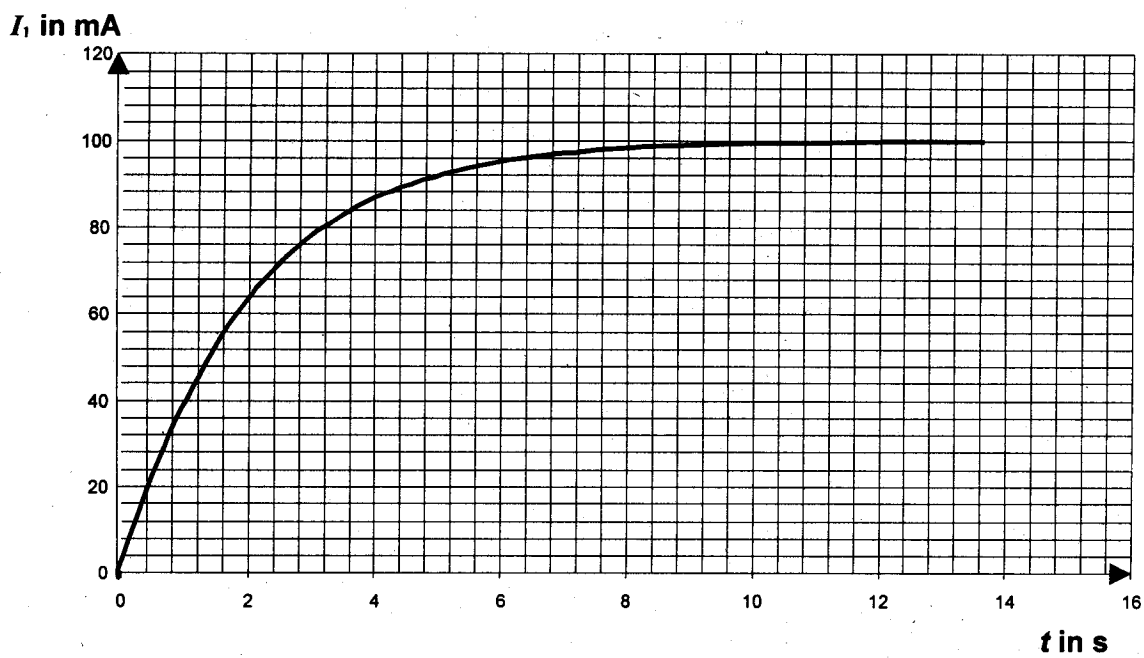


Abb. 4