Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg

# Hinweise für die Abiturientinnen und Abiturienten

Abiturprüfung **2002**

<u>Haupttermin</u> **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 <u>nicht</u> gewertet.

18
17

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg

**Abiturprüfung 2002** | Leistungskurs **P h y s i k** | Aufgabe **I 1**

Haupttermin | Blatt **1** - 2

a) Ein Körper K der Masse $m$ = 1,25 kg wird an eine Feder mit vernachlässigbarer Masse und der Härte $D$ = 20,0 Nm$^{-1}$ gehängt. Dabei verlängert sich die zunächst entspannte Feder um $\ell_0$ bis zur Gleichgewichtslage 0 (siehe Abb.1).

- Berechnen Sie die Verlängerung $\ell_0$.

Nun wird K um 50,0 cm aus der Gleichgewichtslage nach unten ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t_0$ = 0 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 s $\leq t \leq$ 3,1 s ($t$ - Achse: 1 cm $\hat{=}$ 0,5 s; $v$ - Achse: 1 cm $\hat{=}$ 1,0 ms$^{-1}$).

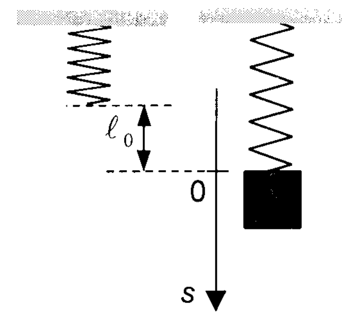



Abb. 1

**(7 VP)**

Der Boden eines Glasbehälters ist mit einer Kupferplatte bedeckt. In der Höhe $h_0$ = 30,0 cm über der Kupferplatte wird ein Sender S angebracht, der Mikrowellen der Frequenz $f$ = 2,00 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.

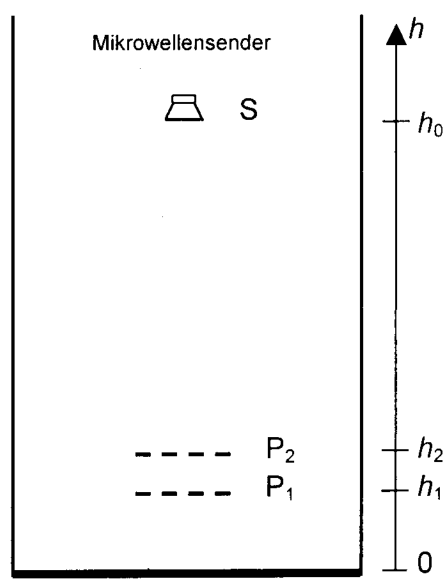
b) Der Glasbehälter sei zunächst mit Luft gefüllt.

- 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 cm und anschließend in Position $P_2$ in der Höhe $h_2$ = 7,5 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 cm $\leq h \leq$ 30 cm, an denen sich Schwingungsknoten befinden.
- Skizzieren Sie die stehende Welle im Bereich 0 cm $\leq h \leq$ 30 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 cm $\leq h \leq$ 10 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) Violettes Licht der Wellenlänge $\lambda$ = 450 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 nm bestimmt werden kann?

**(6 VP)**

---

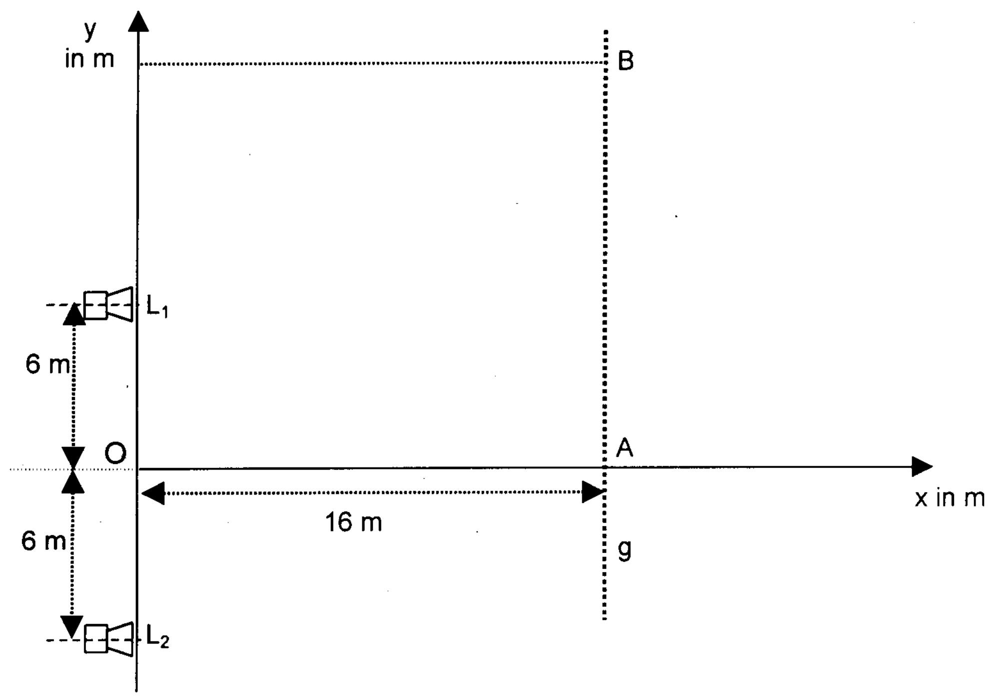
Erdbeschleunigung: $g = 9{,}81\ \text{ms}^{-2}$
Planck'sches Wirkungsquantum: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{Js}$
Vakuumlichtgeschwindigkeit: $c = 3{,}00 \cdot 10^{8}\ \text{ms}^{-1}$

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg

**Abiturprüfung 2002** | Leistungskurs **Physik** | Aufgabe **I 2**

Haupttermin | Blatt **1** - 2

In einem x-y-Koodinatensystem 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 Hz $\leq f \leq$ 500 Hz?
- Welche kleinste Frequenz $f_0$ im Bereich 0 Hz < $f \leq$ 170 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: $f^* = f \cdot (1 - \frac{v_o}{c})$ )

Nun bewegt sich das Mikrofon mit der konstanten Geschwindigkeit $v_0 = 17\ \mathrm{ms^{-1}}$ 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 $3{,}4\ \mathrm{ms^{-2}}$ 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 $0\ \mathrm{s} \le t \le 8$ s in ein Achsenkreuz.
  ($t$ - Achse: 1 cm $\hat{=}$ 1 s; $f^*$ - Achse: 1 cm $\hat{=}$ 10 Hz)
  (Koordinatenursprung bei (0s | 500 Hz)).

**(7 VP)**

---

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

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg

**Abiturprüfung 2002** | Leistungskurs **Physik** | Aufgabe **II 1**

Haupttermin | Blatt **1 - 2**

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.

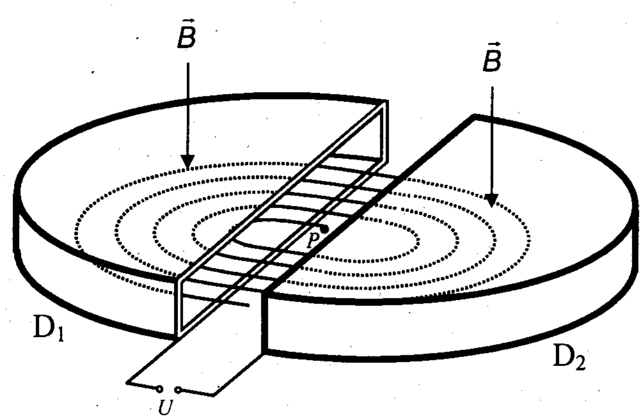
**(7 VP)**

Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene Ansichten eines Zyklotrons, die nicht maßstabsgetreu sind. In der Mitte zwischen zwei halbzylinderförmigen, 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 $\mathrm{ms}^{-1}$.

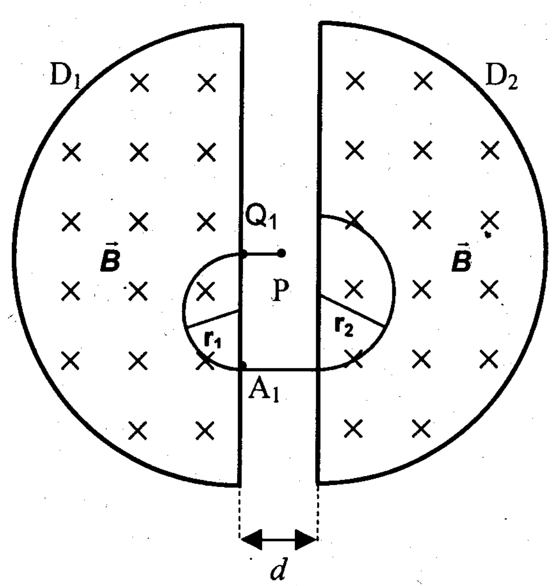
An die beiden Elektroden wird eine Spannung $U = 9{,}58$ kV gelegt; die Protonen werden dadurch in einem homogenen elektrischen Feld zur Elektrode $D_1$ beschleunigt.

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.

**Schrägbild**




**Aufsicht**




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.

**(8 VP)**

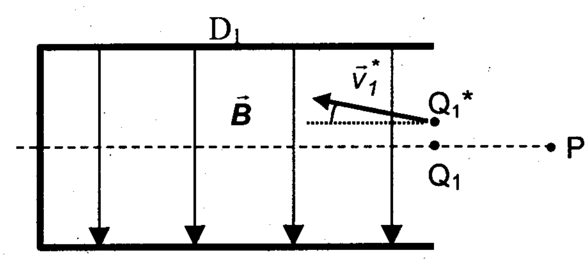
c) Die Geschwindigkeit der Protonen soll nun fortlaufend erhöht werden. Hierzu wird die zwischen den Elektroden anliegende Spannung immer dann umgepolt, wenn sich das Proton im Inneren einer Elektrode befindet. Da das elektrische Feld nur zwischen den Elektroden besteht, wird die Geschwindigkeit des 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 $v_1^* = 1{,}00 \cdot 10^6\ \mathrm{ms^{-1}}$ 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° 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: $e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ As
Protonenmasse: $m_P = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg

**Abiturprüfung 2002** | Leistungskurs **Physik** | Aufgabe **II 2**

Haupttermin | Blatt **1 - 3**

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.

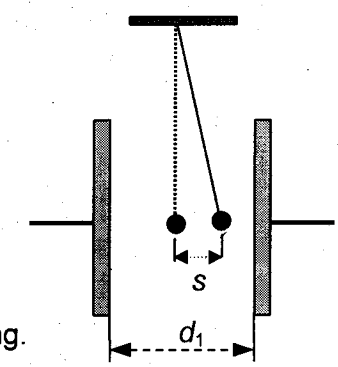



Abb. 1

- 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 cm$^2$. 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 ($\varepsilon_{r,Luft}$ = 1,0). Die Spannung $U_2$ beträgt 4,00 kV (siehe Abb. 2).

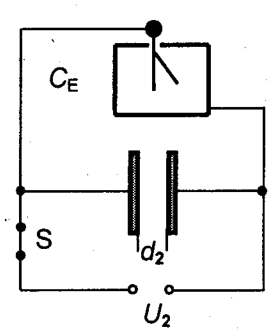



Abb. 2

- 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 $\varepsilon_r$ = 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 $L = 50$ 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 $U_{eff} = 20{,}0$ V. Mit einem Zweikanal-Oszilloskop bestimmt man bei einer Frequenz $f_1 = 159$ 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 $C = 20\ \mu$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 $U_0 = 32{,}0$ 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 280 Ω.

- Was beobachtet man nach dem Schließen des Schalters? Begründen Sie ihre Antwort.

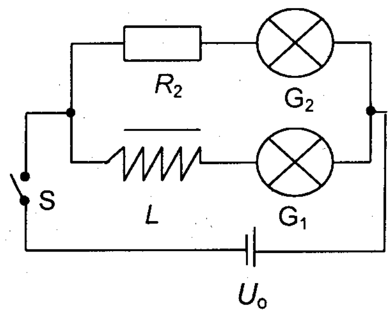



Abb. 3

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 V beträgt?

**(8 VP)**

---

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

Elektrische Feldkonstante: $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ \text{Fm}^{-1}$

Die elektrischen Felder sind als homogen zu betrachten.

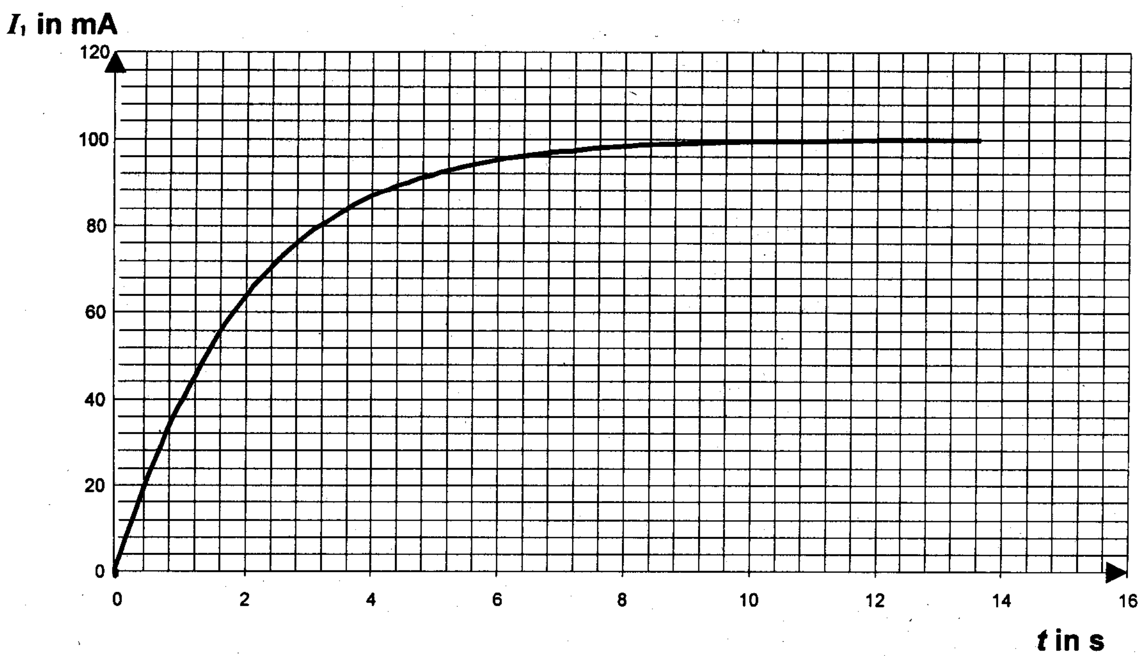



Abb. 4