



Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg

Hinweise für die Abiturientinnen und Abiturienten

Abiturprüfung 2001

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 ).

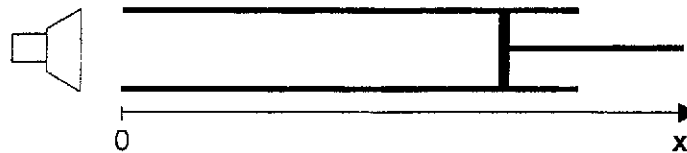
Bearbeiten Sie **beide** Aufgaben.

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.



Ein 1,5 m langes Glasrohr ist rechts von einem verschiebbaren Stempel begrenzt. Der vor dem linken, offenen Ende stehende Lautsprecher sendet sinusförmige Schallwellen aus. Von einer Abnahme der Amplitude im Innern des Rohrs ist abzusehen.

- a) Der Stempel steht bei  $x_1 = 1,00$  m. Die Schallgeschwindigkeit beträgt  $c = 340 \text{ ms}^{-1}$ .
- Berechnen Sie die 3 kleinsten Frequenzen, bei denen sich Resonanz ergibt.
  - Skizzieren Sie für diese 3 Fälle die Verteilung der Druck- und der Schnelleamplituden.
  - Geben Sie eine allgemeine Beziehung für alle möglichen Resonanzfrequenzen bei vorgegebener Stempelstellung  $x_0$  an. **(9 VP)**
- b) Nun wird in einem neuen Versuch die Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Temperatur untersucht. Der Stempel steht bei  $x_2 = 1,05$  m und wird zunächst nicht verschoben. Bei der Temperatur  $\vartheta = 20,0^\circ \text{ C}$  ergibt sich eine Schallgeschwindigkeit von  $c = 340 \text{ ms}^{-1}$ . Für die Frequenz  $f = 1,70 \cdot 10^3 \text{ Hz}$  ergibt sich Resonanz. Man variiert die Temperatur und verändert die Frequenz um  $\Delta f$  so, dass wieder Resonanz eintritt und die Zahl der Druckbäuche gleich bleibt. Dabei ergibt sich folgende Tabelle:

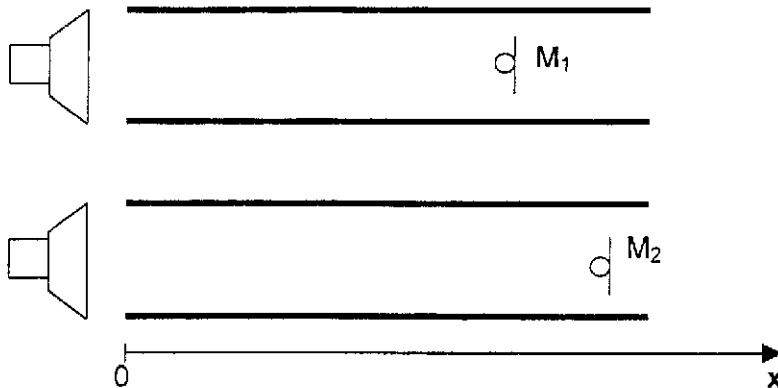
$\vartheta$ in $^\circ \text{ C}$	0	20,0	40,0	60,0	80,0
$\Delta f$ in Hz	-60,0	0	55,0	110	160

- Berechnen Sie die zugehörigen Schallgeschwindigkeiten.
- Zeichnen Sie ein  $c$ - $\vartheta$ -Diagramm (Koordinatenursprung bei  $(0^\circ \text{ C} \mid 320 \text{ ms}^{-1})$ ).

Resonanz bei gleicher Zahl der Druckbäuche lässt sich auch bei der konstanten Frequenz  $f = 1,70 \cdot 10^3 \text{ Hz}$  durch geeignetes Verschieben des Stempels erreichen.

- Bestimmen Sie mithilfe des Diagramms, um welche Strecke  $\Delta x$  der Stempel verschoben werden müsste, wenn die Temperatur von  $20,0^\circ \text{ C}$  auf  $70,0^\circ \text{ C}$  erhöht wird. **(11 VP)**

c)

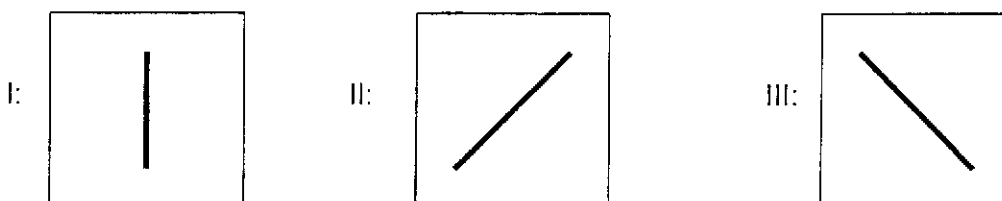


Für weitere Versuche können zwei gleiche, beidseitig offene, 1,5 m lange Glasrohre von zwei phasengleich schwingenden Lautsprechern zu Resonanz angeregt werden. Die Wellenlänge beträgt dabei  $\lambda = 1,00$  m. Die beiden druckempfindlichen Mikrofone  $M_1$  und  $M_2$  stören die Schallfelder in den Rohren nicht.

Zunächst ist nur  $M_1$  an die y-Ablenkung eines Oszilloskops angeschlossen. Die Zeitablenkung bleibt ausgeschaltet. Man schiebt  $M_1$  längs der x-Achse durch das Rohr.

- Für welche Positionen des Mikrofons  $M_1$  ist die Strichlänge auf dem Oszilloskopschirm maximal?

$M_1$  bleibt an die y-Ablenkung angeschlossen,  $M_2$  wird zusätzlich an die x-Ablenkung des Oszilloskops angeschlossen. Bei verschiedenen Stellungen der Mikrofone erhält man folgende Schirmbilder, jeweils mit maximaler Strichlänge:



- Geben Sie für jedes Schirmbild zwei Möglichkeiten an, an welchen Positionen sich  $M_1$  und  $M_2$  befinden können. Begründen Sie Ihre Antwort.

Die beiden Mikrofone stehen nun bei  $x_3 = 0,30$  m und  $x_4 = 0,75$  m. Die Frequenz wird so gewählt, dass auf dem Schirm ein Punkt zu sehen ist.

- Geben Sie zwei mögliche Frequenzen an ( $c = 340 \text{ ms}^{-1}$ ). (10 VP)



a) Das Spektrum einer Quecksilberdampfampe enthält im sichtbaren Bereich fünf Linien:

Farbe	violett	blau	blaugrün	grün	gelb
Wellenlänge in nm	405	436	488	546	579

Paralleles Licht der Quecksilberdampfampe fällt als schmales Bündel senkrecht auf ein Gitter mit 2000 Strichen pro cm. Im Abstand  $a = 2,00$  m vom Gitter befindet sich ein Schirm parallel zur Gitterebene.

- Wie breit muss der Schirm mindestens sein, damit sich die beiden Spektren 6. Ordnung noch beobachten lassen?

Zwei violette Linien  $k$ -ter Ordnung haben auf dem Schirm einen Abstand von 65,7 cm.

- Ermitteln Sie den Abstand der beiden gelben Linien derselben Ordnung.

Ersetzt man das Gitter durch ein Prisma, so lässt sich auf dem Schirm ebenfalls ein Spektrum beobachten.

- Welche Ursache hat diese spektrale Zerlegung des Lichts?
- Skizzieren Sie den Strahlengang für die Farbanteile gelb und violett.

(9 VP)

b) Die einzelnen Spektrallinien werden nun mithilfe einer Vakuumfotозelle untersucht. Mit einem hochohmigen Spannungsmessgerät werden zwischen Kathode und Anode folgende Spannungen gemessen:

Farbe der Linie	blau	grün	gelb
Spannung in V	0,98	0,45	0,28

- Erklären Sie das Auftreten dieser Spannungen.
- Zeichnen Sie ein  $U$ - $f$ -Diagramm ( $f$ -Achse:  $1 \text{ cm} \hat{=} 1,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ;  $U$ -Achse:  $1 \text{ cm} \hat{=} 0,20 \text{ V}$ ).
- Ermitteln Sie anhand des Diagramms den Wert des Planck'schen Wirkungsquantums.
- Entnehmen Sie dem Diagramm durch Extrapolation den Wert der Spannung, die sich an der Fotозelle bei Bestrahlung mit dem violetten Licht der Lampe einstellen würde.
- Zeichnen Sie in das vorhandene Schaubild das  $U$ - $f$ -Diagramm einer Fotозelle mit einer Ablösearbeit von  $1,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ein.

(10 VP)

c) Nun sollen Experimente mit Röntgenstrahlen durchgeführt werden.

Lässt man monochromatische Röntgenstrahlung auf die Oberfläche eines Einkristalls fallen, so beobachtet man unter bestimmten Reflexionswinkeln Intensitätsmaxima.

- Leiten Sie mithilfe einer Skizze eine Beziehung her zwischen dem Netzebenenabstand des Einkristalls und den Glanzwinkeln, unter denen Maxima beobachtet werden können.

Bei einem Einkristall mit einem Netzebenenabstand von 200 pm beobachtet man zwei aufeinanderfolgende Intensitätsmaxima unter den Glanzwinkeln  $36,8^\circ$  und  $53,1^\circ$ .

- Berechnen Sie die Wellenlänge der verwendeten Röntgenstrahlung.

Eine Röntgenröhre wird mit einer Anodenspannung von 25,5 kV betrieben.

Lässt man ein schmales Bündel des kontinuierlichen Spektrums dieser Röntgenröhre auf den Einkristall treffen, so ergibt sich eine Intensitätsverteilung des reflektierten Röntgenlichts in Abhängigkeit vom Glanzwinkel.

- Ab welchem Grenzwinkel ist Reflexion zu erwarten?
- Welche Bedeutung hat der Begriff Grenzfrequenz bei der Erzeugung von Röntgenstrahlung, welche Bedeutung hat er beim Fotoeffekt?

(11 VP)

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

Elementarladung:  $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$  C

Vakuumlichtgeschwindigkeit:  $c = 3,00 \cdot 10^8$  ms<sup>-1</sup>



a) Elektronen gelangen mit vernachlässigbarer Geschwindigkeit bei O in den Kondensator  $K_1$ . In dessen homogenem Feld werden sie längs der elektrischen Feldlinien auf die Geschwindigkeit  $v_1$  beschleunigt. Die Spannung am Kondensator  $K_1$  beträgt  $U_1 = 71 \text{ V}$ , der Plattenabstand  $d_1 = 10 \text{ cm}$  (siehe Abb. 1).

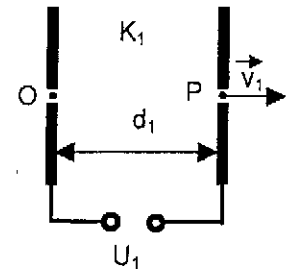


Abb. 1

- Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v_1$  der Elektronen im Punkt P.
- Berechnen Sie ihre Flugzeit  $t_1$  von O nach P.
- Wie verändern sich die Flugzeit  $t_1$  und die Geschwindigkeit  $v_1$ , wenn man
  - 1.) bei konstanter Spannung  $U_1$  den Plattenabstand verdoppelt?
  - 2.) bei konstantem Plattenabstand  $d_1$  die Spannung vervierfacht?

(7 VP)

b) Zum Zeitpunkt  $t_0 = 0 \text{ s}$  tritt ein Elektron bei P mit der Geschwindigkeit  $v_P = 5,0 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1}$  senkrecht zu den Feldlinien in das homogene elektrische Feld eines Kondensators  $K_2$  ein. An  $K_2$  ist eine Rechteckspannung so angelegt, dass das Elektron auf der in Abbildung 2 gezeigten Bahn den Kondensator durchläuft.

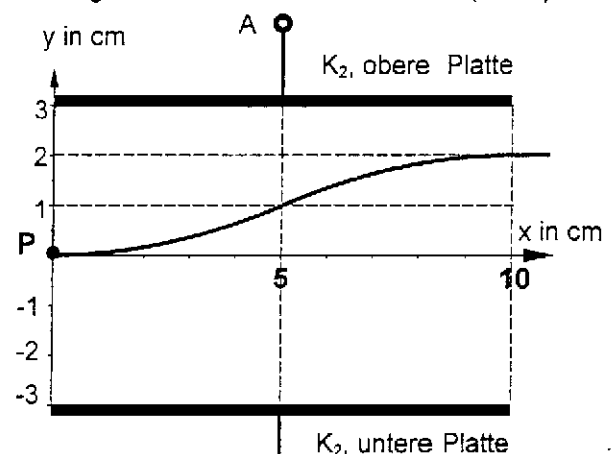


Abb. 2

- Nach welcher Zeit  $t_2$  verlässt das Elektron den Kondensator  $K_2$ ?
- Zeichnen und begründen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung  $U_{AB}$  am Kondensator.

(7 VP)

c) Nun treten bei P Elektronen der kinetischen Energie  $W_P = 2,0 \text{ keV}$  senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes magnetisches Feld der Flussdichte  $B$  und der Breite  $b = 5,0 \text{ cm}$  ein (siehe Abb. 3). Das B-Feld ist als nach oben und unten unbegrenzt anzusehen.

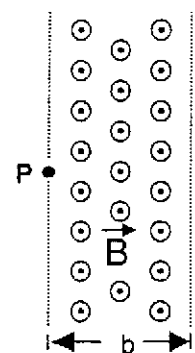


Abb. 3

- Erläutern Sie, ob die kinetische Energie  $W_P$  durch das Magnetfeld beeinflusst wird.
- Wie groß muss  $B$  mindestens sein, damit die Elektronen im Magnetfeld einen Halbkreis durchlaufen?

Die magnetische Flussdichte wird nun auf den Betrag  $B_1 = 3,0 \text{ mT}$  eingestellt; die kinetische Energie  $W_P$  der Elektronen wird verändert.

- Zeichnen Sie die Bahnen von Elektronen mit den kinetischen Energien  $W_1 = W_P$ ;  $W_2 = 0,25 \cdot W_P$  und  $W_3 = 4 \cdot W_P$  innerhalb des Magnetfelds im Maßstab 1:1.

(8 VP)

- d) In einem Versuch mit Protonen ist das homogene Magnetfeld auf einen ringförmigen Bereich der Breite  $d_2 = 20 \text{ cm}$  beschränkt. Die magnetische Flussdichte  $B_2$  ist so eingestellt, dass die Protonen mit der Masse  $m_P$  und der Geschwindigkeit  $v_2 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1}$  vom Punkt P aus die eingezeichnete Kreisbahn mit dem Radius  $r = 20 \text{ m}$  durchlaufen (siehe Abb. 4).

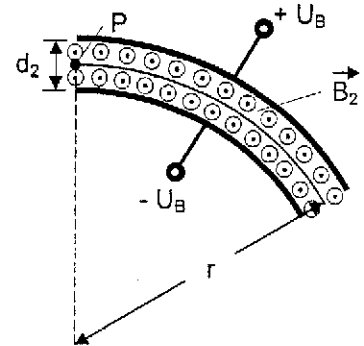


Abb. 4

- Bestimmen Sie die magnetische Flussdichte  $B_2$ .

An Stelle der Protonen werden jetzt einfach positiv geladene Neon-Ionen der Masse  $m^*$  ( $m^* > m_P$ ) verwendet, die die gleiche Geschwindigkeit  $v_2$  wie die Protonen haben. Sie sollen bei unveränderter magnetischer Flussdichte  $B_2$  auf der gleichen Kreisbahn wie die Protonen geführt werden. Man erreicht dies, indem man eine Spannung  $U_B$  an die Begrenzungsplatten anlegt (siehe Abb. 4). Zur Berechnung der elektrischen Feldstärke im Bahnbereich kann wegen  $r \gg d_2$  näherungsweise die Formel  $E = \frac{U_B}{d_2}$  benutzt werden.

- Welche Kräfte wirken dabei auf ein Neon-Ion?
- Berechnen Sie die Masse der Neon-Ionen, wenn zum Durchlaufen der Kreisbahn die Spannung  $U_B = 45 \text{ V}$  erforderlich ist.

(8 VP)

Die Versuche laufen im Vakuum ab.

Von relativistischen Betrachtungen sowie von Randfeldern ist abzusehen.

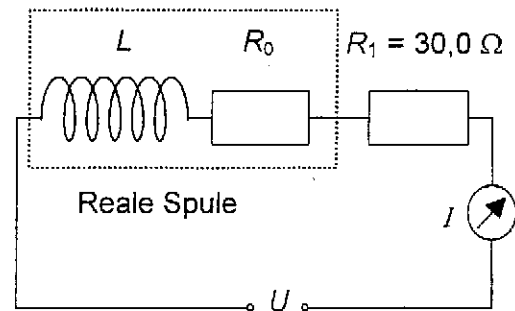
Elektronenmasse:  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

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

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



Eine Spule mit der Eigeninduktivität  $L$  und dem Gleichstromwiderstand  $R_0$  liegt mit einem ohmschen Widerstand  $R_1 = 30,0 \Omega$  in Reihe (siehe Abb.). Der ohmsche Widerstand des Strommessgeräts wird vernachlässigt.



- a) Zunächst wird eine Gleichspannung  $U_G = 12,0 \text{ V}$  angelegt. Dabei ist die Stromstärke konstant  $I_G = 286 \text{ mA}$ . Anschließend legt man eine sinusförmige Wechselspannung mit dem Effektivwert  $U_{\text{eff}} = 12,0 \text{ V}$  und der Frequenz  $f_1 = 85,0 \text{ Hz}$  an. Nun misst man die Stromstärke  $I_{\text{eff},1} = 261 \text{ mA}$ .
- Berechnen Sie den Wechselstromwiderstand  $Z$  der Schaltung, den Gleichstromwiderstand  $R_0$  der Spule und ihre Eigeninduktivität  $L$ .
  - Bestimmen Sie die Wirkleistung in diesem Wechselstromkreis.

(6 VP)

- b) Eine Spule (Eigeninduktivität  $L = 35,0 \text{ mH}$ , Gleichstromwiderstand  $R_0 = 12,0 \Omega$ ) und ein ohmscher Widerstand  $R_1 = 30,0 \Omega$  sind in Reihe geschaltet. An die Anordnung wird eine sinusförmige Wechselspannung mit dem Effektivwert  $U_{\text{eff}} = 12,0 \text{ V}$  und variabler Frequenz gelegt.
- Berechnen Sie die effektive Stromstärke  $I_{\text{eff},2}$  und die Effektivwerte der beiden Teilspannungen  $U_{\text{Sp}}$  an der Spule sowie  $U_{R_1}$  am Widerstand  $R_1$ , wenn die Frequenz der Wechselspannung  $f_2 = 200 \text{ Hz}$  beträgt.
  - Für welche Frequenzen ist die Teilspannung  $U_{\text{Sp}}$  an der Spule größer als die am ohmschen Widerstand  $R_1$ ?
  - Gegen welche Werte streben die Teilspannungen  $U_{\text{Sp}}$  und  $U_{R_1}$  für sehr kleine und sehr große Frequenzen? Begründen Sie Ihre Aussagen.

(9 VP)



- c) An die Anordnung von Teilaufgabe b) ist wieder die sinusförmige Wechselspannung  $U(t) = \hat{U} \cdot \sin \omega t$  mit dem Effektivwert  $U_{\text{eff}} = 12,0 \text{ V}$  und der Frequenz  $f_2 = 200 \text{ Hz}$  angelegt; es fließt wieder der Strom  $I_{\text{eff},2}$ .

Der zeitliche Verlauf der angelegten Spannung  $U(t)$  und die Teilspannung  $U_{R_1}(t)$  am ohmschen Widerstand  $R_1$  werden auf einem Zweikanal-Oszilloskop dargestellt. Die Empfindlichkeit ist auf beiden Kanälen auf  $5 \text{ V/cm}$  eingestellt. Auf dem  $10 \text{ cm}$  breiten Bildschirm ist von  $U(t)$  genau eine Periode zu sehen.

- Welche horizontale Zeitablenkung in  $\text{s/cm}$  ist auf dem Oszilloskop gewählt?
- Zeichnen Sie in ein Koordinatensystem das  $U(t)$ -Diagramm und das  $U_{R_1}(t)$ -Diagramm im gleichen Maßstab wie auf dem Bildschirm des Oszilloskops.

(8 VP)

- d) Nun wird an die Anordnung von Teilaufgabe b) ein Kondensator mit der Kapazität  $C = 500 \text{ nF}$  in Reihe dazu geschaltet. Die angelegte Wechselspannung hat weiterhin den Effektivwert  $U_{\text{eff}} = 12,0 \text{ V}$ . Im Experiment soll nun das Resonanzverhalten einer solchen Reihenschaltung gezeigt werden.

In einem ersten Versuch variiert man dazu die Frequenz  $f$ .

- Bei welcher Frequenz erreicht die Stromstärke ihren größten Wert?

In einem zweiten Versuch soll die Resonanz durch Variieren der Eigeninduktivität  $L$  der Spule erzielt werden. Dabei hält man die Frequenz konstant bei  $f_2 = 200 \text{ Hz}$ . Durch Einschieben eines Eisenkerns in die Spule kann deren Eigeninduktivität bis zum sechsfachen Wert gesteigert werden.

- Zeigen Sie, dass bei diesem Versuch der Resonanzfall nicht erreicht wird.

Die Frequenz der Wechselspannung soll nun so gewählt werden, dass während des Einschiebens des Eisenkerns der Resonanzeffekt beobachtet werden kann.

- Geben Sie einen geeigneten Wert  $f_3$  an und begründen Sie Ihre Aussage.

(7 VP)