Thüringer Kultusministerium

Abiturprüfung 1995

Physik

als Leistungsfach
(Haupttermin)

Hinweise für die Prüfungsteilnehmerinnen und Prüfungsteilnehmer

Arbeitszeit:	240 Minuten
Einlesezeit:	30 Minuten
Hilfsmittel:	Taschenrechner (nicht programmierbar, nicht graphikfähig) Tafelwerk

Der Prüfungsteilnehmer wählt von den Aufgaben 1, 2 und 3 eine zur Bearbeitung aus.

Rechts unten neben jeder Teilaufgabe steht die für diese Teilaufgabe maximal erreichbare Anzahl von Bewertungseinheiten (BE).

Aufgabe 1

1 Bringt man Kochsalz (NaCl) in die Flamme eines Bunsenbrenners mit der Flammentemperatur $1200^{o}C$, so geht von der Flamme gelbes Licht der Wellenlänge $589\ nm$ aus.

1.1 Erklären Sie das Zustandekommen dieser Lichtemission!

1.2 Nennen Sie die grundsätzlichen Annahmen des Rutherfordschen Atommodells!
Wieso läßt sich die Existenz dieser charakteristischen Wellenlänge mit diesem Atommodell nicht befriedigend erklären?

1.3 Welche Energie ist zur Anregung dieser Leuchterscheinung mindestens nötig? Berechnen Sie mit Hilfe der kinetisch-statistischen Gastheorie die mittlere kinetische Energie der Gasteilchen in der Flamme!

1.4 Vergleichen Sie beide Energiewerte aus Aufgabe 1.3!
Erklären Sie auf der Grundlage der kinetisch-statistischen Gastheorie, daß Gasteilchen in der Lage sind, Natriumatome anzuregen!

1.5 Erklären Sie, warum man bei diesem Versuch keine stationären Interferenzbilder erhält!

22 BE

2 Mit Hilfe einer dünnen planparallelen Glasschicht ($n = 1{,}5$) der Dicke d soll paralleles Licht der Wellenlänge $589\ nm$ zum Zwecke der Überlagerung in zwei Bündel geteilt werden.
Das die Glasschicht umgebende Medium ist Luft.

2.1 Skizzieren Sie den Strahlengang für den Fall, daß die Interferenz durch jenes Licht erzeugt wird, welches nicht auf der anderen Schichtseite wieder austritt!

2.2 Begründen Sie die Notwendigkeit, neben dem geometrischen Weg s die optische Weglänge L einzuführen!

2.3 Leiten Sie eine Gleichung zur Berechnung des optischen Gangunterschiedes ΔL in Abhängigkeit von der Dicke d, der Brechzahl n und dem Einfallswinkel α her!
Ergebnis: $\Delta L = 2 \cdot d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2}$

2.4 Berechnen Sie die Dicke der dünnen Schicht, für die unter einem Einfalls-
winkel von 30^o das 1. Minimum beobachtet wird!

2.5 Nennen Sie ein Beispiel für die technische Anwendung der Interferenz an dünnen Schichten!

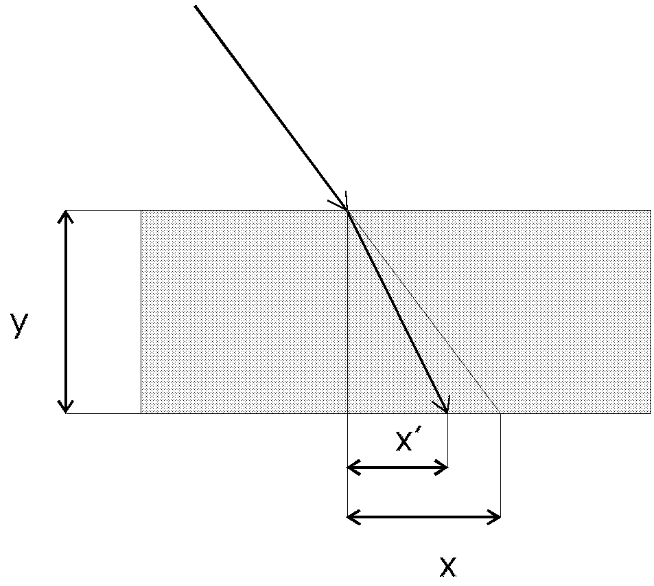
2.6 Bestimmen Sie für die in Aufgabe 2.4 berechnete Dicke d der Glasschicht die Parallelverschiebung des durchgehenden Strahls für einen Einfallswinkel von $56{,}31^o$!

2.7 Ist der einfallende Strahl linear polarisiert, so daß der E - Vektor in der Einfallsebene schwingt, erhält man für den an der Grenzfläche Luft - Glas reflektierten Strahl Auslöschung.

Erklären Sie diesen Effekt!

23 BE

3 Untersuchen Sie in einem Experiment die Brechung des Lichtes beim Übergang von Luft in Wasser!
Der Einfluß der Gefäßwand ist zu vernachlässisgen.

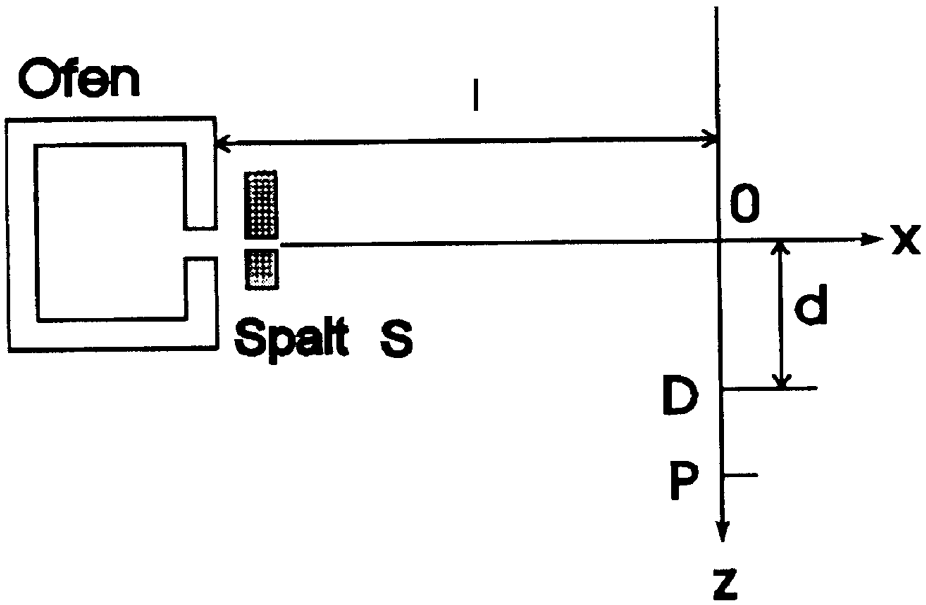


Anleitung:
Erzeugen Sie mit der Heftleuchte ein schmales Lichtbündel, und lenken Sie es horizontal auf die breite Seite einer wassergefüllten Küvette!
Entsprechend der Skizze lassen sich die Größen x, x' und y mit Hilfe von untergelegtem Millimeterpapier messen.
Leiten Sie eine Gleichung für den Zusammenhang $n = f(x, x', y)$ her!
Berechnen Sie die Brechzahl n für Wasser!
Bestimmen Sie die mittlere Brechzahl durch Wiederholung des Versuches mit anderen Einfallswinkeln!
Fertigen Sie zu diesem Versuch ein Protokoll an!
Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch!

15 BE

Aufgabe 2

1 In einem würfelförmigen Ofen befindet sich Cäsiumdampf bei einer Temperatur von 1715 K.
Durch den Spalt S treten Cäsiumatome in Richtung der x-Achse senkrecht zum Gravitationsfeld (Richtung der z-Achse) in den evakuierten Raum zwischen Ofen und Detektorebene ein. Atome, die den Ofen mit der Geschwindigkeit v_1 verlassen, werden in dem Punkt D der Detektorebene registriert.



1.1 Leiten Sie eine Formel zur Berechnung der Geschwindigkeit v_1 aus den Meßdaten l und d her!

1.2 Zeigen Sie, daß für l = 1,00 m und d = 0,018 mm bei D gerade die Cäsiumatome nachgewiesen werden, die den Ofen mit der für die gegebene Temperatur typischen mittleren Geschwindigkeit $\overline{v_1}$ verlassen!
($\bar{v} = 0{,}92\sqrt{\overline{v^2}}$)

1.3 Berechnen Sie den Impuls, den ein Cäsiumatom beim Auftreffen im Punkt D besitzt!

1.4 Skizzieren Sie den Verlauf der auf der z-Achse aufgenommenen Intensitätsverteilung, und geben Sie zwischen den Punkten O und P insbesondere das Intervall an, in dem Atome mit $v > \bar{v}$

anzutreffen sind!
Begründen Sie Ihre Aussage!

$\boxed{\text{20 BE}}$

2.1. In der kosmischen Höhenstrahlung wird ständig das Wasserstoffisotop Tritium gebildet. Tritium zerfällt unter Aussendung von β^--Strahlung mit einer Halbwertszeit von 12,26 Jahren. Bei der Untersuchung einer Grundwasserprobe hat man festgestellt, daß der Gehalt von Tritium nur 28% des Tritiumgehaltes des Regenwassers beträgt.

2.1.1 Wie lautet die vollständige Zerfallsgleichung des Tritiumzerfalls?

2.1.2 Wieviel Jahre müssen vergangen sein, seitdem das Grundwasser als Regen auf die Erde gefallen ist, wenn man annimmt, daß es vollständig durch Versickern von Regenwasser entstanden ist?

2.2 Um schnelle Neutronen zu erzeugen, wird ein Tritiumtarget mit Deuteronen der kinetischen Energie $400\ \mathrm{keV}$ beschossen.

$$m\left({}^3_1T\right) = 3{,}01550082u$$
$$m\left({}^2_1D\right) = 2{,}0135536u$$
$$m(n) = 1{,}008665u$$
$$u = 1{,}66057 \cdot 10^{-27}\,kg$$

2.2.1 Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf!
Hinweis: Es entsteht zunächst ein Zwischenkern, der unter Aussendung eines Neutrons zerfällt.

2.2.2 Welche Energien besitzen die emittierten Neutronen höchstens?
Die Masse des entstehenden Kerns beträgt $4{,}0015064\ u$.

2.3 Das Natriumisotop ^{22}Na ist überwiegend ein β^+-Strahler. Außerdem tritt dabei γ-Strahlung auf.

2.3.1 Erstellen Sie für diesen β^+-Zerfall die vollständige Reaktionsgleichung!

2.3.2 Bei diesem Zerfall tritt ein weiteres Teilchen auf.
Erläutern Sie kurz, welcher Erhaltungssatz beim β^+-Zerfall das Auftreten dieses Teilchens erfordert!

25 BE

3 Bestimmen Sie experimentell die Federkonstante einer Schraubenfeder
a) mit Hilfe des Hookeschen Gesetzes sowie
b) durch Messung der Schwingungsdauer!

Fertigen Sie ein Protokoll an!
Geben Sie auch eine Beschreibung der Versuchsdurchführung, und führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch!
Stellen Sie dazu in der Vorbetrachtung für einen Federschwinger der Masse m und der Federkonstanten k den Kraftansatz auf!
Zeigen Sie, daß das Weg-Zeit-Gesetz der harmonischen Schwingung eine Lösung dieser Gleichung ist, wenn $\omega^2 = \frac{k}{m}$ gilt!
Gehen Sie bei Ihren Überlegungen davon aus, daß sich das Massenstück zum Zeitpunkt $t_0 = 0\ \text{s}$ im unteren Umkehrpunkt befindet!
Hinweis: Die Dämpfung kann vernachlässigt werden.

$\boxed{\text{15 BE}}$

Aufgabe 3

1 Zur Trennung von Isotopengemischen werden Massenspektrographen eingesetzt. Die Abb. 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Spektrographen.

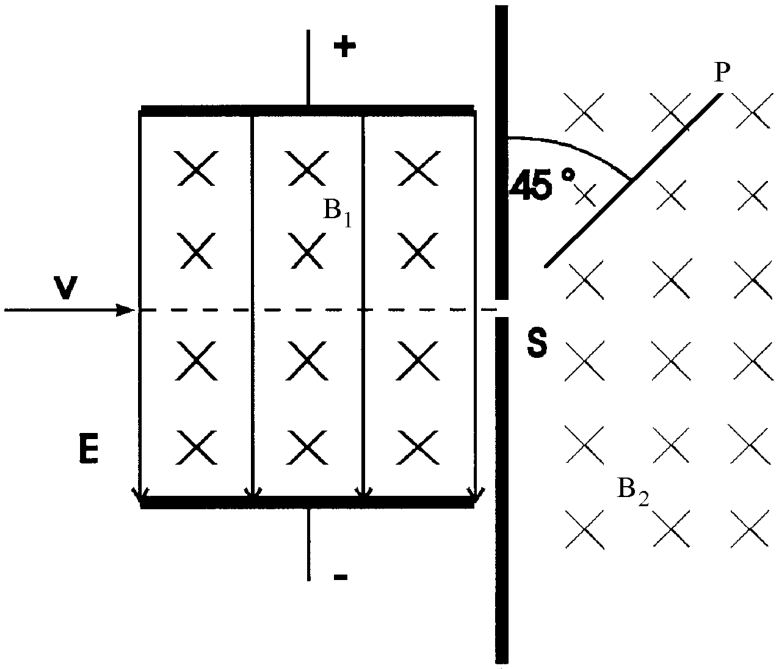


Abb. 1

1.1 In einem Versuch wird dem elektrischen Feld der Feldstärke $E = 1 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$ des Ablenkkondensators ein homogenes magnetisches Feld der magnetischen Flußdichte $B_1 = 2 \cdot 10^{-2}\,T$ derart überlagert (siehe Abb.1), daß die Vektoren $\vec{E}$ und $\vec{B}_1$ senkrecht aufeinander stehen. Einfach positiv geladene Neonionen $^{20}Ne^+$ und Argonionen $^{40}Ar^+$ werden senkrecht zu beiden Feldern eingeschossen. Durch einen Spalt gelangen die Ionen in ein zweites homogenes Magnetfeld der Flußdichte $B_2 = 9 \cdot 10^{-2}\,T$ und werden dort auf eine Photoplatte P abgelenkt, die mit der Spaltebene einen Winkel von 45^o bildet und am Spalt S beginnt. $(u = 1{,}66057 \cdot 10^{-27}\,kg)$

1.1.1 Erklären Sie, welche Aufgabe die Feldanordnung im Raum zwischen den Kondensatorplatten hat!

1.1.2 Wie groß ist die Geschwindigkeit v_0 der Ionen, die senkrecht zur Spaltebene durch den Spalt gelangen?

1.1.3 In welchem Abstand voneinander treffen Ne^+-Ionen und Ar^+-Ionen auf die Photoplatte P?

1.1.4 Bestimmen Sie die spezifische Ladung des verwendeten Neonisotops, wenn man im Versuch einen Kreisbahnradius von 12 cm feststellt!

1.2 Die Photoplatte liegt nun in der Spaltebene. Zur Erhöhung der Ausbeute läßt man es zu, daß das Ionenbündel leicht divergiert (siehe Abb. 2).

1.2.1 Zeigen Sie an Hand einer Zeichnung, daß für kleine Öffnungswinkel 2α ein zunächst divergierender Ionenstrahl in der Nähe von P wieder konvergiert! Kennzeichnen Sie diejenige Umgebung von P, in der Ionen auf der Photoplatte auftreffen können! Die Breite dieses Bereiches sei Δx.

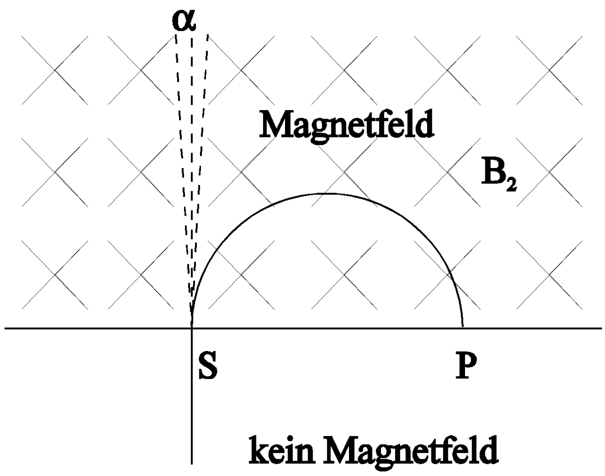


Abb. 2

1.2.2 Der Bahndurchmesser einer Ionenbahn SP sei d. Zeigen Sie, daß dann für die spezifische Ladung nichtrelativistischer Ionen die Beziehung

$$\frac{q}{m} = \frac{8U}{B_2^2 \cdot d^2}$$ gilt!

1.2.3 Unterscheiden sich die Massen zweier Ionenarten gleicher Ladung um $\Delta m = m_2 - m_1$, so ändert sich der Durchmesser der Kreisbahn um $\Delta d = d_2 - d_1$.
Zeigen Sie, daß sich unter der Annahme der Näherung

$d_1 + d_2 \approx 2d_2$ die Beziehung $\Delta d \approx \frac{\Delta m}{2m_2} \cdot d_2$ ergibt!

1.2.4 Infolge der anfänglichen Strahldivergenz ergibt sich für Ionen gleicher Energie und gleicher spezifischer Ladung bei photographischer Registrierung eine Streifenbreite Δx.
Untersuchen Sie durch Rechnung, ob die Isotope des Elements Tellur mit den Massen $m_1 = 124u$ und $m_2 = 125u$ noch durch getrennt liegende Streifen markiert werden, wenn für m_2 gilt: $d_2 = 5 \cdot 10^{-2}\,m$ und $\Delta x \approx 1{,}2 \cdot 10^{-4}\,m$ ($u = 1{,}66057 \cdot 10^{-27}\,kg$)!

31 BE

2 Geladene Teilchen mit der Geschwindigkeit u beschreiben im homogenen Magnetfeld einen Kreis, wenn sie sich orthogonal zur Feldrichtung bewegen. Der Radius des Kreises ist unter anderem ein Maß für die Energie der Teilchen.

2.1 Wie groß muß der Impuls eines Elektrons sein, wenn es im Feld der magnetischen Flußdichte $B = 75{,}4\ \mu T$ einen Kreis mit einem Radius von $6400\ km$ beschreibt?

2.2 Drücken Sie die Teilchengeschwindigkeit u durch die kinetische Energie für den relativistischen Fall im feldfreien Raum aus!

Ergebnis: $u = c\dfrac{\sqrt{E_{kin}^{\ 2} + 2E_{kin} \cdot m_0 \cdot c^2}}{E_{kin} + m_0 \cdot c^2}$

2.3.1 Drücken Sie die kinetische Energie bei der Bewegung eines solchen Teilchens im Magnetfeld durch den Radius r, die magnetische Flußdichte B, die Ladung q und die Ruhemasse m_0 aus!
Nutzen Sie das Ergebnis aus Aufgabe 2.2!

Ergebnis: $E_{kin} = -m_0 \cdot c^2 + \sqrt{\left(m_0 \cdot c^2\right)^2 + (B \cdot e \cdot r \cdot c)^2}$

2.3.2 Berechnen Sie mit den Werten aus Aufgabe 2.1 die kinetische Energie des Elektrons sowohl klassisch als auch relativistisch!
Vergleichen Sie beide Werte, und begründen Sie die unterschiedlichen Ergebnisse!

12 BE

3 Experimentelle Bestimmung von Phasenverschiebung und Induktivität

3.1 Bestimmen Sie experimentell den Gesamtwiderstand R_g einer Reihenschaltung eines Widerstandes R und einer Spule im Gleichstromkreis!

3.2 Die Reihenschaltung wird durch eine Kapazität C erweitert.
Ermitteln Sie den Scheinwiderstand Z dieser Reihenschaltung im Wechselstromkreis!

3.3 Bestimmen Sie die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke unter Verwendung der Ergebnisse aus den Aufgaben 3.1 und 3.2!

Zeichnen Sie in ein Zeigerbild den ohmschen Widerstand R_g und den Scheinwiderstand Z maßstabsgerecht ein!
Berechnen Sie die Induktivität der Spule!

3.4 Fertigen Sie ein Protokoll an!
Geben Sie auch eine Beschreibung der Versuchsdurchführung, und führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch!

17 BE