



Name: _____

Abiturprüfung 2009

Physik, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Aufgabe 1: Untersuchung der Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspektrum

1814 fand der deutsche Physiker Joseph von Fraunhofer **schwarze Linien im Spektrum des Sonnenlichts**, von denen er 500 genauer beschrieb. Ein Spektrum des Sonnenlichts ist in Abbildung 2b) dargestellt. Die Linien sind mit Buchstaben gekennzeichnet.

Etwa ab 1817 befasste sich Fraunhofer auch mit dem Phänomen der Beugung und stellte ein **optisches Gitter** her, mit dem es gelang, eine absolute Wellenlängenmessung von Spektrallinien durchzuführen.

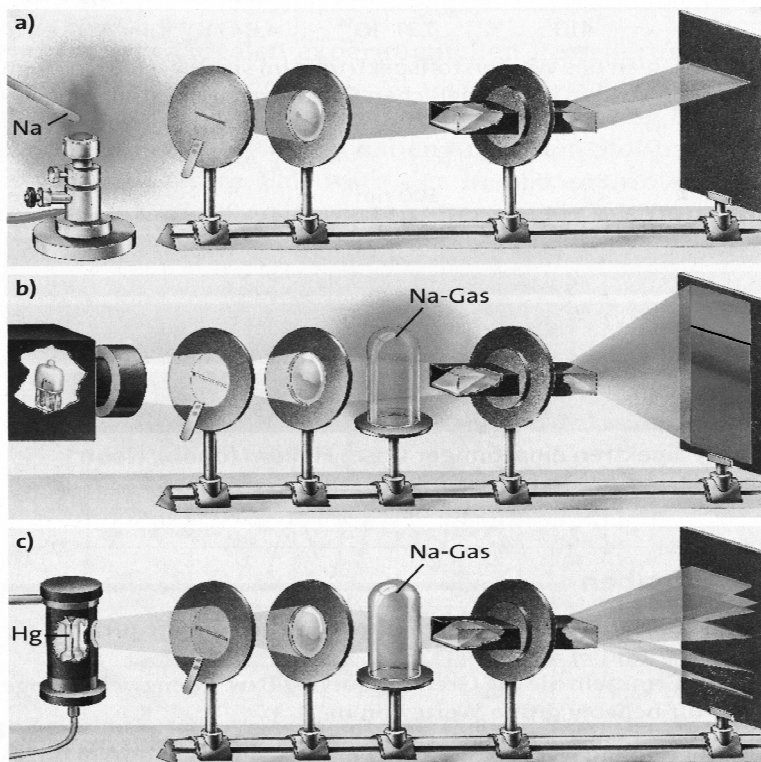


Abbildung 1: Darstellung der drei Experimente (aus Metzler Physik, Schroedel-Verlag, 3. Aufl.)



Name: _____

Hinweise zur Abbildung 1:

Im oberen Experiment wird Natriumchlorid (NaCl) in die Flamme gehalten. Der dann beobachtete Effekt ist allerdings nur auf den Natriumanteil zurückzuführen.

Im mittleren Experiment dient eine Halogenlampe als Weißlichtquelle.

Im unteren Experiment wird eine Quecksilberdampf Lampe (Hg) verwendet.

Zum Erzeugen der Spektren werden Prismen verwendet.

a) Zur Erklärung der Fraunhofer'schen Linien werden nun die drei schematisch dargestellten Experimente (Abbildung 1) betrachtet. (Beachten Sie die Hinweise, die die Fachlehrkraft dazu angegeben hat.)

- Beschreiben Sie die Beobachtungen in den drei Experimenten.
- Erklären Sie die Entstehung der drei dargestellten Spektren, wobei Sie insbesondere die Entstehung der dunklen Linie im gelben Spektralbereich des zweiten Experiments in der Mitte begründen.
- Begründen Sie, warum im unteren dritten Experiment das Natriumgas nicht aufleuchtet.

(16 Punkte)



Name: _____

b) Betrachten Sie nun die Abbildung 2. Hierin sind zwei Spektren (in Graustufen) dargestellt. Spektrum a) ist ein Spektrum von weißem Licht, Spektrum b) ist ein Ausschnitt des Sonnenlichtspektrums mit einigen Fraunhofer'schen Linien in demselben Spektralbereich wie a).

(Hinweis: Die Wellenlängenskala aus a) gilt auch für b). Sie verläuft nicht linear. Die blaue Grenze liegt rechts, die rote Grenze links.)

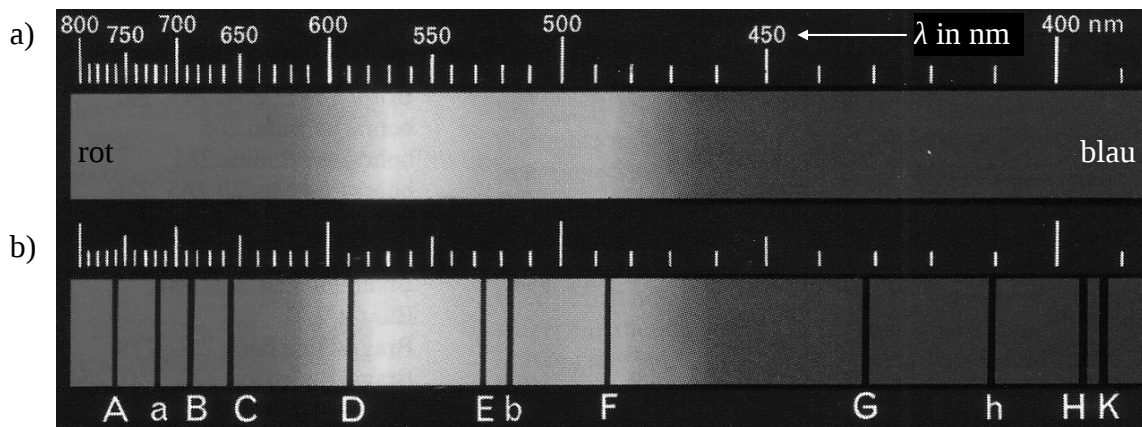


Abbildung 2: Weißlichtspektrum und Sonnenspektrum (aus Dorn; Bader: Physik, Gymnasium Sek II 12/13, Schroedel Verlag, Hannover 2000)

- Werten Sie das Sonnenspektrum in Abbildung 2 b) aus, indem Sie für die Fraunhofer'schen Linien A, B, C, D, F, G, a und h die zugehörigen Wellenlängen λ aus dem Spektrum ermitteln. (4 Punkte)

- c) Das weiße Sonnenlicht entsteht in der „Photosphäre“ der Sonne, einer inneren Schicht der Sonnenatmosphäre. Die Sonnenatmosphäre enthält hauptsächlich Gase in Form freier Atome (unter vielen anderen Wasserstoff und Natrium).
 - Deuten Sie damit die Entstehung der Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspektrum. (3 Punkte)



Name: _____

d) Die Fraunhofer'sche D-Linie kann dem Element Natrium zugeordnet werden. Wenn das Sonnenspektrum vom Weltraum außerhalb unserer Erdatmosphäre aus aufgenommen wird, verschwinden die Linien A, B und a, die durch andere Elemente erzeugt werden.

- Interpretieren Sie diese beiden Befunde. (6 Punkte)

e) Jeder Stern emittiert ein Lichtspektrum, das je nach Stern Absorptionslinien in unterschiedlicher Anzahl und Wellenlängen enthält.

- Deuten Sie diese Tatsache im Hinblick auf ihren Informationsgehalt über den Sternaufbau. (3 Punkte)

f) Im Jahre 1885 entdeckte der Schweizer Mathematiker Johann Jakob Balmer, dass die nach ihm benannte Spektralserie des Emissionsspektrums von Wasserstoff im sichtbaren Bereich durch eine „Serienformel“ wie der folgenden beschrieben wird:

$$\frac{1}{\lambda} = R_y \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ (Balmer-Formel).}$$

Hierin sind $R_y = \frac{m_e \cdot e^4}{8\epsilon_0^2 \cdot h^3 \cdot c_0} \approx 1,10 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$, λ die Wellenlänge des Lichts der Spektrallinie,

c_0 die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, m_e die Masse des Elektrons, e die Elementarladung, ϵ_0 die elektrische Feldkonstante und h das Planck'sche Wirkungsquantum.

Zur Erklärung des Wasserstoffspektrums wird das Bohr'sche Atommodell herangezogen. Die Energie des gebundenen Elektrons im Wasserstoffatom ergibt sich danach zu

$$W_n = -\frac{m_e \cdot e^4}{8\epsilon_0^2 \cdot h^2} \frac{1}{n^2} = -13,6 \frac{1}{n^2} \text{ eV} .$$

Damit werden nun die Fraunhofer'schen Linien betrachtet, die von Wasserstoffgas erzeugt werden.

- Berechnen Sie mit Hilfe der Balmer-Formel, welche der Fraunhofer'schen Linien A, B, C, D, F, G, a und h zur Balmer-Serie des Wasserstoffspektrums gehören.

(7 Punkte)



Name: _____

- g) • Berechnen Sie die Energiewerte der ersten fünf Energiezustände des Wasserstoffatoms in der Einheit eV.
- Zeichnen Sie das zugehörige Energieniveauschema.
 - Zeichnen Sie drei Übergänge der Balmer-Serie in das Energieniveauschema ein.

(8 Punkte)

h) In der Abbildung 1 wurde zur Spektralzerlegung des Lichts ein Prisma verwendet. Aus dem Unterricht ist Ihnen das optische Gitter bekannt, das wie ein Prisma das Licht ebenfalls spektral zerlegt. Ein solches optisches Gitter wird im Folgenden betrachtet.

- Erläutern Sie Beugung und Interferenz von Licht am optischen Gitter.
- Skizzieren Sie Beugung und Interferenz von Licht am optischen Gitter.
- Leiten Sie mit Hilfe der Skizze die Gleichung

$$\sin \alpha_n = \frac{n \cdot \lambda}{g} \text{ her, wobei } g \text{ die Gitterkonstante, } \lambda \text{ die Wellenlänge, } \alpha_n \text{ der Beugungswinkel und } n \in N_0 \text{ ist.}$$

- Beschreiben Sie, was Sie bei Beleuchtung des Gitters mit monochromatischem und mit weißem Licht beobachten.

(11 Punkte)

i) Ein optisches Gitter mit der Gitterkonstante $g = 1,75 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ wird mit Licht der Fraunhofer'schen D-Linie (siehe Abbildung 2b) beleuchtet.

- Berechnen Sie, wie weit diese Fraunhofer'sche Linie in der ersten Ordnung vom Hauptmaximum (liegt in der optischen Achse) entfernt liegt, wenn der Beobachtungsschirm 3 m vom Gitter entfernt ist.

(3 Punkte)

j) Die Spektren der Abbildung 2 wurden mit einem Prisma erzeugt.

Wenn man das Prisma aus dem Strahlengang entnimmt, trifft das Licht auf eine Stelle links neben den Spektren (zum roten Ende hin).

- Beschreiben Sie, was zu beobachten ist, wenn man ein optisches Gitter in den Strahlengang stellt.
- Begründen Sie die von Ihnen beschriebene Beobachtung.

(5 Punkte)



Name: _____

Aufgabe 2: Hochenergetische Elektronen (β^- -Teilchen)

Bei bestimmten radioaktiven Zerfallsprozessen entstehen Elektronen, so genannte β^- -Teilchen. Mit einer speziellen Ablenkammer und einem Detektor können die Geschwindigkeit v , die spezifische Ladung e/m und letztlich auch die Masse m der β^- -Teilchen bestimmt werden.

Abbildung 1 zeigt den Aufbau der Ablenkammer. In einem evakuierbaren Behälter EB befindet sich das radioaktive Präparat RP. Die β^- -Teilchen durchlaufen einen Plattenkondensator K (Plattenabstand $d = 0,9$ mm) mit der angelegten Spannung U_1 . Das resultierende elektrische Feld mit der Stärke \vec{E}_1 steht senkrecht auf einem variablen magnetischen Feld der Stärke \vec{B}_1 .

Die β^- -Teilchen treten danach durch das Austrittsfenster A aus und können mit einem Detektor (Zählrohr) Z nachgewiesen werden.

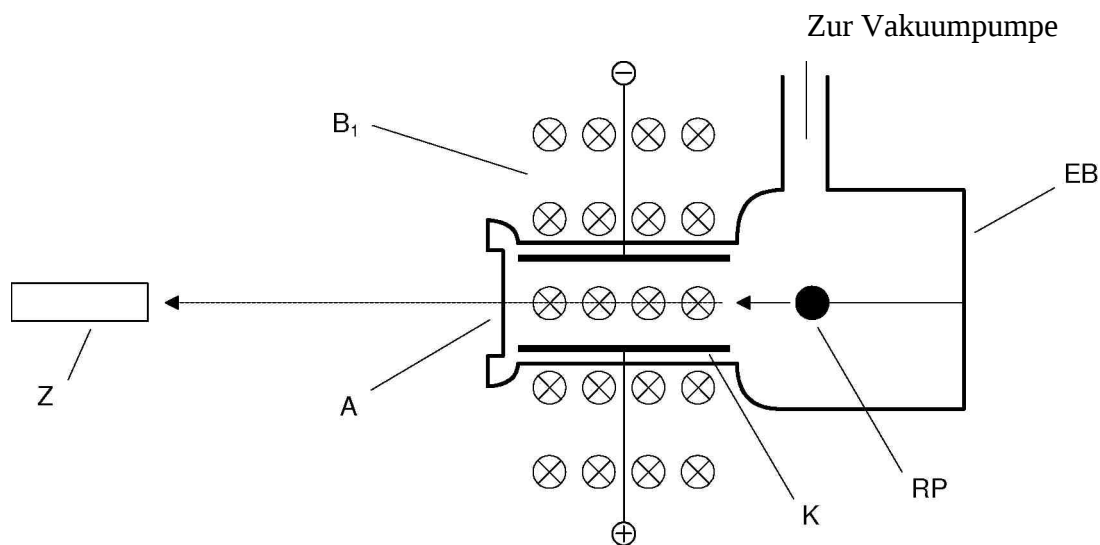


Abbildung 1



Name: _____

a) Mit den gekreuzten Feldern \vec{E}_1 und \vec{B}_1 können geladene Teilchen einer bestimmten Geschwindigkeit aussortiert werden (Geschwindigkeitsfilter).

- Skizzieren Sie die Richtung und Orientierung der aus Abbildung 1 hervorgehenden Feldstärke- und Kraftvektoren.
- Zeigen Sie damit, dass Teilchen der Geschwindigkeit $v = \frac{E_1}{B_1}$ nicht abgelenkt werden.
- Begründen Sie, dass dieses Geschwindigkeitsfilter sowohl für positiv als auch für negativ geladene Teilchen eingesetzt werden kann.

Die Vorrichtung zur Erzeugung des magnetischen Feldes B_1 ist (kurzzeitig) ausgeschaltet.

- Skizzieren Sie für diesen Fall die Bahnkurve der β^- -Teilchen innerhalb des Kondensators.
- Ermitteln Sie die Gleichung der Bahnkurve in einem geeigneten Koordinatensystem.

(17 Punkte)

b) In der Ablenkammer ist ein Sr-90-Präparat installiert, aus dem die β^- -Teilchen emittiert werden. Bei konstanter Kondensatorspannung $U_1 = 3150 \text{ V}$ wird mit dem Zählrohr Z die in der Tabelle angegebene Zählrate R in Abhängigkeit von der Stärke des magnetischen Feldes B_1 registriert.

- Werten Sie die experimentellen Daten aus, indem Sie ein B_1 - R -Diagramm erstellen.
- Beschreiben Sie den Verlauf der Kurve.

Üblicherweise wird ein v - R -Diagramm zur Darstellung der Geschwindigkeitsverteilung erstellt.

- Berechnen Sie für die in der Tabelle grau markierten B_1 -Werte die Geschwindigkeiten der β^- -Teilchen.
- Zeichnen Sie damit den Kurvenverlauf in einem v - R -Diagramm.
- Analysieren Sie den Kurvenverlauf hinsichtlich der Verteilung der Geschwindigkeiten und kinetischen Energien der β^- -Teilchen, die von dem Sr-90-Präparat emittiert werden.

B_1 in mT	R in 1/min
23.2	75
17.0	152
15.0	248
14.0	360
13.4	436
13.0	482
12.7	470
12.5	435
12.3	380
12.1	262
12.0	167
11.9	92
11.8	20

(17 Punkte)



Name: _____

- c) Wenn man links von A (siehe Abbildung 1) ein zweites Magnetfeld B_2 parallel zu den magnetischen Feldlinien B_1 erzeugt, lässt sich die Masse m der β^- -Teilchen bestimmen.
- Erläutern Sie, warum sich die β^- -Teilchen im Magnetfeld B_2 auf einer Kreisbahn mit dem Radius r bewegen.
 - Leiten Sie die Gleichung $m = \frac{e \cdot r \cdot B_1 \cdot B_2}{E_1}$ für die Massebestimmung der β^- -Teilchen her.
 - Prüfen Sie die Übereinstimmung der Einheiten auf den beiden Seiten der Gleichung (Einheitenbetrachtung). (10 Punkte)
- d) In der erweiterten experimentellen Anordnung werden folgende Einstellungen vorgenommen: $E_1 = 3,50$ MV/m, $B_1 = 12,65$ mT, $B_2 = 120$ mT. Damit wird ein Bahnradius $r = 3,3$ cm gemessen.
- Bestimmen Sie die Geschwindigkeit und die Masse dieser β^- -Teilchen.
 - Deuten Sie die Diskrepanz zur Ruhemasse der β^- -Teilchen (Elektronen).
 - Berechnen Sie mit dieser Kenntnis und den Messdaten die Ruhemasse und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Literaturwert.
 - Ermitteln Sie für diese Werte die Gesamtenergie und die kinetische Energie der β^- -Teilchen in der Einheit MeV. (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung