

ABITURPRÜFUNG 2003

LEISTUNGSFACH

PHYSIK (HAUPTTERMIN)

Arbeitszeit: 270 Minuten

Hilfsmittel: Taschenrechner (nicht programmierbar, nicht grafikfähig), Tafelwerk

Der Prüfungsteilnehmer wählt
von den Aufgaben A1 und A2 **eine** Aufgabe und
von den Aufgaben B1 und B2 **eine** Aufgabe und
von den Experimenten E1 und E2 **ein** Experiment
zur Bearbeitung aus.

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

ÖFFNUNG AM 07. MAI 2003

Aufgabe A1

- 1 Beim Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 wurde unter anderem das radioaktive Isotop $^{137}_{55}\text{Cs}$ freigesetzt. Die Zerfallskonstante dieses Stoffes beträgt $\lambda = 7,32 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$.
- 1.1 Leiten Sie ausgehend vom Gesetz des radioaktiven Zerfalls eine Gleichung zur Berechnung der Halbwertszeit her! 2 BE
- 1.2 Berechnen Sie die Halbwertszeit von $^{137}_{55}\text{Cs}$ in Jahren!
[Kontrollergebnis: $T_{1/2} \approx 30$ Jahre] 2 BE
- 1.3 Kurz nach dem Unfall wurde in einem der deutschen Bundesländer auf einem Quadratmeter Bodenfläche die mittlere Aktivität $A = 10,0 \text{ kBq}$ gemessen. Diese geht vom Isotop $^{137}_{55}\text{Cs}$ aus, welches als radioaktiver Niederschlag infolge des Reaktorunfalls über einigen Teilen Deutschlands nieder ging.
- 1.3.1 Für die Berechnung der Aktivität gilt: $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$. Geben Sie die Bedeutung dieser physikalischen Größe an! 2 BE
- 1.3.2 Leiten Sie die Gleichung $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ her! 2 BE
- 1.3.3 Berechnen Sie die Gesamtmasse des über der Fläche $A_F = 70,5 \cdot 10^3 \text{ km}^2$ niedergegangenen radioaktiven Isotops $^{137}_{55}\text{Cs}$! Die Masse eines Cäsiumkerns beträgt $m_{\text{Cs}} = 136,90682 \text{ u}$. 3 BE
- 1.3.4 Ermitteln Sie den Betrag der noch vorhandenen Bodenaktivität auf 1 m^2 Bodenfläche 17 Jahre nach dem Unfall, wenn dabei von Auswaschungen abgesehen werden kann! 2 BE
- 1.4 Die Masse eines Nuklids $^{137}_{55}\text{Cs}$ beträgt $m_{\text{Cs}} = 136,90682 \text{ u}$. Beim Zerfall eines solchen Teilchens entstehen ein β^- -Teilchen und ein neues Nuklid, dessen Masse $m = 136,90501 \text{ u}$ beträgt.
- 1.4.1 Geben Sie die Zerfallsgleichung für diesen Vorgang an! 2 BE

1.4.2 Erklären Sie den β^- -Zerfall!

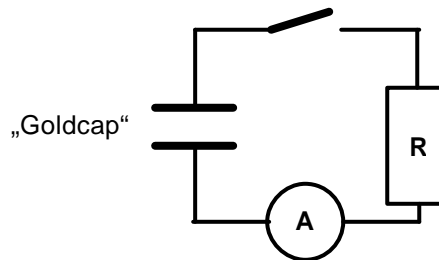
2 BE

1.4.3 Berechnen Sie die beim Zerfall des Nuklids ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ frei werdende Energie!

3 BE

2 Ein „Goldcap“ ist ein besonderer Kondensator, der sich im Vergleich zu herkömmlichen Kondensatoren durch eine sehr große Kapazität bei gleichzeitig äußerst geringer Baugröße auszeichnet.

Ein solcher Kondensator mit der Kapazität $C = 1,00 \text{ F}$ wird an eine Spannungsquelle mit der Spannung $U_0 = 4,50 \text{ V}$ angeschlossen und vollständig aufgeladen. Anschließend wird dieser Kondensator nach Schließen des Schalters (siehe Abbildung) wieder entladen.



Das Strommessgerät hat einen vernachlässigbar geringen Innenwiderstand.

2.1 Bestimmen Sie die beim Laden des Kondensators „Goldcap“ aufgenommene elektrische Ladung und die in seinem elektrischen Feld gespeicherte Energie!

4 BE

2.2 Während des Entladevorgangs wurde zu verschiedenen Zeitpunkten der in diesem Moment jeweils fließende elektrische Strom gemessen. Es ergaben sich folgende Messwerte:

t in s	0	10,0	30,0	50,0	70,0	90,0
I in mA	38,0	34,9	29,4	24,9	21,1	17,8

2.2.1 Stellen Sie unter Verwendung der Messwerte die Stromstärke in Abhängigkeit von der Zeit graphisch dar!

2 BE

2.2.2 Berechnen Sie den Betrag des Widerstandes R, über den der „Goldcap“ entladen wurde!

[Kontrollerggebnis: $R = 118 \Omega$]

3 BE

2.2.3 Bestimmen Sie den Betrag der zum Zeitpunkt $t = 30,0$ s noch im Kondensator vorhandenen Ladung $Q(t)$!

[Kontrollergebnis: $Q \approx 3,5$ C]

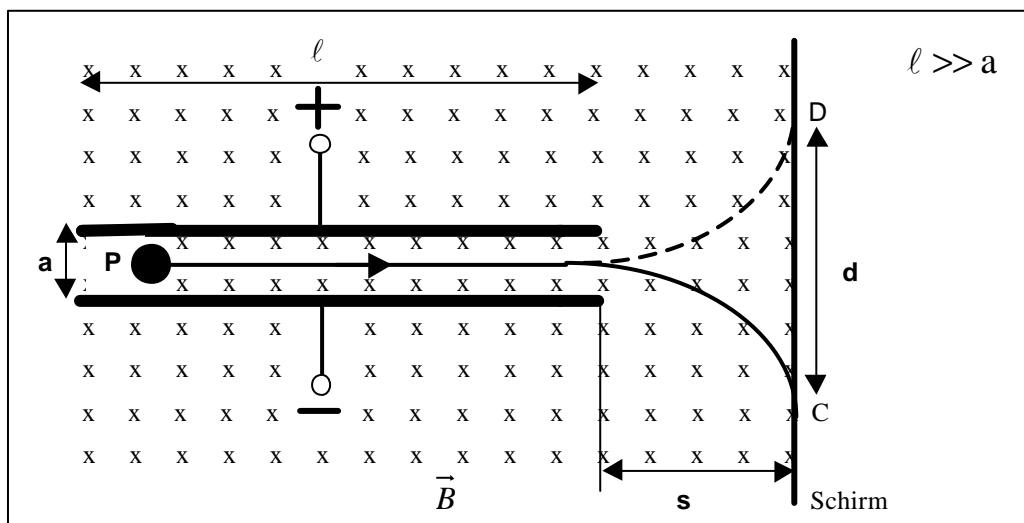
3 BE

2.2.4 Ermitteln Sie den Betrag der bis zum Zeitpunkt $t = 30,0$ s am ohmschen Widerstand umgewandelten elektrischen Feldenergie!

3 BE

Aufgabe A2

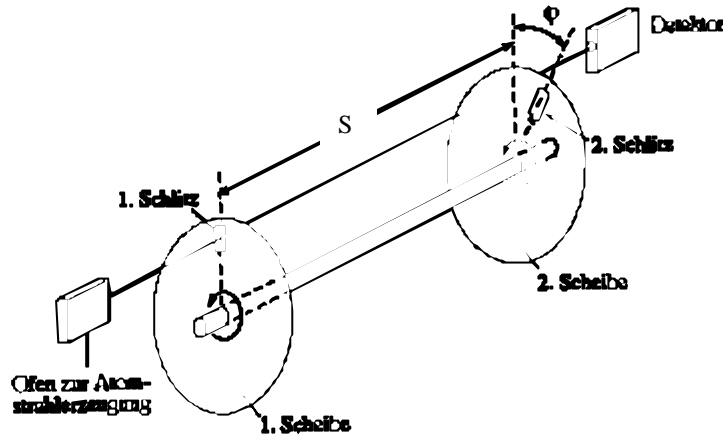
- 1 Alfred Bucherer konnte 1908 mit einer von ihm entwickelten Versuchsanordnung experimentell die Gültigkeit der von Albert Einstein theoretisch begründeten „relativistischen Massenformel“ bestätigen. In der Abbildung ist der Aufbau der Apparatur schematisch dargestellt:



Der Plattenkondensator mit einem elektrischen Feld der Stärke E ist in ein homogenes magnetisches Feld der Flußdichte B eingebettet. Zwischen den Platten des Kondensators befindet sich ein radioaktives Präparat, welches Elektronen aussendet, deren Geschwindigkeit wesentlich größer als $0,1 c$ ist. Der Aufbau der Apparatur garantiert, dass nur solche Elektronen aus dem Kondensator austreten können, die sich parallel zu seinen Platten bewegen. Das inhomogene elektrische Randfeld des Kondensators kann vernachlässigt werden.

- 1.1 Skizzieren Sie die im Kondensator auf ein Elektron wirkenden Kräfte und begründen Sie Ihre Darstellung! 3 BE
- 1.2 Zeigen Sie, dass die Elektronen den Kondensator mit der Geschwindigkeit $v = \frac{E}{B}$ verlassen! 2 BE
- 1.3 Gelangen die Elektronen nach dem Verlassen des Kondensators in den Raumbereich der Anordnung, in dem nur das homogene Magnetfeld wirkt, werden sie dort abgelenkt. Zunächst treffen sie im Punkt C auf den Registrierschirm. Polt man bei unveränderten Beträgen von E und B beide Felder um, treffen die Elektronen im Punkt D auf den Schirm.
Für einen Versuch ergeben sich folgende Werte :
s = 29,8 cm d = 10 cm E = 600 kV/m B = 2,5 mT
- 1.3.1 Erklären Sie, weshalb die Ablenkung der Elektronen im Magnetfeld jeweils auf einer Kreisbahn erfolgt! 2 BE
- 1.3.2 Ermitteln Sie den Radius der Kreisbahn unter Verwendung der Größen s und d!
[Kontrollergebnis: $r \approx 91$ cm] 3 BE
- 1.3.3 Berechnen Sie unter Verwendung der Größen E, B und r den Quotienten $\frac{e}{m_e}$ der Elektronen!
[Kontrollergebnis: $\frac{e}{m_e} = 1,05 \cdot 10^{11}$ C/kg] 3 BE
- 1.3.4 Berechnen Sie mit Hilfe der „relativistischen Massenformel“ die spezifische Ladung! Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Ergebnis aus Aufgabe 1.3.3! 3 BE
- 1.3.5 Berechnen Sie die kinetische Energie der Elektronen, die in dem beschriebenen Experiment verwendet wurden! 4 BE

- 2 In einem Ofen wird Natrium verdampft. Durch eine Lochblende können die Natriumatome den Ofen als dünner Strahl in horizontaler Richtung verlassen. (siehe Abbildung!) Der Einfluss des Gravitationsfeldes wird bei den nachfolgenden Aufgaben vernachlässigt.



Die beiden rotierenden Scheiben haben schmale Schlitze, die von der Drehachse gleich weit entfernt sind. Sie sind um den festen Winkel $\varphi = 5,0^\circ$ gegeneinander verdreht.

Beide Scheiben, deren Abstand $s = 0,40$ m ist, sitzen fest auf einer gemeinsamen Achse. Die Drehzahl der Scheibenanordnung ist variabel. Die Drehung erfolgt entgegen dem Uhrzeigersinn (siehe Abbildung).

- 2.1 Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit v_1 derjenigen Natriumatome, die den Detektor erreichen. Die Drehzahl der Scheibenanordnung ist $n = 50 \text{ s}^{-1}$! Leiten Sie dafür die Gleichung zur Berechnung der Geschwindigkeit v_1 her!
- 4 BE
- 2.2 Erklären Sie, warum bei der Drehzahl $n = 50 \text{ s}^{-1}$ auch Atome mit kleineren Geschwindigkeiten als v_1 den Detektor erreichen! Berechnen Sie die nächst niedrigere Geschwindigkeit v_2 !
- 4 BE
- 2.3 Berechnen Sie die Temperatur des Natriumgases im Ofen! Gehen Sie davon aus, dass v_1 die mittlere quadratische Geschwindigkeit $\sqrt{v^2}$ aller Natriumatome ist! Leiten Sie die erforderliche Gleichung aus allgemeinen Zusammenhängen her! [Kontrollergebnis: $T = 1913 \text{ K}$]
- 3 BE

- 2.4 Bei der Temperatur T_2 beträgt die mittlere kinetische Energie der Natriumatome $\overline{E}_{\text{kin}} = 0,9 \text{ eV}$. Bei dieser Temperatur sendet das Gas gelbes Licht mit der Wellenlänge $\lambda = 589 \text{ nm}$ aus. Vergleichen Sie die mittlere kinetische Energie der Natriumatome mit der Energie der abgestrahlten Photonen. Interpretieren Sie das Ergebnis Ihres Vergleiches!

4 BE

Aufgabe B1

Bereits im Jahre 1802 beschrieb *Th. Young* (1733 bis 1829) ein Versuchsprinzip zum Nachweis von Welleneigenschaften des Lichtes. 1822 gelang es dann *A. J. Fresnell* (1788 bis 1827) durch einen geeigneten Versuchsaufbau, dies auch experimentell zu zeigen. Er ließ hierzu in einem seiner Versuche monochromatisches Licht durch eine Spaltblende (SB) auf ein Biprisma (BP) fallen. Beim Durchgang des Lichtes durch das Prismenglas wurde dieses so gebrochen, dass der Schirm (S) scheinbar von 2 virtuellen Lichtquellen L_1 und L_2 beleuchtet wurde. Ihr Abstand liegt in der Größenordnung der Gitterkonstante optischer Gitter. Auf dem Schirm konnten dadurch in einem schmalen Bereich helle und dunkle Streifen wahrgenommen werden.

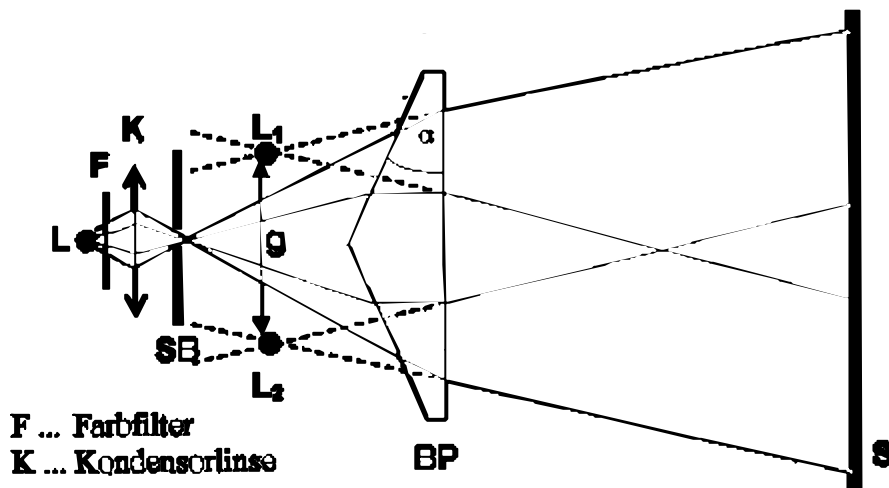


Abbildung nicht maßstäblich!

- 1 Erklären Sie die Entstehung der Streifen auf dem Schirm! Geben Sie an, in welchem Bereich des Schirmes diese wahrgenommen werden konnten!

5 BE

- 2 Mit seiner Versuchsanordnung konnte *Fresnell* die Wellenlänge des verwendeten Lichtes ermitteln.

Dazu mußte er zunächst den Abstand g der virtuellen Lichtquellen L_1 und L_2 zueinander messen. *Fresnell* plazierte dafür zusätzlich zu den angegebenen Teilen noch eine Sammellinse mit der Brennweite $f = 20,0$ cm so im Strahlengang zwischen BP und S, dass durch sie beide virtuellen Lichtquellen L_1 und L_2 scharf auf dem Schirm abgebildet wurden. Der Abstand der Linse zum Schirm betrug $s' = 1,00$ m. Auf dem Schirm waren die Abbilder der virtuellen Lichtquellen $b = 1,00$ mm voneinander entfernt zu sehen.

Nachdem diese zusätzliche Linse wieder entfernt wurde, untersuchte er die Streifen auf dem Schirm. Es stellte sich heraus, dass der gegenseitige Abstand zweier benachbarter heller Streifen konstant war. Er betrug $\Delta y = 3,00$ mm.

Berechnen Sie die Wellenlänge λ !

Hinweise:

- Die zusätzliche Linse, mit deren Hilfe der Abstand der beiden virtuellen Lichtquellen L_1 und L_2 gemessen wurde, ist in der oben angegebenen Skizze aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.
- Gehen Sie davon aus, dass L_1 und L_2 in einer parallel zum Schirm S verlaufenden Ebene liegen.

5 BE

Aufgabe B2

Am Anfang des 20. Jahrhunderts wurden eine Vielzahl von Phänomenen beobachtet, die nur durch eine völlig neue Denkweise in der Naturwissenschaft erklärt werden konnten. Die Theorie, die sich daraus entwickelt hat, nennt man heutzutage „Welle–Teilchen–Dualismus“. Nach dieser Theorie kann man den Objekten, die bis dahin als Teilchen betrachtet wurden, auch Welleneigenschaften zuschreiben. Umgekehrt hat nach dieser Vorstellung Licht, das man als elektromagnetische Welle kannte, auch Teilcheneigenschaften.

A. *Einstein* beschrieb 1905 Licht als einen Strom von Teilchen, denen man ebenso wie z.B. Elektronen und Protonen eine bestimmte Masse zuordnen kann.

- 1 Beschreiben und erklären Sie einen physikalischen Effekt, bei dem deutlich wird, dass Licht neben Welleneigenschaften auch

Teilcheneigenschaften hat! Zeigen Sie dabei insbesondere, wie unter Beachtung des Teilchenmodells des Lichtes die Erklärung erfolgt!

Hinweis: Es darf nicht der in der nachfolgenden Aufgabe beschriebene Effekt ausgewählt werden!

5 BE

- 2 Die amerikanischen Physiker *Rebka* und *Pound* haben 1960 die Wechselwirkung zwischen Photonen und dem Gravitationsfeld der Erde untersucht. Sie wollten nachweisen, dass man Quanten die Teilcheneigenschaft „Masse“ zuordnen kann. Dazu wurde folgender Versuch durchgeführt :

Ein γ -Teilchen der Masse m_γ und der Frequenz $f = 2,0 \cdot 10^{19}$ Hz wurde unter dem Einfluß der Gravitation in der Nähe des Erdbodens eine Strecke $h = 20$ m senkrecht nach unten bewegt.

Erklären Sie, weshalb dabei eine Frequenzänderung des Lichtes eintritt!

Berechnen Sie die Änderung der Frequenz Δf !

5 BE

Experiment E1

Bestimmen Sie experimentell die Fallbeschleunigung!

Leiten Sie die Gleichung zur Berechnung der Fallbeschleunigung aus grundlegenden physikalischen Ansätzen her!

Folgende Geräte und Hilfsmittel stehen zur Verfügung:

- Stoppuhr
- Rolle
- Faden
- 4 Wägestücke (10g, 20g, 100g, 100g)
- geneigte Ebene
- Stahlkugel mit bekanntem Radius
- Waage mit Zubehör
- Lineal
- Stativstäbe mit Zubehör

Hinweise:

- Beachten Sie, dass die Umstellung einer aus dem Tafelwerk entnommenen Gleichung nach der gesuchten Größe keine Herleitung ist!
- Es ist nicht erforderlich, alle vorgegebenen Geräte und Hilfsmittel zu verwenden.

Das Protokoll soll enthalten:

- Vorbetrachtungen und Beschreibung der Versuchsdurchführung
- Messprotokoll
- Auswertung
- Fehlerbetrachtung

15 BE

Experiment E2

Untersuchen Sie durch geeignete Messungen im Gleich- und im Wechselstromkreis das Verhalten des elektrischen Bauelements in einer Black Box!

Geben Sie an, welches Bauelement sich in der Black Box befindet!

Bestimmen Sie eine charakteristische Größe dieses Bauelements!

Die Black Box kann folgende Bauelemente enthalten:

- Glühlampe
- ohmscher Widerstand
- Spule

Begründen Sie in den Vorbetrachtungen die verwendeten Auswahlkriterien für jedes der angegebenen Bauelemente!

Folgende Geräte und Hilfsmittel stehen zur Verfügung:

- zwei Vielfachmessgeräte
- Drehwiderstand
- Schülerstromversorgungsgerät mit Gleich- und Wechselspannungsausgang
- Black Box
- Verbindungsleiter

Das Protokoll soll enthalten:

- Vorbetrachtungen und Beschreibung der Versuchsdurchführung
- Messprotokoll
- Auswertung
- Fehlerbetrachtung