

Dreieichschule Langen
Gymnasium des Kreises Offenbach
Abiturprüfung 2003 - Physik -LK
Vorschlag B

1. Kondensator und Spule

Ein Kondensator unbekannter Kapazität wird auf eine Spannung $U_0 = 10 \text{ V}$ aufgeladen.

Beim Entladen über den bekannten Widerstand $R = 100 \text{ k}\Omega$ ergibt sich der in der Tabelle angegebene zeitliche Verlauf der Kondensatorspannung U_c :

t/sec	0	1	2	3	4	5	6
U_c/V	10	7,8	6,1	4,7	3,7	2,9	2,2

- a) Tragen Sie die Messwerte in geeigneter, halblogarithmischer Darstellung auf und bestimmen Sie daraus den Wert der unbekannt Kapazität C .
- b1) Welche Ladung Q und welche Energie W sind zum Zeitpunkt $t = 0$ Sekunden im Kondensator gespeichert ?
- b2) In welcher Zeit verliert der Kondensator die Hälfte seiner Anfangsenergie ?
- c) Eine lange ideale Spule mit den nebenstehenden Daten wird über einen Widerstand $R = 3 \Omega$ an eine Wechselspannungsquelle mit der anfänglichen Kreisfrequenz $\omega = 3000 \text{ s}^{-1}$ angeschlossen.
- c1) Zeigen Sie: Der Wechselspannungswiderstand der Spule $R_L = 4,737 \Omega$. Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand der Reihenschaltung aus R und R_L .
- c2) Welcher Gesamtwiderstand ergibt sich, wenn zusätzlich ein Kondensator $C = 40 \mu\text{F}$ in Reihe zu Widerstand und Spule geschaltet wird ?
- d1) Am Kondensator wird eine maximale Spannung $\hat{U}_C = 10 \text{ V}$ gemessen. Wie groß ist dabei die maximale Spannung \hat{U}_0 der Wechselspannungsquelle ?
- d2) Um bei veränderter Kreisfrequenz ω eine konstante maximale Kondensatorspannung \hat{U}_C zu erhalten, muss gleichzeitig die Amplitude \hat{U}_0 der Wechselspannungsquelle verändert werden. Bei welcher Kreisfrequenz wird die geringste Eingangsspannung \hat{U}_0 für $\hat{U}_C = 10 \text{ V}$ benötigt ? Rechnen Sie zunächst allgemein, nicht mit den konkreten Werten von R , L , C und \hat{U}_C !

Daten der Spule:

Länge	= 1m
Durchmesser D	= 4cm
Windungszahl n	= 1000
Füllung	= Luft

2. Kernzerfall und Rückstoß

Viele Kerne geben γ -analog zu angeregten Atomen- Energie in Form von γ -Strahlungsquanten ab. Diese γ -Quanten können schon innerhalb des Atoms zur Anregung der innersten Elektronen führen. Das Nuklid sendet dann statt eines γ -Quants ein sogenanntes Konversionselektron aus. Ein Beispiel ist Ca-45 mit einer normalen γ -Energie $W_\gamma = 12 \text{ keV}$.

- a) Schätzen Sie die Energie ab, die zur Ablösung eines inneren Elektrons vom Ca-Atom benötigt wird. (Ordnungszahl von Ca ist $Z=20$)
- b) Welchen Impuls und welche Geschwindigkeit erhält der Ca-Kern bei der Emission von einem γ -Quant ? Wie groß sind Impuls und Geschwindigkeit bei der Emission von einem Konversionselektron ?
- c) Ca-45 ist (neben seiner γ -Aktivität) ein β -Strahler mit einer Halbwertszeit von 163 Tagen. Welche β -Aktivität ist von $1 \mu\text{g}$ Ca-45 zu erwarten ?
- d) Die maximale kinetische Energie dieser β -Teilchen beträgt 300 keV . Welche maximale Geschwindigkeit haben diese β -Teilchen ?

3. Röntgenstrahlung und Braggreflexion

Eine Röntgenröhre mit einer Silberanode ($Z=47$) wird mit einer Spannung $U_B = 30 \text{ kV}$ betrieben.

- a) Kann dabei die charakteristische $K\alpha$ -Strahlung erzeugt werden ?
- b) Die $K\alpha$ -Strahlung der Silberanode wird an einem LiF-Kristall mit dem Netzebenenabstand $d = 2,01 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ in erster Ordnung unter einem Braggwinkel $\varphi = 8,0^\circ$ maximal reflektiert. Welche Energie haben die Röntgenquanten ?
- c) Wieviel Prozent weicht die bei b) gemessene Energie von der durch das Moseley'sche Gesetz vorhergesagten Energie ab ?
- d) Mit welcher Genauigkeit muss man den Braggwinkel messen können, um den bei c) festgestellten Unterschied experimentell belegen zu können ?

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner und Formelblatt.

Dreieichschule Langen
 Gymnasium des Kreises Offenbach
Abiturprüfung 2003 - Physik -LK
Vorschlag A

1. Zerfall von einem Gemisch aus zwei Isotopen.

Zeit/s	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Zählerstand	0	8348	9906	10255	10381	10460	10524	10579	10628	10672	10710

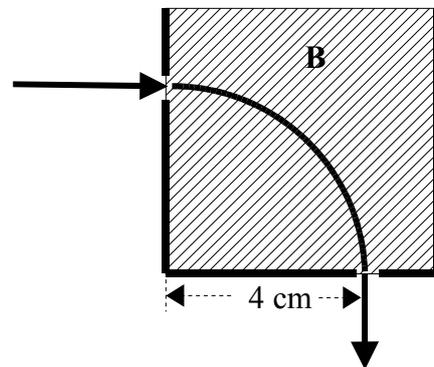
Der radioaktive Zerfall eines Isotopengemisches wird über 100 Sekunden verfolgt. Der Zähler summiert dabei alle registrierten Impulse auf. Sein Stand wird jeweils im Abstand von 10 Sekunden notiert.

- a) Bestimmen Sie aus den kumulierten Messwerten die (mittleren) Zählraten. [Imp/10sec]
 Tragen Sie diese Werte in einem ausreichend genauen halblogarithmischen Koordinatensystem auf und bestimmen Sie mit dieser Darstellung die beiden verschiedenen Halbwertszeiten.
- b) In der ersten Sekunde der Messung ist die zu erwartende Zählrate größer als 835 Imp/1Sek.
 Schätzen Sie die Zählrate in der ersten Sekunde mit Hilfe des Graphen ab.
- c) In welchem Verhältnis steht die Anzahl der Kerne N_1 des kurzlebigen Isotops zur Anzahl N_2 des langlebigen Isotops zum Zeitpunkt $t = 0$ Sekunden?
- d) Die beiden Radonisotope Rn-219 ($T_{1/2} = 4$ Sekunden) und Rn-220 ($T_{1/2} = 56$ Sekunden) sind zu Versuchsbeginn im Mengen-Verhältnis 1:1 gemischt.
 Nach welcher Zeit tragen beide Isotope zu gleichen Teilen zur Gesamtaktivität bei?

2. Elektronen im Magnetfeld

Ein Elektronenstrahl erhält in einem elektrischen Feld die kinetische Energie von zunächst 30 keV und tritt dann durch eine Blende in das skizzierte, scharf begrenzte, Magnetfeld ein.

Er durchläuft das Magnetfeld auf einem Viertelkreis mit dem Radius $R = 4$ cm und tritt durch die zweite Blende wieder aus.



- a) Welche Richtung hat das Magnetfeld?
- b) Welche Flussdichte B ist erforderlich, damit sich 30 keV Elektronen auf dem skizzierten Weg bewegen? (relativistische Rechnung!)
- c) Welches Ergebnis für B würde man bei nichtrelativistischer Rechnung erhalten?
- d) Ab welcher kinetischen Energie W_{kin} der Elektronen würde die relativistische Rechnung für die benötigte Flussdichte B mehr als 10% von der klassischen Rechnung abweichen?

3. Gitterbeugung

- a) Parallel zu einem optischen Gitter mit 500 Linien pro mm steht in der Entfernung $L = 20$ cm ein Schirm. Auf das Gitter fällt senkrecht monochromatisches Licht und erzeugt auf dem Schirm in 1. Ordnung zwei Linien, jeweils 6,2 cm rechts und links von der Nullten-Ordnung entfernt. Bestimmen Sie die Wellenlänge des verwendeten Lichts.
- b) Wie viele Beugungsordnungen sind bei diesem Experiment maximal möglich?
- c) Bei welchen Wellenlängen des einfallenden Lichtes könnte jeweils genau eine Beugungsordnung beobachtet werden?
- d) Das Gitter wird aus seiner ursprünglichen senkrechten Lage heraus um den Winkel $\beta = 30^\circ$ gedreht. Wo erscheint jetzt ein Maximum 1. Ordnung auf dem Schirm?
 Hilfe: Fertigen Sie eine entsprechende Skizze an und beachten Sie, dass der Gangunterschied sich aus Teilen vor und nach dem Gitter ergibt.

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner und Formelblatt.

Vorschlag A

Aufgabenstellung

Drei Aufgaben aus den Themenbereichen Felder, Wellen und Kernphysik. Siehe Aufgabenblatt.

Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die folgenden Kenntnisse aus dem Unterricht in den Halbjahren 12.1 bis 13.1:

12.1 Felder :

Kraft auf bewegte Ladungen in magnetischen Feldern. Arbeit im elektrischen Feld \rightarrow Energieeinheit eV.

12.2 Schwingungen und Wellen :

Beugung von Licht am optischen Gitter.

13.1 Atom- und Kernphysik :

Zerfallsgesetz. Bestimmung von Halbwertszeiten. $W = mc^2$. Relativistische Massenveränderung.

Erwartete Leistung :

- 1a) Die ermittelten Halbwertszeiten, sollten von den realen Zeiten 4 sec und 56 sec max. 20 % abweichen. Auch bei sehr genauer Zeichnung sind Fehler in der Größenordnung von 10% zu erwarten.
- 1b) Eine Extrapolation für die Zeit $t=0$ sec liefert für $\ln(Z/10s) \approx 9,8$ bis 10. Somit ist zu diesem Zeitpunkt eine Zählrate von ca. 1800/sec zu erwarten.
- 1c) Von diesen 1800 Imp/sec stammen nur ca. 11 bis 12 Imp/sec vom langlebigen Nuklid. Da die Zerfallskonstanten aus 1a) her bekannt sind, kann jetzt das Verhältnis der Kernzahlen zu 10 bis 11 bestimmt werden. (Geometrie und Ansprechwahrscheinlichkeit des Zählrohres sind identisch und die entsprechenden Korrekturwerte kürzen sich heraus.)
- 1d) Die zunächst 14 fach höhere Aktivität einer beliebigen Menge Rn-219 gegenüber der gleichen Menge Rn-220 sinkt schneller ab, als die Aktivität von Rn-220. Nach 16,4 Sekunden sind beide Aktivitäten gleich groß.

- 2a) Am einfachsten mit der „Linke Hand-Regel“ lässt sich erkennen, dass \vec{B} in die Ebene hinein zeigt.
- 2b) Falls erkannt wird, dass sich die nach B aufgelöste Gleichgewichtsbedingung $B=mv/er$ auch als $B=p/er$ schreiben lässt, sollte p relativistisch aus $(W_0+W_{kin})^2 = W_0^2 + (pc)^2$ bestimmt werden. Ansonsten müssen v und $m(v)$ einzeln aus $(W_0+W_{kin}) = m(v) \cdot c^2$ bestimmt werden. $\rightarrow B=14,79$ mT.
- 2c) Wird $m = m_{e0}$ gesetzt und v klassisch aus W_{kin} berechnet, ergibt sich für $B = 14,6$ mT. (1,35% weniger als bei 2b)
- 2d) Die beiden Ansätze müssen jetzt allgemein für eine noch zu bestimmende kinetische Energie W_{kin} aufgestellt werden. Dies führt bei $B_{relat.}$ zu einer längeren Umformungskette. Aus $B_{relat.} > 1,1$ B_{klas} kann W_{kin} als Bruchteil von W_0 bestimmt werden. $\rightarrow W_{kin} > 214,6$ eV. Diese Aufgabe erfordert in hohem Maße das planmäßige Verarbeiten komplexer Zusammenhänge!

- 3a) Eine Routineaufgabe aus dem Bereich Wellenoptik. Da der Winkel größer 6° ist, dürfen sin und tan nicht gleichgesetzt werden.
- 3b) Maximal sind ± 3 Beugungsordnungen möglich.
- 3c) Die erste Beugungsordnung muss unter einem Winkel kleiner 90° erscheinen \rightarrow Wellenlänge < 2000 nm. Die zweite Beugungsordnung darf nicht existieren $\rightarrow 2 \cdot$ Wellenlänge > 2000 nm. Folglich kommen alle Wellenlängen zwischen 1000 nm und 2000 nm in Betracht.
- 3d) Die am einfachen Fall des senkrechten Lichteinfalls vorgestellte Bestimmung des Gangunterschieds soll auf ein schräg gestelltes Gitter übertragen werden. Von den zwei verschiedenen Lösungen für +1. oder -1. Ordnung wird nur eine erwartet. Die scheinbar einfache Aufgabe ist wegen der auftretenden Differenz- bzw. Summenwinkel für SchülerInnen jedoch schon im Ansatz komplex. Die Lösung der erhaltenen Gleichung mit Winkelfunktionen wird durch die Wahl des Winkels $\beta = 30^\circ$ erleichtert.

Vorschlag B

Aufgabenstellung

Drei Aufgaben aus den Themenbereichen Felder, Wellen und Atom- und Kernphysik. Siehe Aufgabenblatt.

Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die folgenden Kenntnisse aus dem Unterricht in den Halbjahren 12.1 bis 13.1:

12.1 Felder:

Kondensator. Ideale Spule. Arbeit im elektrischen Feld → Energieeinheit eV.

12.2 Schwingungen und Wellen :

Wechselspannungswiderstände.

13.1 Atom- und Kernphysik:

Braggreflexion. Charakteristische Röntgenstrahlung. Zerfallsgesetz. $W = mc^2$. Relativistische Massenveränderung.

Erwartete Leistung

- 1a) Der Wert für C sollte nicht zu weit von 40 μF abweichen. (max.10%)
- 1b1) Einsetzen der Werte in bekannte Formeln.
- 1b2) Zunächst muss erkannt werden, dass U auf 7,07 V abfallen muss. Aufstellen und Lösen der Exponentialgleichung liefert $t \approx 1,39$ Sekunden.
- 1c1) Aus den Spulendaten L bestimmen damit dann $R_L = \omega L$ und den Gesamtwiderstand Z bestimmen. Wert ist zur Kontrolle angegeben, damit bei c2) und d1) nicht mit völlig falschem L gerechnet wird.
- 1c2) Widerstand der Reihenschaltung bestimmen.
- 1d1) Zunächst aus \hat{U}_C den max. Strom \hat{I} im Kreis bestimmen. Damit die max. Spannungsbeträge an R und L berechnen und phasenrichtig zu \hat{U}_0 zusammensetzen.
- 1d2) Es muss ein allgemeiner Ansatz für \hat{U}_0 gefunden werden. Die erste Ableitung nach ω bilden und den Zähler = 0 Setzen. Nach ω auflösen. Die Aufgabe setzt in hohem Maße planmäßiges Verarbeiten komplexer Gegebenheiten voraus. Die Fragestellung ist neu.

- 2a) Unter Anwendung des Moseley'schen Gesetzes ergeben sich ca 4,9 keV.
- 2b) Impuls des „Photons“ aus seiner Energie bestimmen. Impulserhaltung anwenden und daraus v ermitteln. Bei dem Konversionselektron zunächst die Ablöseenergie abziehen, dann klassisch aus W_{kin} den Impuls und damit auch den Impuls des Kerns berechnen. v aus p bestimmen. Bekannte Rechnungen in neuem Zusammenhang.
- 2c) Aus der Masse auf die Anzahl der Kerne umrechnen. Aus der Halbwertszeit die Zerfallskonstante bestimmen und das Zerfallsgesetz anwenden.
- 2d) Falls nicht sofort erkannt wird, dass sich diese Aufgabe nur relativistisch sinnvoll lösen lässt, sollte das Ergebnis der klassischen Rechnung (liefert $v = 3,246 \cdot 10^8$ m/s) ein Umdenken bewirken. Aus $W = 811$ keV = mc^2 kann dann v zu 0,7765 c bestimmt werden.

- 3a) Elektronen auf der untersten Schale haben eine Energie von ca. 28.8 keV. Sie lassen sich also durch die beschleunigten Elektronen vom Atom ablösen.
- 3b) Aus den vorgegebenen Werten die Wellenlänge und daraus die Energie der Photonen bestimmen.
- 3c) Die bei 3a) begonnenen Überlegungen auf die Frage anwenden. Es wird eine 2,7% höhere Energie gemessen, als von der Theorie vorhergesagt.
- 3d) Aus der bei 3c) bestimmten Energie die Wellenlänge und damit den benötigten Braggwinkel bestimmen. Es ergeben sich $8,2^\circ$. Damit sich die beiden Winkel unterscheiden lassen, müssen sie beide auf weniger als $0,1^\circ$ bestimmbar sein. Die Überlegungen bei der Signifikanz von Zählergebnissen in der Kernphysik sollen hier übertragen werden.