

Abiturprüfung 2010

PHYSIK

als Leistungskursfach

Arbeitszeit: 240 Minuten

Der Fachausschuss wählt *z w e i* Aufgaben zur Bearbeitung aus.

L Ph 1

1. Ringbeschleuniger

Bei einer Anlage zur Teilchenbeschleunigung treten Protonen nach einem Vorbeschleuniger in einen knapp 27 km langen, ringförmigen Endbeschleuniger ein, der sich in einem unterirdischen Tunnel befindet. Insgesamt wird jedes Proton auf eine Gesamtenergie von 7,0 TeV beschleunigt.

- 5 a) Erläutern Sie, wie es möglich ist, die Protonen auf eine ringförmige Bahn zu zwingen und zudem ihre Geschwindigkeit zu erhöhen.
- 4 b) Beim Betrieb des Endbeschleunigers tritt im Tunnel Strahlung auf. Erklären Sie, wie diese Strahlung zustande kommt und warum deshalb ein Aufenthalt im Tunnel verboten ist.

Gehen Sie im Folgenden davon aus, dass sich die Protonen auf einer Kreisbahn in einem räumlich homogenen Magnetfeld bewegen.

- 11 c) Erklären Sie, warum die Flussdichte des Magnetfelds vom Ausgangswert $B_{\min} = 0,35 \text{ T}$ kontinuierlich auf einen Maximalwert B_{\max} erhöht werden muss, obwohl die Protonen bereits beim Einschuss nahezu mit Lichtgeschwindigkeit kreisen. Berechnen Sie B_{\max} .

[zur Kontrolle: $B_{\max} = 5,4 \text{ T}$]

- 5 d) Im Endbeschleuniger wird das Magnetfeld von supraleitenden Spulen mit jeweils 160 Windungen und der Querschnittsfläche $A = 1,8 \text{ m}^2$ erzeugt. Die Protonen erreichen 20 Minuten nach Eintritt in den Ring ihre Maximalenergie. Begründen Sie, warum während dieser 20 Minuten in den Spulen eine Gegenspannung auftritt und berechnen Sie deren Mittelwert.

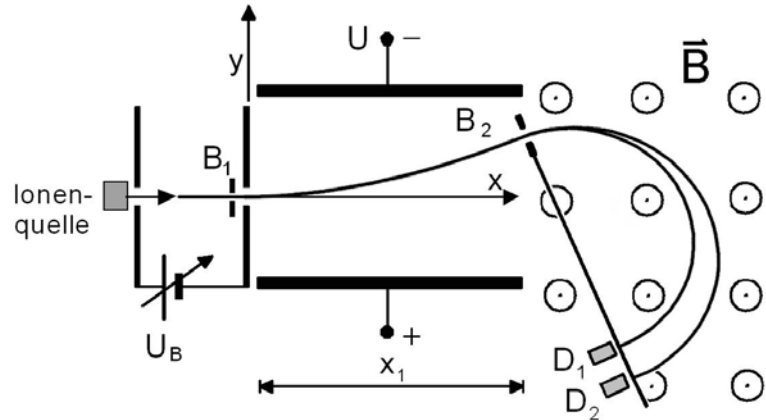
Angeregt von Berichten über Ringbeschleuniger möchte ein Kollegiat im physikalischen Praktikum mit einer (langgestreckten) Spule ein magnetisches Feld von 5 T erzeugen. Die Spule enthalte lediglich Luft.

- 7 e) Wie schätzen Sie seine Chancen ein? Argumentieren Sie mit Hilfe von Berechnungen, bei denen Sie notwendige Werte realistisch abschätzen.

(Fortsetzung nächste Seite)

2. Energiespektrum von Ionen

Eine Ionenquelle liefert Wasserstoff- und Deuteriumkerne, deren Energieverteilung mithilfe der abgebildeten Versuchsanordnung untersucht werden soll. Zunächst werden die bei hoher Temperatur erzeugten Ionen in einem Längsfeld durch die Spannung U_B beschleunigt.



Durch die Blende B_1 gelangen sie längs der x -Achse in ein homogenes elektrisches Querfeld. Es darf angenommen werden, dass das elektrische Feld auf den Innenraum des Kondensators (Spannung U , Plattenabstand d) begrenzt ist. Nach Passieren der Blende B_2 treten die Ionen in ein homogenes Magnetfeld ein.

- Kerne der Masse m , die mit der Geschwindigkeit v_x in das Querfeld eintreten, durchlaufen die eingezeichnete Bahn von B_1 nach B_2 . Leiten Sie die Gleichung für diese Bahn her. [zur Kontrolle: $y = \frac{eU}{2dmv_x^2} \cdot x^2$]
- Zeigen Sie, dass die Kerne beider Isotope die gleiche Bahn im Ablenkondensator durchlaufen, sofern sie mit gleicher Anfangsenergie E_0 in das elektrische Querfeld eintreten.
- Zeigen Sie, dass die kinetische Energie jedes Kerns beim Durchlaufen des Querfelds um $\Delta E = \frac{e^2 U^2}{4d^2 E_0} \cdot x_1^2$ zunimmt.

Nur die Wasserstoff- und Deuteriumkerne mit der Energie $E_1 = E_0 + \Delta E$ treten durch die Blende B_2 in das Magnetfeld ein. Die Detektoren D_1 und D_2 messen deren Zählraten.

- Zeigen Sie, dass im Magnetfeld für die Bahnradien der beteiligten Isotopenkerne gilt: $r_{H^+} : r_{D^+} \approx 1 : \sqrt{2}$
- Aufgrund ihrer unterschiedlichen Erzeugung verlassen die Kerne die Ionenquelle mit unterschiedlichen Anfangsenergien. Erläutern Sie, wie man mit der Versuchsanordnung durch Variation von U_B die Energieverteilung der Ionen in der Ionenquelle nach Isotopen getrennt ermitteln kann. B_1 , B_2 , D_1 und D_2 sollen dabei ortsfest, U konstant bleiben.

L Ph 2

1. Wechselstromwiderstand – Schwingkreis

Um die Frequenzabhängigkeit des Wechselstromwiderstands X_C eines Kondensators zu bestimmen, wird er an einen Sinusgenerator mit Scheitelspannung $U_0 = 3,0 \text{ V}$ angeschlossen und die Scheitelstromstärke I_0 in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen. Dabei ergeben sich folgende Messwerte:

f in kHz	1,0	2,0	3,0	4,0
I_0 in mA	20	37	59	73

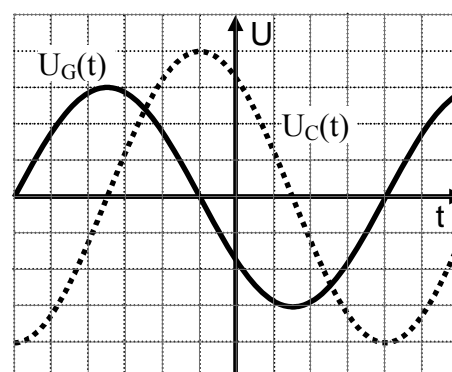
- a) Bestimmen Sie aus den Messwerten den jeweiligen Wechselstromwiderstand X_C und zeichnen Sie das zugehörige f - X_C -Diagramm.
- b) Bestimmen Sie aus den Messwerten die Kapazität C des Kondensators.
[zur Kontrolle: $C = 1,0 \mu\text{F}$]
- c) Der Kondensator wird jetzt durch eine Spule mit vernachlässigbarem Ohm'schen Widerstand und der Induktivität $L = 3,2 \text{ mH}$ ersetzt. Obige Messungen werden dann in analoger Weise durchgeführt. Stellen Sie den zu erwartenden Zusammenhang zwischen der Frequenz f und dem induktiven Widerstand X_L im Diagramm aus Teilaufgabe 1a quantitativ dar und bestimmen Sie aus dem Diagramm die Frequenz, bei der die beiden Wechselstromwiderstände gleich sind.

Nun lädt man den Kondensator ($C = 1,0 \mu\text{F}$) an einer Batterie ($U = 6,0 \text{ V}$) auf. Die Batterie wird abgeklemmt und der Kondensator zum Zeitpunkt $t = 0$ über die Spule ($L = 3,2 \text{ mH}$) aus Teilaufgabe 1c entladen.

- d) Berechnen Sie die Eigenfrequenz f_0 dieses Schwingkreises und bestätigen Sie allgemein, dass die Wechselstromwiderstände von Spule und Kondensator bei f_0 gleich sind.
[zur Kontrolle: $f_0 = 2,8 \text{ kHz}$]
- e) Berechnen Sie den Energieinhalt des Schwingkreises und zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der elektrischen Energie $E_{el}(t)$ des Kondensators für $0 \leq t \leq 0,54 \text{ ms}$.

Der Schwingkreis wird nun induktiv an den Sinusgenerator gekoppelt und zur erzwungenen Schwingung angeregt. Mit Hilfe eines Zweikanal-Oszilloskops werden die Spannung $U_G(t)$ des Sinusgenerators und die Spannung $U_C(t)$ am Schwingkreiskondensator registriert. Im Resonanzfall stellt sich das nebenstehende Bild ein.

(Fortsetzung nächste Seite)

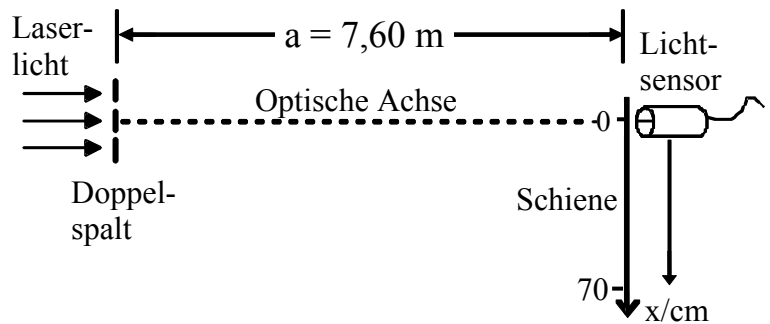


BE

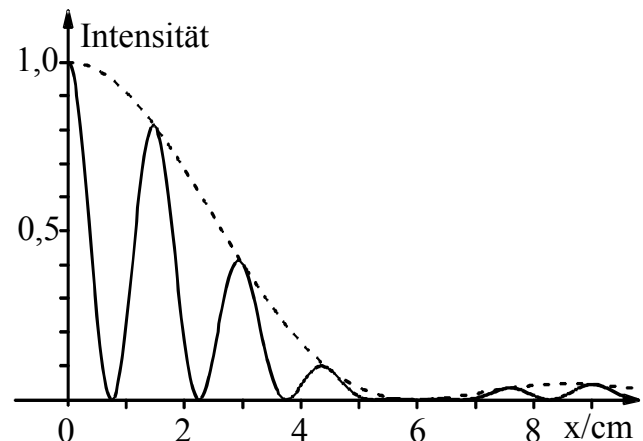
- 5 f) Erklären Sie, woran man hier den Resonanzfall erkennt. Diskutieren Sie, ob die Annahme einer vernachlässigbaren Dämpfung im Schwingkreis gemäß dem Diagramm gerechtfertigt ist.
- 7 g) Führt man bei unveränderten Einstellungen von Sinusgenerator und Oszilloskop einen Eisenkern in die Schwingkreisspule ein, so ändert sich die Darstellung am Oszilloskop. Beschreiben und begründen Sie den Einfluss des Eisenkerns auf
- (α) den Scheitelwert der Spannung am Schwingkreiskondensator,
 - (β) die Frequenz der Spannung am Schwingkreiskondensator,
 - (γ) die Phasenverschiebung zwischen den beiden Spannungen.

2. Beugung und Interferenz an Mehrfachspalten

Die nebenstehende Skizze zeigt einen Praktikumsversuch mit Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 633 \text{ nm}$ zur Registrierung von Interferenzbildern. Das Interferenzbild wird jeweils mit einem feinen Lichtsensor abgetastet, der entlang einer 70 cm langen Schiene senkrecht zur optischen Achse verschoben werden kann.



- 8 a) Bei Verwendung eines Doppelspalts ergibt sich die nebenstehende Intensitätsverteilung. Zeigen Sie, dass die gestrichelt ergänzte Hüllkurve auf Beugung am Einfachspalt der Breite $B = 80 \mu\text{m}$ zurückgeführt werden kann. Bestimmen Sie auch den Spaltmittenabstand b aus dem Diagramm.
- 4 b) Der Doppelspalt wird nun durch einen Vierfachspalt ersetzt, bei dem die Spaltbreiten und die jeweiligen Abstände benachbarter Spaltmitten mit denen des Doppelspalt übereinstimmen. Der Laserstrahl leuchtet alle vier Spalte aus. Vergleichen Sie die sich nun ergebende Intensitätsverteilung mit der beim Doppelspalt.
- 7 c) Verwendet man anstelle des Doppelspalts ein optisches Gitter mit 300 Strichen pro mm, wird nur noch ein heller Punkt registriert. Begründen Sie dies und geben Sie an, wie die Anordnung verändert werden kann, um wenigstens auch noch das Maximum 1. Ordnung zu erfassen.



L Ph 3

1. Debye-Scherrer-Streuung am Polykristall

Materiewellen wurden 1924 postuliert und kurze Zeit später mit Versuchen wie dem Debye-Scherrer-Verfahren nachgewiesen.

In einer Vakuumröhre treffen Elektronen, die aus einem Glühdraht (Heizspannung U_H) ausgetreten sind und durch die Spannung U_B beschleunigt wurden, auf ein Pulver aus Graphitkristallen. Dahinter werden sie auf einem Leuchtschirm sichtbar gemacht. Typischerweise beobachtet man um einen hellen Mittelpunkt konzentrische, helle Kreise.

- 7 a) Leiten Sie anhand geeigneter Skizzen den Zusammenhang zwischen der Wellenlänge einer auftreffenden Welle und ihren möglichen Ablenkswinkeln bei der Beugung am Einkristall her (Bragg-Bedingung) und erklären Sie damit das Zustandekommen des beobachteten Bildes.
- 3 b) Wie kann man experimentell nachweisen, dass die gezeigten Erscheinungen tatsächlich von Elektronen erzeugt werden und nicht von Röntgenstrahlung, die beim Auftreffen von Elektronen auf das Pulver entstanden sein könnte?

Bei den konzentrischen Kreisen handelt es sich um Beugungen an zwei verschiedenen Netzebenen des Graphits mit den Netzebenenabständen $d_1 = 1,23 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ und $d_2 = 2,13 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. Der kreisförmige Leuchtschirm (Radius $R = 4,7 \text{ cm}$) hat von der Graphitpulverschicht den Abstand $L = 13,5 \text{ cm}$. Die Beschleunigungsspannung U_B ist auf $4,0 \text{ kV}$ eingestellt.

- 6 c) Berechnen Sie relativistisch die de-Broglie-Wellenlänge λ eines anfangs ruhenden Elektrons, welches die Beschleunigungsspannung U_B durchlaufen hat. [zur Kontrolle: $\lambda = 1,9 \cdot 10^{-11} \text{ m}$]
- 7 d) Bestimmen Sie, wie viele Kreise bei diesem Versuch theoretisch auf dem Leuchtschirm zu erwarten sind.
- 5 e) Beschreiben und erklären Sie, wie sich das Bild auf dem Schirm verändert, wenn man zum einen die Spannung U_H bzw. zum anderen die Spannung U_B vergrößert.
- 8 f) Zeigen Sie für den Fall kleiner Beschleunigungsspannungen (nicht-relativistischer Ansatz), dass für den Zusammenhang zwischen der Beschleunigungsspannung U_B und der de-Broglie-Wellenlänge λ gilt:

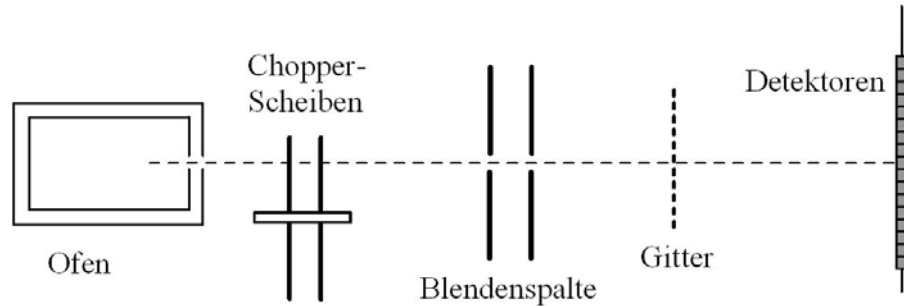
$$U_B = \frac{h^2}{2 e m \lambda^2}.$$

Bestimmen Sie damit die kleinstmögliche Beschleunigungsspannung U_B , ab der theoretisch überhaupt Interferenzkreise auf dem Leuchtschirm zu erwarten sind.

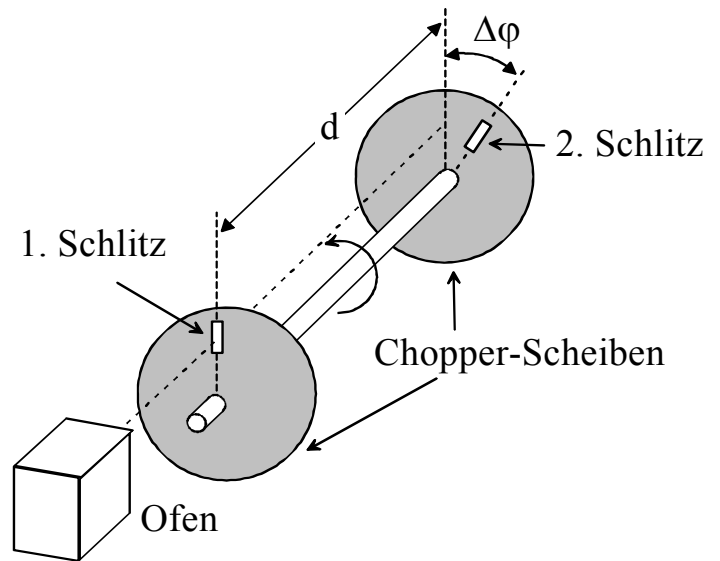
(Fortsetzung nächste Seite)

2. Teilchenstrahlinterferenz von Fullerenen

1999 gelang ein Interferenzversuch mit sehr großen Molekülen, sogenannten Fullerenen. Es wurden C_{60} -Moleküle verwendet, die aus 60 Kohlenstoffatomen bestehen und eine an einen Fußball erinnernde räumliche Struktur haben.



Die C_{60} -Moleküle der Masse $m = 720 \text{ u}$ treten aus einem Ofen der Temperatur $T = 9,2 \cdot 10^2 \text{ K}$ aus. Sie treffen anschließend auf zwei sogenannte Chopper-Scheiben, die im Abstand $d = 0,20 \text{ m}$ auf einer gemeinsamen Achse sitzen und mit der Frequenz f rotieren. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit der C_{60} -Moleküle können diese durch die beiden um den Winkel $\Delta\varphi = 10^\circ$ gegeneinander verdrehen, schmalen Schlitze fliegen. Nach den zwei Blendenspalten treffen die Moleküle auf ein Gitter mit einem Spaltmittenabstand von $b = 100 \text{ nm}$. Im Abstand $\ell = 1,25 \text{ m}$ hinter dem Gitter werden die Fullerene detektiert.



- Schätzen Sie die mittlere Geschwindigkeit \bar{v} ab, mit der die Moleküle den Ofen verlassen, indem Sie die Fullerene vereinfachend als ein ideales, einatomiges Gas betrachten. [zur Kontrolle: $\bar{v} = 1,6 \cdot 10^2 \text{ m/s}$]
- Bestimmen Sie die kleinste Frequenz f , mit der die beiden Chopper-Scheiben rotieren müssen, damit gerade die Moleküle mit der mittleren Geschwindigkeit \bar{v} durch beide Schlitze fliegen können.
- Berechnen Sie die de-Broglie-Wellenlänge eines C_{60} -Moleküls der Geschwindigkeit \bar{v} und anschließend damit den Abstand des 1. Interferenzmaximums vom Maximum 0. Ordnung.
- Diskutieren Sie, wie sich das Interferenzbild qualitativ verändert, wenn die Drehfrequenz der Chopper-Scheiben langsam erhöht wird.

BE

L Ph 4

1. β^- -Zerfall von ^{85}Kr

- 4 a) Erläutern Sie kurz die Vorgänge im Atomkern beim β^- -Zerfall. Warum konnte Wolfgang Pauli anhand des β^- -Zerfalls auf die Existenz eines weiteren Teilchens schließen?
- 4 b) Geben Sie die Zerfallsgleichung für den β^- -Zerfall von ^{85}Kr an und bestimmen Sie die dabei frei werdende Energie Q . [zur Kontrolle: $Q = 0,69 \text{ MeV}$]
- 4 c) Mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,4 % befindet sich der Tochterkern in einem angeregten Zustand der Energie 0,51 MeV, der innerhalb kurzer Zeit durch Emission eines γ -Quants in den Grundzustand übergeht. Zeichnen Sie das Energieniveauschema für den Zerfall von ^{85}Kr und berechnen Sie die Wellenlänge des γ -Quants.

2. ^{85}Kr in der Qualitätssicherung bei der Papierherstellung

Bei der Papierherstellung wird die Dicke des Papiers kontrolliert, indem man es z. B. laufend mit größerer Geschwindigkeit (Größenordnung: einige m/s) zwischen dem ^{85}Kr -Präparat und einem Detektor hindurchführt.

- 3 a) Begründen Sie mithilfe eines Prozesses auf atomarer Ebene, dass die registrierte Zählrate mit zunehmender Papierdicke abnimmt.

Zunächst muss der Detektor kalibriert werden. Dazu werden Messungen mit Papier bekannter Dicke durchgeführt. Der Nulleffekt beträgt 19 min^{-1} .

Dicke d in mm	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
Zählrate Z in min^{-1}	231	189	136	115	95	74

- 2 b) Begründen Sie, dass man den Anteil der γ -Strahlung (vgl. Teilaufgabe 1c) an der Zählrate vernachlässigen kann.
- 6 c) Für die Zählrate der β^- -Strahlung gilt bei kleinen Papierdicken d näherungsweise ein Absorptionsgesetz der Form $z(d) = z_0 e^{-\mu d}$. Weisen Sie diesen Zusammenhang nach und bestimmen Sie den Absorptionskoeffizienten μ . [zur Kontrolle: $\mu = 2,6 \text{ mm}^{-1}$]
- 3 d) Man möchte Papier der Dicke 0,13 mm herstellen. Welche Zählrate ist zu erwarten?
- 5 e) Begründen Sie, warum das obige Verfahren ungeeignet ist, lokale Schwankungen der Dicke zuverlässig zu registrieren. Mit welcher Zielsetzung kann es dennoch eingesetzt werden?
- 4 f) Ein Kunde befürchtet, dass er sich durch den Kauf dieses so getesteten Papiers erhöhter β^- -Strahlung aussetzt. Erklären Sie, warum seine Befürchtungen unbegründet sind. (Fortsetzung nächste Seite)

BE

3. ^{85}Kr als Indikator für weltweite Wiederaufbereitungsaktivitäten

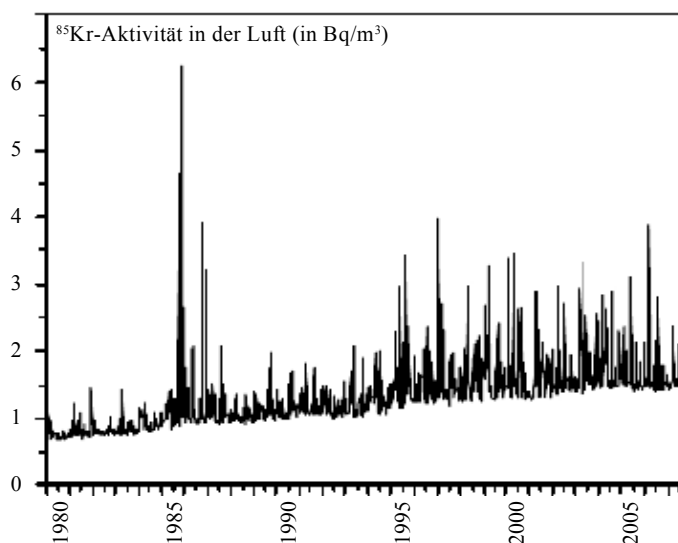
Bei der Spaltung von ^{235}U in Kernkraftwerken entsteht ^{85}Kr , das zunächst in den Brennstäben verbleibt, jedoch bei der Wiederaufbereitung in die Atmosphäre gelangt. Da andere Entstehungsquellen vernachlässigbar sind, kann ^{85}Kr als Indikator für Wiederaufbereitungsaktivitäten verwendet werden.

- 6 a) Die Kr-Aktivität von 1 m^3 Luft betrug im Jahr 2007 weltweit etwa $1,5\text{ Bq}$. Schätzen Sie daraus die Anzahl N_{Kr} der in diesem Jahr in der Atmosphäre zerfallenen ^{85}Kr -Kerne ab. Gehen Sie hierzu von einer 10 km hohen Erdatmosphäre konstanter Dichte und einer Gleichverteilung von ^{85}Kr aus.

[zur Kontrolle: $N_{\text{Kr}} = 2,4 \cdot 10^{26}$]

- 7 b) Ein typischer Brennstab ist mit etwa $3,3\%$ ^{235}U angereichert, von dem während der Verweildauer im Reaktor drei Viertel gespalten werden. Nur bei $0,27\%$ der Spaltreaktionen entsteht ein ^{85}Kr -Kern. Schätzen Sie unter der Annahme, dass die ^{85}Kr -Aktivität zeitlich konstant bleibt, die weltweit jährlich wiederaufbereitete Masse an Uran aus Brennstäben ab.

Tatsächlich wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz der nebenstehende zeitliche Verlauf der ^{85}Kr -Aktivität gemessen. Die Spitzen im Diagramm sind auf kurzfristige, Wetter bedingte Phänomene zurückzuführen.



- 4 c) Wie ändert sich langfristig der ^{85}Kr -Gehalt in der Atmosphäre? Diskutieren Sie die Abschätzung aus Teilaufgabe 3b im Hinblick auf die Änderung.
- 4 d) In Europa sind nur in Frankreich und Großbritannien Wiederaufbereitungsanlagen in Betrieb. Begründen Sie damit das Auftreten der Spitzen im Diagramm.
- 4 e) Skizzieren Sie qualitativ den zukünftig zu erwartenden Verlauf der ^{85}Kr -Aktivität für folgende Szenarien und begründen Sie Ihre Diagramme:
Die Wiederaufbereitung der Kernbrennstäbe
(α) endet weltweit sofort,
(β) hat ab sofort den in Teilaufgabe 3b berechneten konstanten Wert.

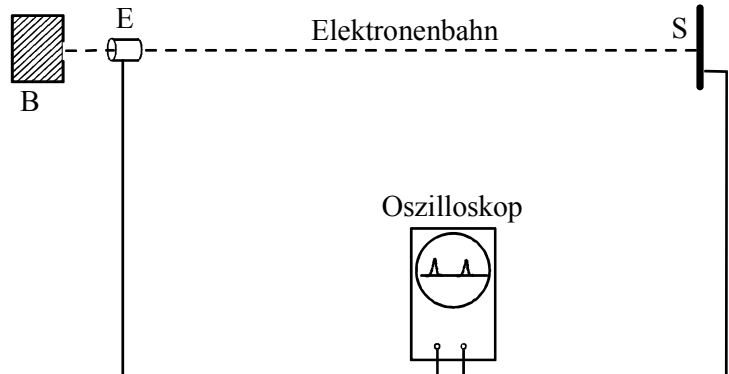
BE

L Ph 5

1. Bertozzi-Experiment

Mit dem nebenstehenden Aufbau führte W. Bertozzi im Jahr 1962 Experimente mit hochenergetischen Elektronen durch. Zunächst ruhende Elektronen durchlaufen in einem Beschleuniger B die Spannung U_B , passieren

anschließend mit konstanter Geschwindigkeit v eine Elektrode E und treffen auf eine Aluminiumscheibe S. Die Flugzeit Δt zwischen E und S ($\overline{ES} = 8,4 \text{ m}$) lässt sich mithilfe eines Oszilloskops bestimmen. Es ergeben sich folgende Messwerte:



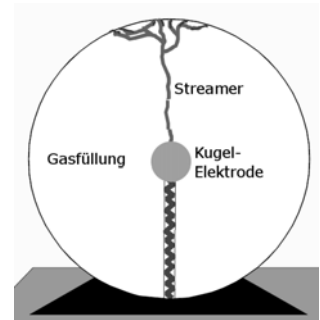
U_B in MV	0,10	0,30	0,60	1,00
Δt in ns	51	36	32	30

- Berechnen Sie mit der jeweils angegebenen Flugzeit Δt die Elektronengeschwindigkeiten.
- Bei der Durchführung des Experiments ist auf eine symmetrische Verkabelung des Oszilloskops zu achten. Begründen Sie, dass ansonsten die berechneten Geschwindigkeiten deutlich von den tatsächlichen abweichen können.
- Fertigen Sie ein U_B - v^2 -Diagramm an (Skalierung: $1 \text{ cm} \hat{=} 100 \text{ kV}$ bzw. $1 \text{ cm} \hat{=} 1 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2$). Tragen Sie die Messpunkte in das Diagramm ein und skizzieren Sie die zwischen 0 und 1,5 MV zu erwartende Kurve. Beschreiben und begründen Sie detailliert den Kurvenverlauf für sehr hohe und sehr niedrige Beschleunigungsspannungen U_B .
- Beschreiben Sie qualitativ, ob und ggf. wie sich während des Durchlaufens einer sehr großen Beschleunigungsspannung U_B in einem homogenen elektrischen Längsfeld die beschleunigende Kraft auf das Elektron und dessen Beschleunigung ändern.
- Begründen Sie, dass bei sehr großen Beschleunigungsspannungen U_B die am Ende erreichte relativistische Masse m eines Elektrons annähernd direkt proportional zu U_B ist.
- Beim Auftreffen der Elektronen auf die Aluminiumscheibe wird Röntgenstrahlung emittiert. Welche Mindestwellenlänge besitzt diese Strahlung bei $U_B = 1,5 \text{ MV}$? Untersuchen Sie, ob in dieser Strahlung auch die K_α -Linie von Aluminium auftritt.

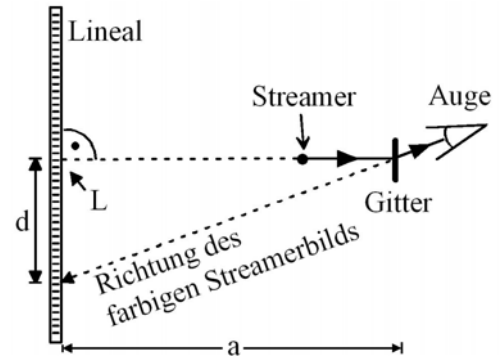
(Fortsetzung nächste Seite)

2. Plasmakugel

Eine Plasmakugel ist eine mit Xenon- und Neongas gefüllte Glaskugel, in deren Mitte sich eine Kugelelektrode befindet. Durch den Betrieb mit einer hochfrequenten Spannung im kV-Bereich wird das Gas elektrisch leitend (Plasma) und es bilden sich leuchtende Plasmafäden (Streamer) aus.



Das emittierte Licht wird mit einem Gitter (Gitterkonstante $b = 1/570 \text{ mm}$) spektral untersucht. Hierzu wird parallel zum Gitter im Abstand $a = 42,0 \text{ cm}$ ein Lineal montiert. Die Plasmakugel befindet sich zwischen Gitter und Lineal. Blickt man unter verschiedenen Winkeln auf das Gitter, sieht man neben dem direkt beobachteten Streamer auch farbige Streamerbilder auf dem Lineal. Erkennbar sind dort unter anderem ein blaues und ein rotes Streamerbild in den Entfernungen $d_{\text{blau}} = 26,4 \text{ cm}$ bzw. $d_{\text{rot}} = 15,7 \text{ cm}$ vom Lotfußpunkt L (siehe Skizze).



- Bestimmen Sie die Wellenlängen des farbigen Lichts und geben Sie jeweils die Ordnung der beobachteten Interferenzmaxima an. Begründen Sie Ihr Vorgehen anhand einer geeigneten Skizze der Versuchsanordnung. [zur Kontrolle: $\lambda_{\text{blau}} = 467 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{rot}} = 614 \text{ nm}$]
- Das blaue Licht wird von Xenonatomen emittiert, die durch Elektronenstöße angeregt werden. Betrachtet man die Elektronen im Streamer als ein ideales Gas, kann man diesem eine theoretische Temperatur zuordnen. Berechnen Sie die Temperatur des „Elektronengases“, bei dem die mittlere kinetische Energie gerade ausreicht, um die Xenonatome anzuregen.
- Die Elektronen treten mit den Gasatomen auf zweierlei Weise in Wechselwirkung: Stoßanregungen und elastische Stöße. In keinem der beiden Fälle führt dies zu einer nennenswerten Zunahme der kinetischen Energie der Xenonatome und damit der Gastemperatur. Begründen Sie dies für eine der beiden Wechselwirkungsarten.

Das Licht des Streamers wird nun mit einer Vakuumphotozelle untersucht, zwischen deren Kathode und Anode eine regelbare Gleichspannung U anliegt. Bei Anwendung der Gegenfeldmethode kommt der Photostrom bei der Gegenspannung $U = 0,40 \text{ V}$ zum Erliegen.

- Ermitteln Sie, mit welchem Material die Photozelle beschichtet ist und zeigen Sie, dass der Rotanteil des Streamerlichts keinen Photostrom erzeugen kann.