

Dauer der Prüfung: 120 Minuten.

Erlaubte Hilfsmittel: Eigene, angereicherte Formelsammlung DMK/DPK und der in der Klasse bisher benutzte Taschenrechner. Schüler von Yverdon dürfen zusätzlich ein Wörterbuch benützen.

Es zählen nur die Punkte der **5** am besten gelösten Aufgaben, die Darstellung wird mitbewertet.

Alle Aufgaben geben gleich viele Punkte.

Der Lösungsweg muss immer klar ersichtlich sein, richtige Antworten ohne jede Begründung geben keine Punkte. Beachten Sie auch, dass etliche der Teilaufgaben unabhängig sind voneinander !

Benutzen Sie bitte für jede Aufgabe ein neues Blatt.

### Aufgabe 1

Ein winziger, 100% reflektierender Spiegel der Masse 0.02 Gramm hängt an einem hauchdünnen, 10.0 cm langen Faden. Der Spiegel wird mit einem senkrecht einfallenden, sehr kurzen Laserpuls der Energie 1.00 J bestrahlt. Die Wellenlänge der vom Laser emittierten Photonen sei 632.8 nm .

- Wieviele Photonen befanden sich in diesem Laserpuls ?
- Warum reagiert der Spiegel mit einer kleinen Auslenkung aus der Ruhelage auf diesen Blitz ?
- Zeigen Sie, dass die maximale horizontale Auslenkung des Spiegels aus der Ruhelage etwa  $3.4 \cdot 10^{-5}$  m beträgt
- Wie könnte man diese winzige Auslenkung beobachten ?

### Aufgabe 2

- Erzeugt man einen Elektronenstrahl mit einer Glühkathode und einer Beschleunigungsspannung, so sind die Elektronen nicht alle genau gleich schnell, da sie mit verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten aus der Kathode austreten. Wie kann man einen solchen Elektronenstrahl 'filtern', sodass man für ein Experiment nur noch Elektronen einer ganz bestimmten Geschwindigkeit im Strahl hat ?
- Wie kann man die de Broglie - Wellenlänge  $\lambda$  und damit den Impuls von Elektronen, die alle dieselbe Geschwindigkeit haben, messen ?
- Wie kann man den Impuls von Elektronen direkt messen, indem man ihre Ablenkung in einem Magnetfeld bekannter Stärke beobachtet ? ( Messgrößen:  $B$  und ein Radius  $r$  )
- Leiten Sie aus den Ausdrücken für den Impuls von b) und c) die folgende Formel für die Elementarladung her :

$$e = \frac{h}{\lambda \cdot r \cdot B}$$

### Aufgabe 3

In der Aufgabe 2 wird eine Formel für die Berechnung der Elementarladung aus einigen wenigen Messgrößen hergeleitet. Diese Formel benutzen wir nun, um eine Versuchsreihe auszuwerten. Die Stärke des Magnetfeldes war bei allen 4 Versuchen gleich, nämlich  $7.5 \cdot 10^{-3}$  Tesla. Es wurden die folgenden Wertepaare von  $\lambda$  und  $r$  gemessen:

$\lambda$ in pm	10	8.7	7.5	6
$r$ in cm	5.5	6.3	7.3	9.2

- Berechnen Sie zu diesen 4 Wertepaaren den Wert der Elementarladung mit der Formel von 2 d) . Achten Sie dabei auf die Einheiten pm und cm !
- Bei welchem Versuch waren die Elektronen am schnellsten ? Begründen Sie Ihre Antwort
- Wie schnell waren die Elektronen im vierten Versuch ? Zeigen Sie, dass es sich um 'relativistische' Elektronen handelt
- Welche wichtige Erkenntnis ergibt sich für die SRT aus a) und c) inbezug auf die Elementarladung ?

### Aufgabe 4

Das Kalium-Isotop K-40 ist nicht stabil. Es zerfällt mit einer Halbwertszeit von  $1.27 \cdot 10^9$  Jahren, wobei zwei verschiedene Kernumwandlungen möglich sind: In 89% der Fälle entsteht ein Ca-40 und in 11% der Fälle ein Ar-40-Kern.

- Geben Sie die Kernreaktionsgleichung für den häufigeren Fall an. Welche Art von Strahlung muss dabei abgegeben werden ?
- Geben Sie die Kernreaktionsgleichung für den selteneren Fall an. Wie hat man sich diesen Prozess vorzustellen, wenn dabei keine Positronenstrahlung freigesetzt wird ?
- Welche Energie ( in MeV ) wird bei einer einzelnen Umwandlung in einen Argon-Kern frei ?

Man benutzt den Zerfall von K-40 zur Bestimmung des Alters von Gesteinsproben. Dabei geht man davon aus, dass das entstandene Edelgas im Gestein eingeschlossen bleibt und dass nur solches Edelgas im Gestein eingeschlossen ist welches aus solchen Zerfällen stammt. Die Analyse einer Gesteinsprobe ergab  $2.2 \cdot 10^{21}$  Argonkerne bei noch  $3.0 \cdot 10^{21}$  vorhandenen K-40-Kernen.

- Wieviele Zerfälle (von beiden Arten) haben insgesamt stattgefunden ? Wieviele K-40-Kerne waren ursprünglich vorhanden im Probenmaterial ?
- Welches Alter hat die Gesteinsprobe ?

## Aufgabe 5

De Broglie hat erkannt, dass die ganze Bohr'sche Theorie des 1-Elektronen-Atoms aus drei einfachen Postulaten abgeleitet werden kann:

1. Es ist die Coulombkraft des Atomkerns, welche das Elektron auf seiner Kreisbahn hält
  2. Jedem Teilchen ist nach der Formel  $p = h / \lambda$  eine Wellenlänge zuzuordnen
  3. Damit sich die Teilchenwelle des Elektrons nicht selber auslöscht muss der Umfang der Kreisbahn ein ganzes Vielfaches seiner Wellenlänge sein
- a) Schreiben Sie das erste und dritte Postulat ebenfalls als Gleichung hin
- b) Inwiefern ist das zweite Postulat einfach von Einstein's Photonenentheorie 'abgeschrieben' ? Zeigen Sie, wie sich diese Formel nach Planck und Einstein herleitet.
- c) Zeigen Sie, wie sich aus den drei Gleichungen die Bohr'sche Quantisierung der Bahnradien ergibt
- d) Berechnen Sie den sogenannten Bohr-Radius zum Grundzustand  $n = 1$  und der Kernladungszahl  $Z = 1$

## Aufgabe 6

Es geht hier um die Uranspaltung.

- a) U-238 fängt gerne schnelle Neutronen ein. Der entstandene Urankern ist aber wenig stabil. Bei welchem Isotop mit sehr langer Halbwertszeit landet man nach kurzer Zeit ?
- b) Warum kann ohne Moderator in Natururan keine Kettenreaktion ablaufen ?
- c) Welche Vorteile, aber auch welchen Mangel hat gewöhnliches Wasser als Moderator ? Wie wird diesem Mangel begegnet ?
- d) Bei der Spaltung von U-235 können verschiedene Spaltprodukte entstehen. Schreiben Sie die Reaktionsgleichung auf für den Fall, dass ein Kr-89 und ein Ba-144 entstehen
- e) Die beiden Tochterkerne bei der Reaktion von d) sind instabil und zerfallen über eine Reihe von Betazerfällen in die stabilen Nuklide Y-89 und Nd-144 . Wieviel Energie wird bei dieser Spaltung von einem einzelnen U-235-Kern frei ?
- f) Schätzen Sie die Energie von e) noch auf eine andere Art ab: Nehmen wir an, der U-235-Kern habe sich nach dem Neutroneneinfang als 'Tropfen' gerade in die beiden sich noch berührenden kugelförmigen Kerne Kr-89 und Ba-144 getrennt, welche nun infolge der Coulomb-Abstossung auseinanderrasen. Berechnen Sie die gesamte kinetische Energie, welche die beiden Tochterkerne dabei gewinnen würden
- g) Unabhängig von den Rechnungen bei e) und f) : Warum muss der Wert von f) kleiner sein als derjenige von e) ?