Q2PHG
Ernesti

Vorabitur-Klausur Q2.2
Atom- und Kernphysik

9. März 2021

- *Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)*
- *Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!*
- *Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)*
- *Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!*

Erlaubte Hilfsmittel: ***Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien***

Photoeffekt und Photonen

In einer evakuierten Photozelle P befinden sich eine Platte aus Kalium (K) und ein Metallring (M). Kaliumplatte und Metallring sind elektrisch leitend mit einem Kondensator (C) verbunden (siehe Abbildung 1). Durch den Ring hindurch fällt Licht auf die Kaliumplatte. (Der Anteil des Lichts, der auf den Ring auftrifft, wird für diese Aufgabe außer Betracht gelassen.)

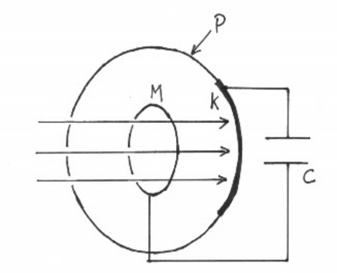

Abbildung 1: Photozelle (mit Kalium-Platte K und Ring M) sowie Kondensator

1.1. Man beobachtet, dass bei Bestrahlung der Platte mit Licht unterhalb einer bestimmten Wellenlänge der Kondensator aufgeladen wird.

a) Beschreiben Sie den zugrunde liegenden Photoeffekt.

b) Nennen Sie die Gleichung, die den Zusammenhang zwischen der Wellenlänge λ des eingestrahlten Lichts, der Austrittsarbeit E_A und der kinetischen Energie E_{kin} der ausgelösten Elektronen angibt.

c) Erläutern Sie den Einfluss der Lichtintensität für Licht mit Wellenlängen oberhalb und unterhalb der Grenzwellenlänge λ_{Gr}.

d) Berechnen Sie die Grenzwellenlänge λ_{Gr}.

(Die Austrittsarbeit für Kalium beträgt $E_A = 2{,}25\ eV$.)

(17 Punkte)

1.2. Bestrahlung der Platte mit Licht der Wellenlänge $\lambda_1 = 434\ nm$ führt dazu, dass der Kondensator bis zu der maximalen Spannung $U_{max} = 0{,}61\ V$ aufgeladen wird.

a) Erklären Sie, warum der Kondensator nur bis zu einem Maximalwert der Spannung aufgeladen werden kann.

b) Überprüfen Sie den angegebenen Maximalwert U_{max} für die Spannung.

c) Berechnen Sie die dadurch bewirkte maximale Ladungsmenge Q_{max} auf dem Kondensator, wenn dieser eine Kapazität $C = 10\ nF$ besitzt.

(19 Punkte)

1.3. Die Leistung des auftreffenden Lichts der Wellenlänge $\lambda_1 = 434\ nm$ beträgt $P_1 = 5\ mW$.

Berechnen Sie die Anzahl der bei der angegebenen Lichtleistung pro Sekunde auf die Kaliumplatte auftreffenden Photonen. *(Ergebnis: $1{,}09 \cdot 10^{16}$ Photonen)*

(5 Punkte)

Anregung von Vanadium durch Neutronen

Vanadium besteht in der Natur zu 99,75 % aus dem stabilen Isotop (= Nuklid) $^{51}_{23}V$. Wird dieses stabile Isotop eine gewisse Zeit lang mit Neutronen einer Neutronenquelle bestrahlt, wandelt es sich aufgrund des Neutroneneinfangs in ein radioaktives Vanadiumisotop mit einer Halbwertszeit in der Größenordnung „Minuten“ um.

2.1. Die Neutronen der Neutronenquelle aktivieren $^{51}_{23}V$:

Geben Sie für das Vanadiumisotop die Gleichungen für diese Kernumwandlung, also den Neutroneneinfang, und für den anschließenden β^- -Zerfall an.

(8 Punkte)

2.2. Abbildung 2 zeigt die grafische Darstellung der gemessenen zeitabhängigen Zählraten für das aktivierte Vanadiumisotop. Die Daten sind bereits um den Nulleffekt bereinigt.

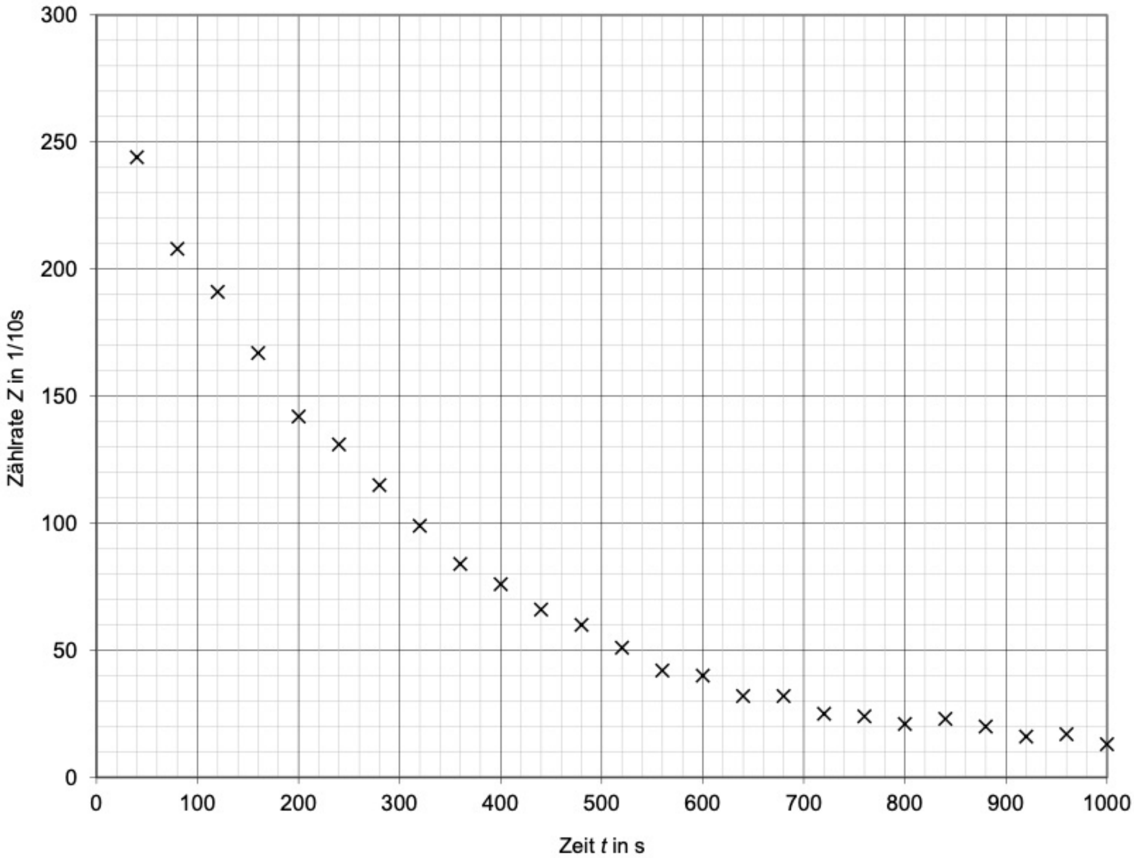

Abbildung 2: Zählraten für das aktivierte Vanadiumisotop in Abhängigkeit von der Zeit

a) Zeichnen Sie eine Ausgleichskurve in Abbildung 2 ein und ermitteln Sie damit die Halbwertszeit $T_{1/2}$ für die Zählraten als Mittelwert aus drei verschiedenen Ablesungen.

b) Begründen Sie, dass die in a) ermittelte Halbwertszeit für die Zählraten identisch ist mit der Halbwertszeit für das Vanadiumisotop.

c) Leiten Sie aus dem Zerfallsgesetz für radioaktive Isotope $N(t)=N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ die Gleichung $T_{1/2}=\frac{\ln(2)}{\lambda}$ für die Halbwertszeit eines Isotops her.

d) Geben Sie die Bedeutung der Konstanten λ an und ermitteln Sie ihren Wert für Vanadium.

(18 Punkte)

2.3. Wählen Sie sich in Abbildung 2 von den insgesamt 24 Messwerten 10 aus, deren Werte Sie möglichst präzise ablesen können.

a) Tragen Sie die natürlichen Logarithmen der 10 bereits um den Nulleffekt bereinigten Zählraten in Abhängigkeit von der Zeit auf.

b) Begründen Sie mathematisch, warum sich bei dieser Darstellung als Ausgleichskurve in guter Näherung eine Gerade ergibt.

c) Begründen Sie zusätzlich die Streuung der Messwerte um diese Ausgleichsgerade.

d) Ermitteln Sie mit Hilfe des Diagramms λ und N_0 .

e) Berechnen Sie $T_{1/2}$.

(20 Punkte)

Konstanten und Einheiten

- siehe Formelsammlung

Viel Spaß und Erfolg!