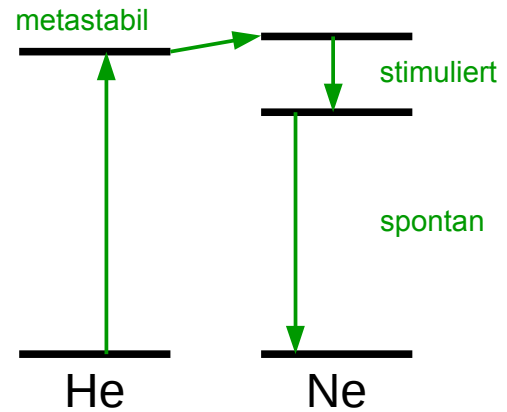


Lösung

- 1 1.1 Beschreiben Sie in Stichworten die Funktionsweise eines Helium-Neon-Lasers und tragen Sie dazu in das Energieniveauschema durch Pfeile ein, wohin Energie jeweils übertragen wird.

Die Helium-Atome werden auf ein metastabiles Niveau angeregt. Da die vorhandenen Neon-Atome ein Energieniveau mit einer nur geringfügig höheren Energie besitzen, können Helium-Atome zusätzlich mit ihrer kinetischen Energie die Neon-Atome anregen. Durch stimulierte Abgabe einer geringen Energie nehmen die Neon-Atome unter Aussendung roten Lichts einen Energiezustand auf einem Niveau ein, von dem aus durch spontane Emission der restlichen Energie der nicht angeregte Zustand eingenommen wird. Die stimulierte Abgabe wird dadurch verstärkt, dass das rote Licht durch planparallele Spiegel immer wieder im Innern des Lasers reflektiert wird. Befinden sich die Photonen des roten Lichts in der Nähe eines angeregten Neon-Atoms, wird die Energieabgabe eines Photons gleicher Energie ausgelöst (=stimuliert). Ein Teil des ständig reflektierten Lichts verlässt den Laser über den einen der beiden Spiegel, der teildurchlässig ist.



- 1.2 Kennzeichnen Sie eindeutig, welcher Übergang „spontan“ ist und welcher Übergang „stimuliert“ ist.
- 1.3 Geben Sie an, was man unter einem „metastabilen“ Zustand versteht und markieren Sie diesen Zustand eindeutig.

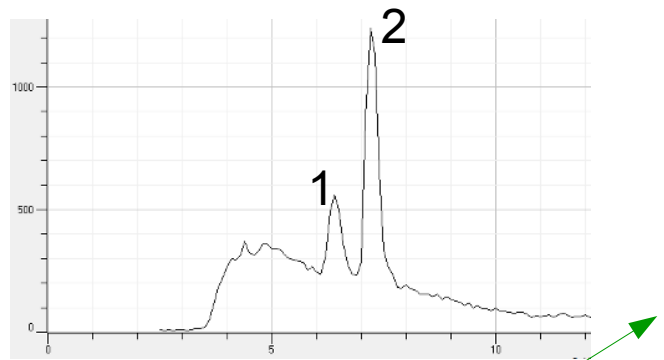
Metastabil ist ein Zustand, für den der Übergang in den Grundzustand nicht möglich ist und der deshalb eine größere Halbwertszeit besitzt. Die angeregten Helium-Atome wirken deshalb wie ein Energiespeicher.

- 1.4 Ein He-Ne-Laser sendet rotes Licht der Wellenlänge $\lambda = 633 \text{ nm}$ aus. Berechnen Sie die Energie dieses Übergangs und markieren Sie diesen Übergang eindeutig im Energieniveauschema.

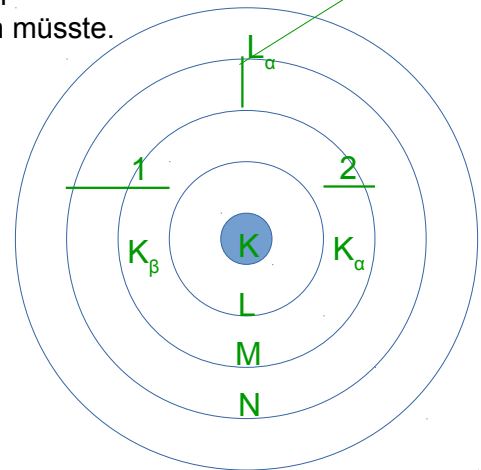
Mit den Formeln für die Energie $W = h \cdot f$ und die Wellenlänge $c = f \cdot \lambda \rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$ ergibt sich

$$W = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{633 \cdot 10^{-9}} \text{ J} = 3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,96 \text{ eV} \quad (\text{stimulierter Übergang})$$

2 Das charakteristische Röntgenspektrum (Peaks 1 und 2) zeigt die Auswirkung der Anregung von Atomen im Anodenmaterial der Röntgenröhre.



- 2.1 Zeichnen Sie in der Skizze unten (Bohrsches Atommodell) eindeutig bezeichnet die Übergänge ein, die zu den Peaks 1 und 2 gehören.
- 2.2 Markieren Sie im unteren Bild den Übergang eindeutig, der zu der L_{α} -Linie gehört.
- 2.3 Geben Sie im Spektrum den Bereich an, in dem der zur L_{α} -Linie gehörige Peak eigentlich zu sehen sein müsste.
- 2.4 Begründen Sie, warum man den Peak der L_{α} -Linie nicht (eindeutig) sehen kann.



Der L_{α} -Übergang besitzt eine wesentlich geringere Energie als die K_{α} - und K_{β} -Übergänge: $W_{L_{\alpha}} = W_{K_{\beta}} - W_{K_{\alpha}}$

Der Peak müsste deshalb im Diagramm viel weiter rechts liegen.

Da die Wahrscheinlichkeit für einen L_{α} -Übergang wesentlich geringer ist als für die K_{α} - und K_{β} -Übergänge, ist die Intensität wesentlich geringer, sodass der Peak beim unruhigen Untergrund nicht leicht zu erkennen wäre.

3 3.1 Geben Sie an, woraus α -Strahlen, β -Strahlen und γ -Strahlen bestehen.

α -Strahlen bestehen aus He-Kernen (2 Protonen und 2 Neutronen)

β -Strahlen bestehen aus Elektronen

γ -Strahlen bestehen aus Energie

- 3.2 Geben Sie für jede der Strahlenarten einen Versuch an, mit dem man die entsprechende Strahlenart eindeutig nachweisen kann.

α -Strahlen: Misst man die Reichweite in Luft oder schaut sich die Spuren in der Nebelkammer an, so erkennt man, dass bis zu einer bestimmten Weite die Anzahl der registrierten Teilchen fast gleich bleibt und dann bei einer bestimmten Entfernung schlagartig auf Null geht, bzw. dass die Spuren in der Nebelkammer alle gleich lang sind.

β -Strahlen: Schon in schwachen Magnetfeldern werden die Teilchen auf Kreisbahnen mit kleinem Radius gezwungen. Die Spuren in der Nebelkammer sind sehr schwach und unterschiedlich lang.

γ -Strahlen: In Materie wird die Strahlung exponentiell geschwächt. Die Strahlung nimmt mit einer Halbwertdicke des Absorbermaterials ab. In der Nebelkammer sind γ -Strahlen nicht zu sehen.

- 4 4.1 Berechnen Sie, wie viel Atome ${}^{232}_{90}\text{Th}$ in einem ausschließlich aus Th-232 bestehendem Präparat der Masse $m=1\text{ mg}$ vorhanden sind.

1 Atom Th-232 hat die Masse $232,03805 \cdot u = 232,03805 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27}\text{ kg} = 3,85508 \cdot 10^{-25}\text{ kg}$.

In 1mg sind dann $\frac{1 \cdot 10^{-6}\text{ kg}}{3,85508 \cdot 10^{-25}\text{ kg}} = 2,59532 \cdot 10^{18}$ Teilchen vorhanden.

- 4.2 Berechnen Sie, wie viele Atome dieses Präparats an 1 Tag zerfallen. Falls Sie 4.1 nicht lösen können, rechnen Sie mit 10^{20} Teilchen.

Berechnung(sversuch) mit der Formel: $\Delta N = N(0) \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot t})$

$$\Delta N = N(0) \cdot \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} \cdot t}\right) = 2,59532 \cdot 10^{18} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\ln 2 \cdot 24 \cdot 3600\text{ s}}{1,41 \cdot 10^{10} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600\text{ s}}}\right) = 2,59532 \cdot 10^{18} \cdot (1 - 1) = 0$$

Die Genauigkeit des Taschenrechners reicht nicht aus, um mit der kleinen Zahl im Exponenten ein gültiges Ergebnis zu erzeugen.

Da der betrachtete Zeitraum gegenüber der Halbwertszeit des Nuklids sehr klein ist, muss mit der

Formel $\Delta N = -\frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} \cdot N \cdot \Delta t$ gerechnet werden:

$$\Delta N = -\frac{\ln 2}{1,41 \cdot 10^{10} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 2,59532 \cdot 10^{18} \cdot 24 \cdot 3600 = 349546$$

An 1 Tag werden also etwa 350000 Atome zerfallen.

- 5 Begründen Sie, warum Po-217 nicht aus den sogenannten primordialen (=schon bei der Erdentstehung vorhandenen) radioaktiven Isotopen U-235, U-238 und Th-232 durch α -, β - und γ -Zerfall entstanden sein kann. Zu beachten ist: In der Nuklidkarte sind immer nur die wichtigsten Zerfallsarten angegeben. Es können möglicherweise zusätzlich zu den Angaben auch weitere α -, β - und γ -Zerfälle geringerer Wahrscheinlichkeit auftreten.

Beim α -Zerfall verliert ein Nuklid immer 4 Nukleonen, d. h. die Massenzahl nimmt immer um 4 ab.

Beim β -Zerfall ändert sich die Nukleonenzahl nicht, weil sich ein Neutron in ein Proton umwandelt.

Beim γ -Zerfall ändert sich die Nukleonenzahl nicht, weil nur Energie abgegeben wird.

Die Änderung der Massenzahl geschieht also nur beim α -Zerfall und kann bei fortlaufendem Zerfall also nur ein Vielfaches von 4 sein.

Da bei den Differenzen $235-217=18$, $238-217=21$ und $232-217=15$ das Ergebnis nie ein Vielfaches von 4 ist, kann Po-217 nicht aus U-235, U-238 oder Th-232 entstanden sein.

6 Gegeben ist die Kernreaktion ${}^7_3\text{Li} + p \rightarrow {}^7_4\text{Be}^* + n$. (* bedeutet: angeregter Kern)

6.1 Zeigen Sie rechnerisch, dass das Proton eine bestimmte kinetische Energie größer als Null benötigt, damit die Reaktion stattfinden kann.

Aus der Tabelle werden die Massen abgelesen: $u = 1,660539 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$$m_{\text{Li-7}} = 7,016004 \cdot u ; m_p = 1,007276 \cdot u ; m_{\text{Be-7}} = 7,016929 \cdot u ; m_n = 1,008665 \cdot u$$

$$\text{Masse links: } (7,016004 + 1,007276) \cdot u = 8,023280 \cdot u$$

$$\text{Masse rechts: } (7,016929 + 1,008665) \cdot u = 8,025594 \cdot u$$

$$\text{Massendifferenz: } (8,023280 - 8,025594) \cdot u = -0,002314 \cdot u$$

Da die Massendifferenz negativ ist, wird für die Kernreaktion Energie benötigt, die aus der kinetischen Energie des Protons stammt und die dann entsprechend der Formel $W = m \cdot c^2$ in Masse umgewandelt wird.

6.2 Berechnen Sie die kinetische (Mindest-)Energie, die das Proton besitzen muss und geben Sie den Wert in der Einheit MeV an.

(Anmerkung: In Wirklichkeit muss die Energie noch höher sein)

Berechnung der kinetischen Energie des Protons:

$$W = m \cdot c^2 \rightarrow W_{\text{kin-p}} \geq 0,002314 \cdot u \cdot c^2 = 0,002314 \cdot 1,660539 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (299792458)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} =$$

$$3,453455 \cdot 10^{-13} \text{ J} = \frac{3,453455 \cdot 10^{-13}}{1,602176 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} = 2155478 \text{ eV} \approx 2,16 \text{ MeV}$$

Atommassen bzw. Nuklidmassen:

http://physics.nist.gov/cgi-bin/Compositions/stand_alone.pl

Physikalische Konstanten:

https://de.wikipedia.org/wiki/Physikalische_Konstante

Periodensystem und Nuklidkarte:

<http://www.periodensystem-online.de/index.php>