Physik * Jahrgangsstufe 9 * Aufnahme und Abgabe von Energie bei Atomen

Erklärung der beobachteten, charakteristischen Linienspektren bestimmter Atome:

Die Energie der Atomhülle kann nicht beliebige sondern nur ganz bestimmte (diskrete) Werte annehmen. Man sagt: Eine Atomsorte hat charakteristische **diskrete Energieniveaus**.
Geht ein Atom von einem höheren in ein tieferes Energieniveau über, dann muss es die zugehörige Energiedifferenz als „Strahlungs-Energieportion" abgeben.
Diese Energieportion der Strahlung nennen wir auch ein **Photon** („Lichtteilchen").
Zu jeder Farbe des Spektrums gehört eine bestimmte Energie und auch eine bestimmte **Wellenlänge λ.**
Die Wellenlängen des sichtbaren Lichts liegen im Bereich von etwa **380 nm** bis **750 nm**.
1 nm = 0,000000001 m = $1 \cdot 10^{-9}$ m.
Die Energie der Photonen gibt man am besten in **Elektronenvolt** an.
1 Elektronenvolt = 1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Joule ist die Energie, die ein Elektron erhält, wenn es eine Spannung von 1 V „durchläuft".
Je kleiner die Wellenlänge λ eines Photons ist, desto größer ist seine Energie **E(λ)**.

Für die Umrechnung gilt: $E(\lambda) \approx 1{,}25 \cdot 10^{-6}\,\text{eV} \cdot \frac{\text{m}}{\lambda}$

Berechne nach dieser Formel die Photonenenergie für 380nm, 400nm, 500nm, 600nm, 700nm und 750nm und notiere die gefundenen Werte unter dem abgebildeten Spektrum.

Aufgabe zum Linienspektrum des Wasserstoffatoms

Die Atomhülle des Wasserstoffatoms ist besonders einfach (nur ein Elektron) und wurde schon sehr früh genauer untersucht. Dem Schweizer Gymnasiallehrer Jakob Balmer gelang es 1885, die Wellenlängen der Linien im Spektrum des Wasserstoffatoms mit Hilfe einer Formel zu berechnen. Berücksichtigt man, dass jede Wellenlänge genau einer bestimmten Energie entspricht, so erhält man daraus folgende Energieformel für die Linien im Wasserstoffspektrum:

Photonenenergie $E_{Photon} = 13{,}6\,\text{eV} \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ mit $n, m \in N$ und $n > m$

Man kann diese Formel so deuten, dass das Wasserstoffatom die Energieniveaus (Energiestufen) $E_n = 13{,}6\,\text{eV} \cdot \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$ mit $n = 1, 2, 3, 4, ...$ besitzt und beim Übergang von E_n nach E_m die zugehörige Energiedifferenz $\Delta E = E_n - E_m = ... = 13{,}6\,\text{eV} \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ als Photon abgestrahlt wird.

a) Zeige die Gültigkeit der oben angegebenen Formel für ΔE.
Berechne mit der Formel für E_n die Energiewerte E_1, E_2 bis E_7.

b) Zeichne ein maßstäbliches Energieniveau-Schema des Wasserstoffatoms.
Trage dazu die Energiewerte auf einer senkrechten Achse ein und verdeutliche ihre Lage durch waagrechte Linien (Vergleiche auch mit dem Bild im Buch!)

c) Welche Übergänge liefern Photonen im sichtbaren Bereich? Vergleiche dazu mit Deinen Berechnungen oben!
Gibt es auch Photonen im Ultravioletten (UV) bzw. im Infraroten (IR)?

Physik * Jahrgangsstufe 9 * Aufnahme und Abgabe von Energie bei Atomen
Lösung zu den Aufgaben

a) $\Delta E = E_n - E_m = 13{,}6\,\text{eV}\cdot\left(1-\frac{1}{n^2}\right) - 13{,}6\,\text{eV}\cdot\left(1-\frac{1}{m^2}\right) = 13{,}6\,\text{eV}\cdot\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right)$

$E_1 = 13{,}6\,\text{eV}\cdot\left(1-\frac{1}{1^2}\right) = 0\,\text{eV}$ (Grundzustand)

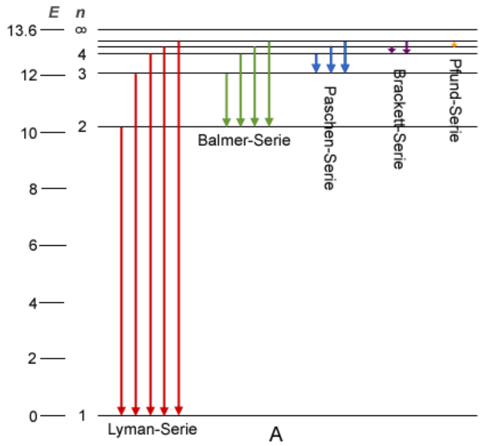
$E_2 = 13{,}6\,\text{eV}\cdot\left(1-\frac{1}{2^2}\right) = \frac{3}{4}\cdot 13{,}6\,\text{eV} = 10{,}2\,\text{eV}$

$E_3 = 13{,}6\,\text{eV}\cdot\left(1-\frac{1}{3^2}\right) = \frac{8}{9}\cdot 13{,}6\,\text{eV} = 12{,}1\,\text{eV}$

$E_4 = \frac{15}{16}\cdot 13{,}6\,\text{eV} = 12{,}8\,\text{eV}$ $\qquad E_5 = \frac{24}{25}\cdot 13{,}6\,\text{eV} = 13{,}1\,\text{eV}$

$E_6 = \frac{35}{36}\cdot 13{,}6\,\text{eV} = 13{,}2\,\text{eV}$ $\qquad E_7 = \frac{48}{49}\cdot 13{,}6\,\text{eV} = 13{,}3\,\text{eV}$

b)



c) $380\,\text{nm} \le \lambda_{\text{sichtbar}} \le 750\,\text{nm}$ und $E(\lambda) \approx 1{,}25\cdot 10^{-6}\,\text{eV}\cdot\frac{\text{m}}{\lambda}$

$E(380\,\text{nm}) \approx 1{,}25\cdot 10^{-6}\,\text{eV}\cdot\frac{\text{m}}{380\,\text{nm}} = 3{,}29\,\text{eV}$

$E(750\,\text{nm}) \approx 1{,}25\cdot 10^{-6}\,\text{eV}\cdot\frac{\text{m}}{750\,\text{nm}} = 1{,}67\,\text{eV}$

Damit kommen nur Linien der so genannten Balmer-Serie in Frage.

$\Delta E_{3\to 2} = E_3 - E_2 = 13{,}6\,\text{eV}\cdot\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2}\right) = 1{,}89\,\text{eV}$ sichtbar (rot)

$\Delta E_{4\to 2} = E_4 - E_2 = 13{,}6\,\text{eV}\cdot\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{4^2}\right) = 2{,}55\,\text{eV}$ sichtbar (grün)

$\Delta E_{5\to 2} = E_5 - E_2 = 13{,}6\,\text{eV}\cdot\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{5^2}\right) = 2{,}86\,\text{eV}$ sichtbar (blau)

$\Delta E_{6\to 2} = E_6 - E_2 = 3{,}02\,\text{eV}$ (violett) $\qquad \Delta E_{7\to 2} = E_7 - E_2 = 3{,}12\,\text{eV}$ (violett)

$\Delta E_{8\to 2} = E_8 - E_2 = 3{,}19\,\text{eV}$ (violett) $\qquad \Delta E_{9\to 2} = E_9 - E_2 = 3{,}23\,\text{eV}$ (violett)

$\Delta E_{10\to 2} = E_{10} - E_2 = 3{,}27\,\text{eV}$ (violett) $\qquad \Delta E_{11\to 2} = E_{11} - E_2 = 3{,}29\,\text{eV}$ (violett)

$\Delta E_{12\to 2} = E_{12} - E_2 = 3{,}31\,\text{eV}$ nicht mehr sichtbar! (ultraviolett)