

zu Nr. 5

Wie wir dem Experiment entnehmen können, liegt die Anregungsenergie bei 4,9 eV. Das entspricht einer Wellenlänge von 253 nm. Warum können wir die Leuchtschichten in der Röhre trotzdem als bläuliches Leuchten wahrnehmen?

Antworten sind in alphabetischer Reihenfolge und nicht qualitativ geordnet. Einige der Aussagen sind vollständig richtig, einige Aussagen sind teilweise richtig, manche Aussagen ungenau. Vollständig falsche Aussagen sind nicht enthalten.

Die Anregungsenergie von 4,9 eV ist die **erste** mögliche Energie mit der ein Quecksilberatom angeregt werden kann. Da wir aber dennoch elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Bereich wahrnehmen, also Strahlung mit Wellenlängen deutlich größer als 253 nm (und Energien deutlich kleiner als 4,9 eV), liegt es nahe, dass die Sprünge die zu der sichtbaren elektromagnetischen Strahlung führen, auf höheren Energieniveaus stattfinden. Dies bedeutet, dass bei 4,9 eV zwar das erste Energieniveau des Quecksilbers liegt, es allerdings auch darüber noch Energieniveaus geben muss, auf die ein Quecksilberatom gehoben werden kann. Dies geschieht, wenn es von einem Elektron getroffen wird, dass die entsprechende kinetische Energie mitbringt (oder wenn es nach der Anregung mit z.B. 4,9 eV erneut mit genug Energie angestoßen wird, bevor es das höhere Energieniveau unter Emission von elektromagnetischer Strahlung wieder verlässt (Größenordnung 10^{-8} s)). Wurde ein Quecksilberatom also auf ein höheren Energieniveau als 4,9 eV gehoben, so kann es die Energie entweder komplett in einem Sprung in den Grundzustand freisetzen oder es gibt die Energie portionsweise durch einen (oder mehrere) Zwischensprünge ab. Die Wellenlängen der emittierten Quanten lassen sich über die Differenz der Energieniveaus (der einzelnen Sprünge) berechnen.

Quecksilber hat beispielsweise ein weiteres Energieniveau bei 7,7 eV. Wird ein Atom also mit dieser Energie angeregt, so wechselt es entweder...

... wieder direkt in den Grundzustand und emittiert ein Lichtquant mit...

$$\Delta E = h * f = 7,7 eV$$
$$f = \frac{\Delta E}{h} \approx \frac{7,7 eV}{4,14 * 10^{-15} eVs} \approx 1,86 * 10^{-15} Hz$$
$$\lambda = \frac{c}{f} \approx \frac{3 * 10^8 ms}{1,86 * 10^{-15} s} \approx 1,61 * 10^{-7} m$$

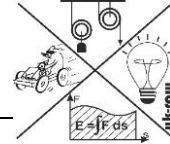
...also im UV-Bereich mit der Wellenlänge $\lambda \approx 161 nm$ oder...

... über einen kleineren Sprung zunächst auf 4,9 eV und von dort in den Grundzustand und emittiert dabei ein Lichtquant mit...

$$\Delta E = h * f = 7,7 eV - 4,9 eV = 2,8 eV$$
$$f = \frac{\Delta E}{h} \approx \frac{2,8 eV}{4,14 * 10^{-15} eVs} \approx 6,76 * 10^{-14} Hz$$
$$\lambda = \frac{c}{f} \approx \frac{3 * 10^8 ms}{6,76 * 10^{-14} s} \approx 4,44 * 10^{-7} m$$

... also im sichtbaren Bereich mit der Wellenlänge $\lambda \approx 437 nm$ und einen im UV-Bereich mit der bekannten Wellenlänge $\lambda \approx 253 nm$.

Quecksilber hat zwischen dem ersten Energieniveau bei 4,9 eV und der Ionisationsenergie von 10,5 eV allerdings noch viele weitere Energieniveaus. Die Sprünge zwischen bestimmten Niveaus sind alle unterschiedlich wahrscheinlich und das Licht mit der jeweils entsprechenden Wellenlänge hat damit auch jeweils einen anderen Anteil im Spektrum. Durch Farbmischung ergibt das typische blau-grüne Leuchten.



Die durch Elektronen angeregten Hg-Atome geben ihre Energie in Form von Licht wieder ab. Dabei wird aber nicht die ganze Energie auf einmal emittiert sondern Paket weise. Das heißt das Angeregte Atom emittiert seine überschüssige Energie in Form von Licht schrittweise. Der Übergang in den Grundzustand erfolgt über eine Kaskade mit mehreren Zwischenschritten, so dass die emittierten Photon eine niedrigere Energie haben.

-John B.-

Der Sprung von 4,9 eV in den nicht Erregten Zustand, welcher Photonen mit *Wellenlängen im UV-Bereich emittiert, ist nicht der einzige Sprung, den Elektronen in den Schalen der Hg-Atome machen können*. Beispielsweise kann ein beschleunigtes Elektron mit der Energie von 7,7 eV, das Energieniveau eines Elektrons der Hg-Atome anheben, welche daraufhin auf ein Energieniveau von 4,7 eV herabgesetzt werden. Die Energiedifferenz beträgt hier nur noch 3 eV, weswegen die emittierten Photonen im sichtbaren Bereich liegen. Das lässt sich mit folgender Formel berechnen.

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E}$$

-Lucas C.-

Wie dem Energieschema des Quecksilbers zu entnehmen ist, gibt es neben diesem Energieniveau bei 4,9 eV, was einer Wellenlänge von 253 nm entspricht noch weiteren Energieniveaus und folglich auch weitere mögliche „Sprünge“, die Lichtemissionen unterschiedlicher Wellenlängen hervorbringen. Das bläuliche Licht, was zu erkennen ist, können wir einer Energiedifferenz von 2,8 eV zuordnen. Das entspricht dem „Sprung“ von 9,5 eV auf 6,7 eV, welcher sich im Energieniveauschema des Quecksilbers finden lässt.

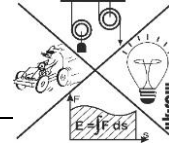
-Thorve D.-

Das Licht entsteht durch den Rücksprung der Atome in den Grundzustand. Dieser Rücksprung erfolgt jedoch meist in mehreren Schritten und besitzt somit Zwischenniveaus. Diese Sprünge auf ein Zwischenniveau sind energetisch geringer als die uns bekannte Anregungsenergie 4,9 eV und senden somit ein Licht mit höherer Wellenlänge aus. Dieses Licht liegt im sichtbaren, (in unserem Fall) blauen Bereich.

-Mathis H.-

Die Elektronen können auf mehrere Energieniveaus angeregt werden, deswegen erfolgt der Übergang in den Grundzustand über mehrere Zwischenschritte. Für die Anregung des Atoms, die zuerst erfolgen muss, werden 4,9eV benötigt. Über diesem Energieniveau gibt es jedoch noch weitere höhere Energieniveaus, auf die das Elektron auch erreichen kann. Wenn es von diesen höheren Energieniveaus zurück in den Grundzustand geht macht es mindestens einen Zwischenschritt. Bei diesen Sprüngen wird ein Photon abgegeben mit einer für uns sichtbaren Wellenlänge.

-Niko K.-



Die Elektronen benötigen 4,9 eV, um in einen angeregten Zustand zu gelangen. Darüber hinaus gibt es weitere Energieniveaus, die das Elektron erlangen kann. Der Übergang in den Grundzustand erfolgt daher in mehreren Teilschritten. Bei jedem Teilschritt gibt das Elektron einen Teil seiner Energie wieder ab und gelangt auf ein niedrigeres Energieniveau. Die Abgabe der Energie erfolgt in Form eines Photons. Die Energiesprünge sind kleiner als 4,9 eV, weshalb die Wellenlänge des Photons größer als 253 nm ist. Dadurch können wir die Leuchtschichten in der Röhre als bläuliches Leuchten wahrnehmen.

-Simon M.-

Da es nicht nur ein Energieniveau gibt, bei dem die Atome durch unelastische Stöße angeregt werden, gibt es auch Photonen mit einer anderen Energie und somit auch einer anderen Wellenlänge. Entscheidend ist dabei die Energiedifferenz zwischen den beiden Energieniveaus, da davon abhängig ist, welche Wellenlänge das emittierte Photon hat. Einige Energieniveausprünge liegen somit wie der genannten mit einer Wellenlänge von 253 nm im nicht sichtbaren Bereich, andere jedoch liegen im sichtbaren Bereich. Bei Quecksilber ist die Energie, die am häufigsten bei emittierten Photonen mit einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich auftritt, also eine, die blauem Licht entspricht.

-Niklas M.-

Dies ist darauf zurückzuführen, dass es mehrere Energieniveaus gibt und die Elektronen auf mehrere diskrete Energieniveaus angeregt werden können (z.B. mit Elektronenstößen) und somit der Übergang in den Grundzustand in Zwischenschritten erfolgt. Das heißt, um überhaupt das Quecksilberatom in einen angeregten Zustand zu bringen, werden zunächst 4,9 eV benötigt. Darüber hinaus gibt es weitere (diskrete) Energieniveaus, zum Beispiel das nächste Energieniveau, welches bei 6,7 eV liegt. Der Übergang vom 6,7 eV angeregten Zustand in den Grundzustand, erfolgt in Zwischenschritten. Das heißt dieser übergeht erstmal in die 4,9 eV Energieniveau und gibt hierbei Energie in Form eines Photons ab. Diese abgegebene Energie entspricht der Energiedifferenz der beiden Zustände und somit hat das Photon die Wellenlänge, die sich aus dieser Energie ergibt:

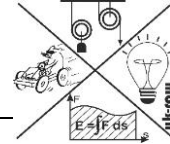
$$E_{phot} = 6,7 eV - 4,9 eV$$

Aus der bekannten Formeln für die Energie eines Lichtquants und der Formel für die Frequenz im Zusammenhang mit der Wellenlänge können wir die Wellenlänge bestimmen:

$$\begin{aligned} (1) E_{phot} &= h * f \\ (2) f &= \frac{c}{\lambda} \\ (2) \text{ in } (1) \rightarrow (3) E_{phot} &= h * \frac{c}{\lambda} \\ (4) \lambda &= \frac{h * c}{E_{phot}} \end{aligned}$$

Setzt man nun die Werte ein, so erhält man eine Wellenlänge von 689 nm. Der sichtbare Bereich befindet sich zwischen 400 nm und 780 nm, somit können wir dieses Licht, was durch einen "Zwischenschritt" in den Grundzustand entsteht sehen.

-Komeill M.-



Wir können die Leuchtschichten als ein bläuliches Leuchten wahrnehmen, weil nicht nur Sprünge von 4,5 eV in den Grundzustand stattfinden, sondern auch andere. Diese anderen Sprünge geben alle Energien in Wellenlängen im sichtbaren Bereich ab. Alle Sprünge finden mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten statt. Von den „sichtbaren Sprüngen“ findet der Sprung mit der Energiedifferenz, die einer Wellenlänge für blaues Licht entspricht am häufigsten statt. Dies führt dazu, dass wir die Leuchtschichten in einem blauen Licht sehen, da die anderen Sprünge nicht häufig genug stattfinden, um für eine Wahrnehmbare andere Färbung zu sorgen.

-Annika M.-

Ähnlich wie bei den vielen Energieniveaus des Neon-Atoms, strahlen angeregte Quecksilber Atome ihre überschüssige Energie über mehrere Schichten ab. Obwohl die Energie mit der angeregt wurde 4,9 eV beträgt, was einer Wellenlänge von 253 nm entspricht, werden die 4,9 eV nicht auf einmal freigegeben.

Da erst mehrere Schichtsprünge stattfindet, wird die Energie schrittweise mit verschiedenen Wellenlängen abgestrahlt.

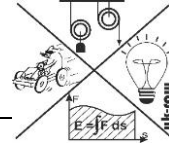
-Johannes M.-

Quecksilber wird vorzugsweise von Elektronen angeregt, die mindestens eine Energie von 4,9 eV abgeben können. Der Rücksprung von dem 4,9 eV Energieniveau in den Grundzustand führt zu einer Abstrahlung von Licht im ultravioletten Bereich. Wird nun etwas mehr Energie hinzugefügt, so erreicht das Elektron ein höheres Energieniveau. Der Rücksprung in den Grundzustand findet in diesem Fall aber nicht direkt statt, sondern vorzugsweise in zwei Schritten. Zuerst erfolgt (mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit) ein Sprung auf das darunter bei 4,9 eV gelegene Energieniveau und dann in den Grundzustand. Liegt das höher gelegene Energieniveau genau den Energiebetrag höher als das Niveau bei 4,9 eV, den die Photonen des bläulichen Lichts besitzen, so führt ersterer Sprung zu einer Emission von eben diesen Photonen. Da dieser Ablauf präferiert wird, ist das bläuliche Leuchten für den geeigneten Betrachter deutlich zu erkennen.

-Cornelius R.-

Eine Wellenlänge von 253 nm ist für das menschliche Auge nicht zu erkennen. Erreichen wir nun eine Beschleunigungsspannung von ca. 7 – 8V, so finden Elektronensprünge auf das nächst kleinere Energieniveau statt. Da die Energieniveaudifferenz dieses Sprungs geringer ist als von 4,9 V auf das nächst kleinere Energieniveau, wird ein Photon mit der für uns sichtbare Wellenlänge emittiert, die in dem Fall Blau erscheint.

-Philip T.-



Die angeregten Hg-Atomen durchlaufen beim Übergang herab zum Grundzustand alle Stufen der möglichen Übergänge. So werden die sichtbaren Emissionslinien des Quecksilberatoms, bei folgenden Wellenlängen deutlich:

- 405 nm (violett)
- 496 nm (blau)
- 546 nm (grün)
- 579 nm (gelb)

Durch die additive Farbmischung nehmen wir ein blaues Licht wahr.

-Marlon S.-

Zuerst einmal lässt sich sagen, dass sich aus dem Energieniveauschema von Quecksilber (Hg) entnehmen lässt, dass das erste Anregungsniveau bei 4,9 eV liegt. Darüber hinaus gibt es noch weitere Anregungsniveaus, die wir ebenfalls dem Energieniveauschema entnehmen können. Es ist möglich Quecksilber mit 4,9 eV anzuregen, dies ist das kleinstmögliche Anregungsniveau. Wir könnten das Quecksilberatom aber auch mit 7,7 eV anregen. Dann könnte das Quecksilberatom von 7,7 eV auf 0 eV springen und würde damit Licht mit einer Wellenlänge von 180 nm emittieren oder zuerst von 7,7 eV auf 4,9 eV springen und Licht mit einer Wellenlänge von 437 nm emittieren und davon wieder auf das Grundniveau springen (dieser Sprung liegt im UV-Bereich und ist daher nicht mehr sichtbar für das menschliche Auge). Das bläuliche Leuchten, welches wir sehen, ist also zusammenfassend durch Sprünge von Atomen auf andere Energieniveaus zu begründen.

-Caro W.-