

Praktikum 12: Spektroskopie

Ein **Spektroskop** ist ein optisches Gerät, das einen Spalt und ein Glasprisma enthält. Schaue mit einem Spektroskop gegen den blauen Himmel (nicht direkt in die Sonne!) und notiere deine Beobachtungen.

Dieses sichtbare Farbspektrum entspricht dem sehr kleinen, für uns sichtbaren Bereich des **elektromagnetischen Spektrums** zwischen etwa 380 und 700 nm.



Nach dem Wellenmodell wird Licht als elektromagnetische Wellen beschrieben. Diese sind charakterisiert durch:

- ihre **Wellenlänge λ** :
- ihre **Frequenz f** :

Wellenlänge und Frequenz sind verknüpft durch die Beziehung:



mit $c =$

Beispiel

Violettes Licht hat eine Wellenlänge von 400 nm. Berechne die Frequenz dieses Lichts.

Rotes Licht hat eine Frequenz von $4 \cdot 10^{14}$ Hz. Berechne die Wellenlänge dieses Lichts.

Licht unterschiedlicher Frequenz unterscheidet sich auch in der **Energie**. Frequenz und Energie sind verknüpft durch die Beziehung:



mit $h =$

Berechne die Energie in J des violetten und des roten Lichts.

Führt man einem Element Energie zu, so wird dieses **angeregt**. Das bedeutet, dass gemäß dem Bohrschen Atommodell, die Elektronen dieser Atome von ihrem niedrigsten Energieniveau (dem Grundzustand) auf ein höheres Energieniveau gelangen. Diesen Prozess bezeichnet man als Absorption: Energie wird aufgenommen.

Angeregte Atome sind allerdings nicht stabil. Nach sehr kurzer Zeit (Nanosekunden), springen die Elektronen von den höheren Energieniveaus wieder auf niedrigere Energieniveaus zurück und geben dabei die zuvor aufgenommen Energie wieder ab. Liegt diese Energie innerhalb des sichtbaren Bereichs, so kann als farbiges Licht wahrgenommen werden.

Beispiel: Entstehung von Emissionsspektren anhand des Wasserstoffatoms.

Gemäß dem Bohrschen Atommodell besitzt das Wasserstoffatom 7 Energieniveaus (Schalen). Es verfügt allerdings bloß über 1 Elektron, welches sich folglich auf dem niedrigsten Energieniveau befindet : $n = 1$.

Die Energie eines Elektrons auf einem bestimmten Energieniveau ist klar definiert:

$$n = 1 : E = 0,0 \text{ J (per Konvention)}$$

$$n = 2 : E = 1,6335 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$n = 3 : E = 1,9361 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

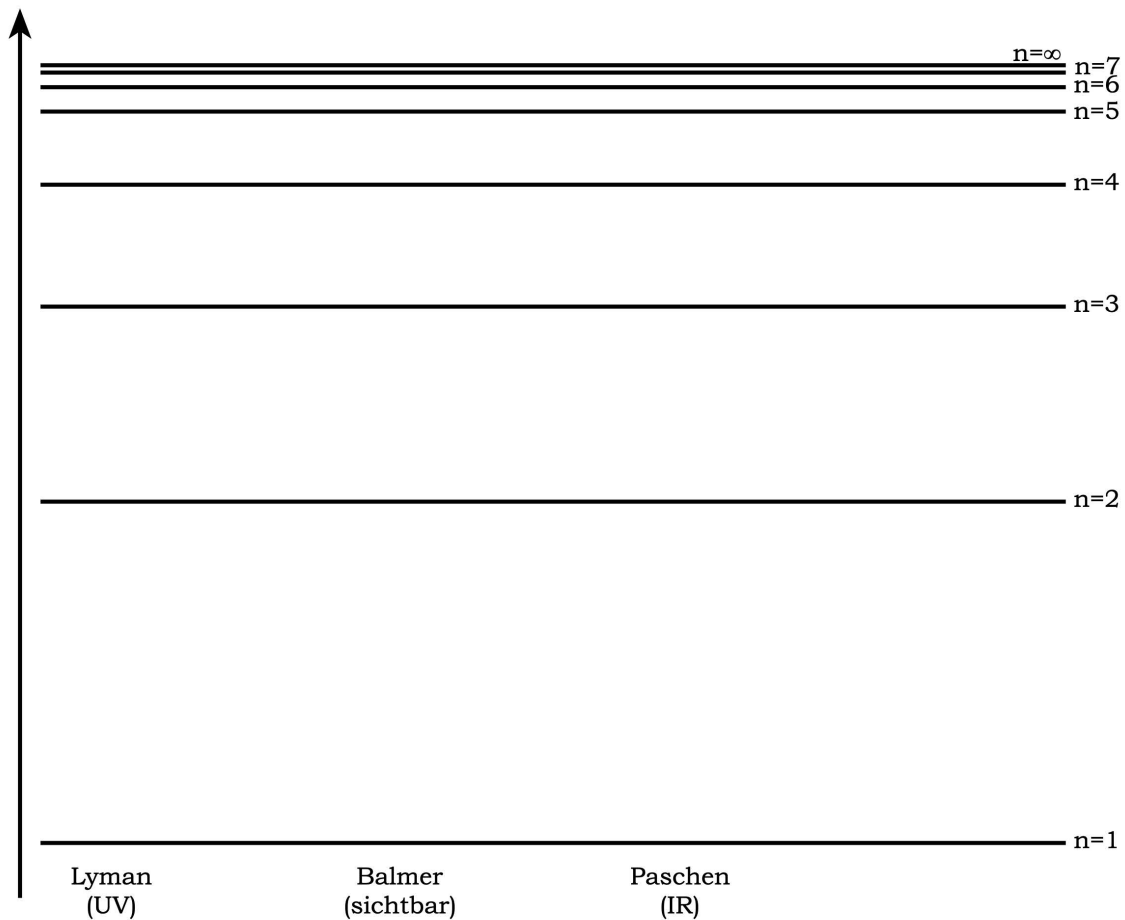
$$n = 4 : E = 2,0419 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$n = 5 : E = 2,0908 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$n = 6 : E = 2,1175 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$n = 7 : E = 2,1335 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Stelle die Elektronenübergänge für die ersten drei Serien schematisch dar:



Jeder Elektronenübergang von einem höheren auf ein tieferes Energieniveau erzeugt eine **Spektrallinie**. Diese können sich auch außerhalb des sichtbaren Spektrums befinden!

Aufgabe

Berechne die Wellenlängen der Spektrallinien der Balmer-Serie.

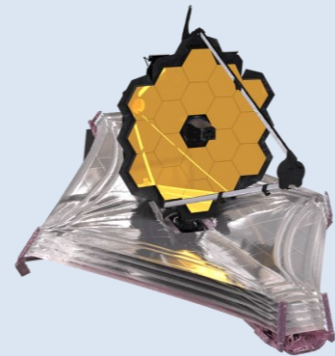
Versuch

Erhitze kleine Mengen unbekannter Salze in der Bunsenbrennerflamme und beobachte die entstehenden Spektrallinien mithilfe eines Spektroskops. Benutze anschließend die im Klassenraum verfügbare Spektraltafel, um die Salze zu identifizieren.

Exkurs

Wir wissen, dass der Planet Jupiter zu etwa 90% aus Wasserstoff und 10% aus Helium besteht. Europa, einer von Jupiters Monden, hat eine sehr dünne Sauerstoff-Atmosphäre und der Exoplanet HD 209458 b, der den 154 Lichtjahre entfernten Stern HD 209458 umkreist, hat eine Atmosphäre, die Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid, Natrium, Wasserdampf und Methan enthält. Aber woher wissen wir all dies eigentlich, ohne diese weit entfernten Planeten überhaupt besucht zu haben?

Die Antwort liegt in den Spektrallinien! Wir können die exakte Zusammensetzung von Sternen oder die Atmosphäre von Planeten analysieren, indem wir sie mit einem leistungsstarken Teleskop betrachten, wie beispielsweise den James Webb Space Telescope, das am 25. Dezember 2021 ins Weltall geschossen wurde. Neben deren enormen Größe besteht der Vorteil von Weltraumteleskopen darin, dass die aufgenommenen Spektren nicht durch die Atmosphäre der Erde beeinflusst werden.



James Webb
Space Telescope



Künstlerische Darstellung eines superhabitablen Exoplaneten

Durch sehr präzise Messungen des Lichts, das von einem weit entfernten Stern ausgestrahlt wird, kann zunächst dessen Zusammensetzung bestimmt werden. Anschließend kann ebenfalls das Licht analysiert werden, das von einem Planeten in der Nähe dieses Sterns reflektiert wird. Durch die Unterschiede in den auftretenden Spektrallinien können dabei nicht nur die in der Atmosphäre des Planeten enthaltenen Gase identifiziert werden, sondern sogar deren relativer Anteil.

Eine weitere Möglichkeit ergibt sich dadurch, dass Planeten auf ihrem Orbit vor deren Stern vorbeiziehen. Dabei lässt sich die Zusammensetzung der Atmosphäre durch den Einbruch der Intensität im Spektrum des Sterns bestimmen.

