

NIR-Nachweis

Emissionsprozesse und Termschema

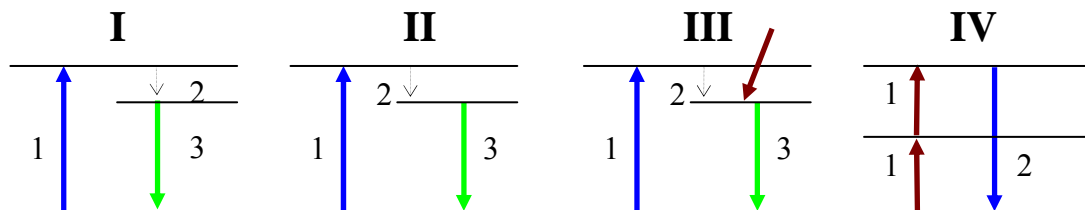
Die Aussendung von Licht kann als Folge der Wärmebewegung der Elektronen von festen oder flüssigen Körpern erfolgen (thermische Strahlung). Sie kann aber auch nichtthermischen Ursprung haben, wie es bei der Lumineszenz der Fall ist.

Lumineszenz ist der Oberbegriff zu Fluoreszenz und Phosphoreszenz. Während bei der Fluoreszenz die Zeit zwischen der Absorption und der Emission eines Lichtquants (die Verweilzeit des Elektrons im angeregten Zustand) weniger als einer Millionstel Sekunde beträgt, erfolgt die Phosphoreszenz verzögert nach Millisekunden oder gar nach Tagen.

Der Nachweis von NIR-Strahlung kann mit Hilfe dieser Prozesse geschehen. Dazu gibt es spezielle Leuchtstoffe, die durch spezielle Kristalldotierungen hergestellt werden.

Information – Physik

Mit Hilfe des *Termschemas* beschreibt man die quantisierten („portionierten“) Energieübergänge von Elektronen in den Atomhüllen, die unter Absorption oder Emission von Photonen, aber auch strahlungslos erfolgen können.



Fall I - Fluoreszenz: Das Elektron wird durch Absorption eines Lichtquants (z. B. UV) oder durch Stoß vom Grundzustand in einen angeregten Zustand gehoben (1). Von dort aus verliert es quasi ohne Zeitverzögerung strahlungslos je nach dem Fluorophorkristall mehr oder weniger Energie, kommt dabei auf einen Zwischenzustand (2) und gibt dann die verbleibende Energie in Form eines energieärmeren Lichtquants wieder ab (3).

Fall II - spontane Phosphoreszenz: Die Schritte (1) und (2) verlaufen wie in I, nur dass im phosphoreszierenden Kristall das Elektron eine größere Aufenthaltsdauer im Zwischenzustand besitzt. Die verbleibende Energie wird spontan, aber mit zeitlicher Verzögerung in Form eines energieärmeren Lichtquants abgegeben, d. h. nach der Anregung hält das Leuchten noch eine Zeit lang an (3).

Fall III - Phosphoreszenz nach IR-Stimulation: Die Schritte (1) und (2) verlaufen wieder wie in I. Diesmal kommt es aber nur im kleinen Umfang zur spontanen Entladung des Zwischenzustands. Die restliche Energie bleibt solange gespeichert bis ein IR-Photon die Strahlungsabregung stimuliert (3).

Fall IV - Fluoreszenz nach Zweiphotonenabsorption: Bestimmte Leuchtstoffe ermöglichen die Absorption eines Photons (z. B. IR) und vom erreichten Zwischenzustand quasi gleichzeitig die Absorption eines weiteren Photons (z. B. noch einmal IR, (1)). In der Summe der absorbierten Energien wird ein angeregter Zustand erreicht, bei dessen Strahlungsabregung dann ein sichtbares Photon frei wird (2).

Information – Astronomie

Die Teilchen des Sonnenwinds (vor allem Elektronen) prallen auf Luftmoleküle, was eine Anregung der Hüllenelektronen und eine fast sofortige Abregung durch Lichtabgabe (*Fluoreszenz*) zur Folge hat.



Experimente und Aufgaben

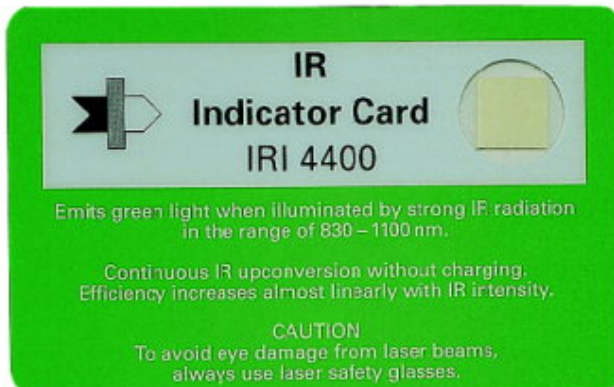
Hilfsmittel

- NIR-Indikatorkarten
- Fernbedienung
- Handspektroskop
- Evt. Lampe mit Farbfiltern

Aufgabe 1: Experiment

Nutze die vorliegenden NIR-Indikatorkarten zum Nachweis der NIR-Strahlung einer Fernbedienung oder einer anderen Quelle.

Schätze die Wellenlänge anhand der Spektralfarbe des von der Karte abgegebenen Lichts (ein Handspektroskop mit Wellenlängenskala ist dabei hilfreich) und **untersuche** die Abhängigkeit der Nachweisfähigkeit von der Dauer der Bestrahlung mit IR-Licht.



Die Untersuchung muss in einem stark abgedunkelten Raum erfolgen. Beschreibe die Versuchsergebnisse in systematischer Form.

Aufgabe 2: Rechnung

Ein Leuchtstoff gibt nach Einstrahlung von IR-Licht grünes Licht ($\lambda=550\text{ nm}$) ab. Berechnung die Wellenlänge der IR-Strahlung, wenn eine Zweiphotonenabsorption (Fall IV) vorausgesetzt wird.

Ergebnisse

Experiment

- Wellenlänge: ca. ... nm. (aus dem Vergleich der Lichtfarben von der Karte und im Handspektroskop, das z. B. gen Himmel gehalten wird.)
- Für die aufladbare Nachweiskarte zeigt sich, dass das sichtbare Signallicht mit der Dauer der NIR-Bestrahlung schwächer wird.
- Die Nachweisfähigkeit der konvertierenden Nachweiskarte ist unabhängig von der Bestrahlungsdauer.

Rechnung

$$E_{550\text{nm}} = E_{\text{NIR}}$$

$$h \cdot f_{550\text{nm}} = 2 \cdot h \cdot f_{\text{NIR}}$$

$$c = \lambda \cdot f \quad \rightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda}$$

$$h \cdot \frac{c}{\lambda_{550\text{nm}}} = 2 \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{NIR}}}$$

$$\lambda_{\text{NIR}} = \lambda_{550\text{nm}} \cdot 2$$

$$\lambda_{\text{NIR}} = 550 \text{ nm} \cdot 2 = \underline{\underline{1100 \text{ nm}}}.$$