

Übungen zu Experimentalphysik II für Biologinnen und Biologen

Blatt 01

Aufgabe 1: Elektromagnetisches Spektrum

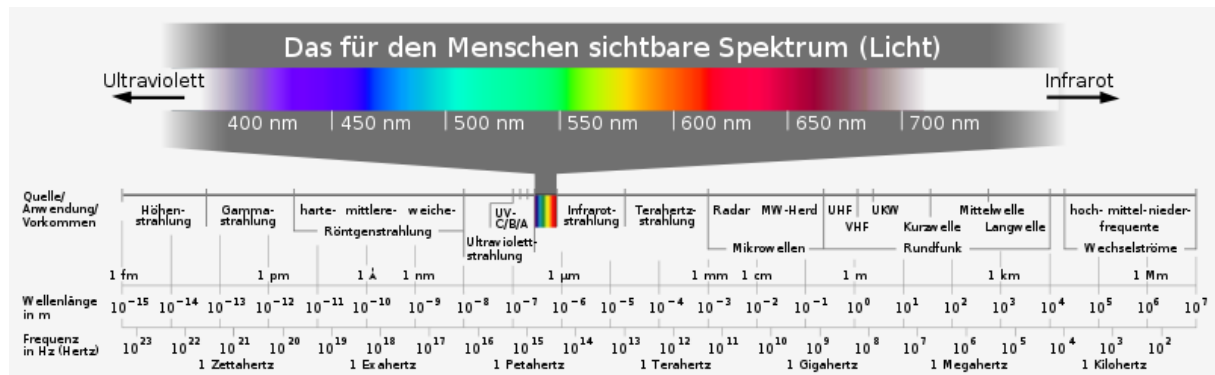


Abbildung 1: http://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisches_Spektrum

Abbildung 1 beschreibt das elektromagnetische Spektrum unter anderem als Funktion der Wellenlänge. Elektromagnetische Wellen (zu denen auch sichtbares Licht gehört) treten in einem sehr breiten Spektrum auf, dessen Großteil wir mit unseren Augen zwar nicht detektieren können, jedoch in vielfältiger Weise zu nutzen wissen (z.B. in der Wissenschaft, Technik, Informationsübertragung, Medizin...)

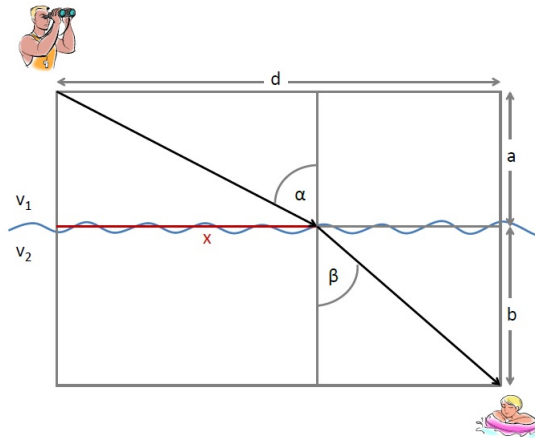
- Wie jeder Welle kann auch der elektromagnetischen neben ihrer Wellenlänge λ eine Frequenz f und eine Geschwindigkeit c zugeordnet werden. Wie lautet der Zusammenhang zwischen diesen Größen? Was ist das besondere an der elektromagnetischen Welle bzgl. ihrer Geschwindigkeit und ihrer Energie (z.B. im Vergleich zu mechanischen Wellen)? Wie lautet die Energie einer elektromagnetischen Welle?
- Berechnen Sie die Frequenzen (in Hz) und Energien (in J) für Gammastrahlen ($\lambda = 1 \text{ pm}$), Röntgenstrahlen ($\lambda = 0.1 \text{ nm}$), grünes Licht ($\lambda = 550 \text{ nm}$) und (Radiowellen $\lambda = 10 \text{ m}$)! Geben Sie die Energie auch in eV an ($1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{V} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)! Benutzen sie die Formel $E = k_B T$ um der Strahlung eine Temperatur zuzuordnen! Hierbei ist $k_B = 1,3806488 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$, die Boltzmann Konstante.

Bitte wenden!

- c) Wieso könnte sich unser Auge (und auch das der meisten anderen biologischen Arten) gerade so entwickelt haben, dass es den Wellenlängenbereich zwischen 380 nm und 780 nm, den wir sichtbares Licht nennen, besonders gut detektieren kann? Welchen Vorteil nutzen wir bei z.B. Röntgenstrahlen oder Radiowellen aus, um sie für uns nutzbar zu machen?
- d) Senden Körper, die kein sichtbares Licht emittieren (z.B. im Gegensatz zur Sonne oder einer Glühbirne) trotzdem elektromagnetische Wellen aus?

Aufgabe 2: Fermatsches Prinzip

Das Fermatsche Prinzip (nach Pierre de Fermat, 1662) besagt, dass Licht immer den zeitlich kürzesten Weg zwischen zwei Punkten zurücklegt. Wir wollen nun das Fermatsche Prinzip für einen Lichtstrahl herleiten, der, um von seinem Anfangspunkt zu seinem Endpunkt zu gelangen, die Grenzfläche zwischen zwei Medien durchquert, die unterschiedliche Brechungsindizes haben, z.B. eine Luft/Glass oder Luft/Wasser Grenzfläche. Dies liefert uns eine Beziehung zwischen dem Ein- und Ausfallwinkel des Lichtstrahls. Dazu betrachten wir die äquivalente Situation eines Rettungsschwimmers, der vom Strand aus so schnell wie möglich zu einer in Not geratenen Person kommen möchte, die sich im Wasser befindet.



- a) Die Geschwindigkeit des Rettungsschwimmers ist am Strand v_1 und im Wasser v_2 . In welcher Zeit t legt er die Strecke zu der Person im Wasser zurück, wenn die Strecken a, b, d konstant bleiben? Hinweis: Benutzen Sie $s = v \cdot t$ und den Satz von Pythagoras! Ergebnis:

$$t = \frac{\sqrt{a^2+x^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2+b^2}}{v_2}.$$
- b) Welches ist der variable Ortsparameter von dem der Gesamtweg abhängig ist? (Tipp: Siehe Zeichnung!) Der zeitlich kürzeste Weg bedeutet, dass die Ableitung der benötigten Zeit t nach eben diesem Parameter gleich Null ist. Bestimmen Sie die Ableitung und setzen Sie sie gleich Null! Hinweis: Kettenregel anwenden! Welche Bedingung für die Strecke x ergibt sich dadurch? Ergebnis: $0 = \frac{x}{v_1 \sqrt{a^2+x^2}} - \frac{d-x}{v_2 \sqrt{(d-x)^2+b^2}}.$
- c) Drücken Sie die Gleichung aus b) über die Winkel α und β aus und verwenden Sie die Definition für die Geschwindigkeit im Medium $v = c/n$, wobei c die Geschwindigkeit im Vakuum und n der Brechungsindex ist. Kommt Ihnen diese Gleichung bekannt vor?

Aufgabe 3: Lichtbrechung und -reflexion

Diskutieren Sie in der Übungsgruppe was für Effekte auftreten, wenn Licht von einem Medium in ein anderes übergeht und diese unterschiedliche optische Dichten besitzen! Gehen Sie insbesondere auf folgende Sachverhalte ein: Brechung, Reflexion und Totalreflexion.