

Version 23. Mai 2017– Abgabe am Montag 29. Mai in der Vorlesung

Aufgabe 13.1. Photonenenergie und chemische Bindung

[++]

Übersteigt die Energie eines Photons die Bindungsenergie zweier Atome, so kann die Bindung durch Absorption dieses Photons gespalten werden. Licht kann somit zweiatomige Moleküle zerlegen, aber auch einzelne Bindungen in langen Proteinen spalten und dabei ihre Struktur ändern.

- (a) Die Bindungsenergie von O_2 ist $E_B = 495 \text{ kJ mol}^{-1}$. Berechnen sie die Wellenlänge des Photons, dessen Energie gerade ausreicht um O_2 zu zerlegen.
- (b) Die Bräunung der Haut entsteht hauptsächlich durch die im (Sonnen-)Licht enthaltene UV-B-Strahlung, deren Wellenlänge etwa 300 nm beträgt. Welche Bindungsenergie hat eine chemische Bindung, die durch Licht dieser Wellenlänge gespalten werden kann?

Lösung.

- (a) Die Beziehung zwischen der Energie E eines Photons und der Frequenz f der entsprechenden elektromagnetischen Welle ist

$$E = hf, \quad (\text{L.1})$$

wobei $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ das Planck'sche Wirkungsquantum ist.

Die Beziehung zwischen Frequenz f , der Wellenlänge λ und der Geschwindigkeit $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ des Lichtes ist

$$\lambda f = c \quad (\text{L.2})$$

Aus den Gleichungen L.1 und L.2 erhalten wir eine Beziehung zwischen Energie und Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{hc}{E} \quad (\text{L.3})$$

Wir setzen die Zahlenwerte für O_2 ein, beachten dabei, dass die Bindungsenergie pro Mol Bindung angegeben wurde und teilen diesen Wert durch die Avogadrozahl $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{\frac{495 \text{ kJ mol}^{-1}}{6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}} \\ &= \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{4.95 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}} \\ &= \frac{6.626 \times 3 \times 6.02}{4.95} \times \frac{10^{-34} 10^8 10^{23}}{10^5} \times \frac{\text{kg m}^3 \text{ s}^{-2}}{\text{J}} \\ &= 2.42 \times 10^{-7} \text{ m} \\ &= 242 \text{ nm} \end{aligned} \quad (\text{L.4})$$

- (b) Wir Lösen Gleichung L.3 nach λ auf

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (\text{L.5})$$

Und setzen die Zahlenwerte ein

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^{-7} \text{ m}} \\
 E &= \frac{6.626 \times 3}{3} \times \frac{10^{-34} 10^8}{10^{-7}} \times \frac{\text{kg m}^3 \text{ s}^{-2}}{\text{m}} \\
 E &= 6.626 \times 10^{-19} \text{ J}
 \end{aligned} \tag{L.6}$$

Dies ist die Energie pro Bindung. Die Energie pro Mol Bindung ist

$$E \times N_A = 6.626 \times 10^{-19} \text{ J} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 398.9 \text{ kJ mol}^{-1} \tag{L.7}$$

Aufgabe 13.2. Grenzfläche

[++]

Wir modellieren das Auge als homogenes Medium mit dem Brechungsindex $n' = 1.336$, das eine gekrümmte Grenzfläche zur Luft ($n = 1$) mit dem Krümmungsradius $R = 5.7 \text{ mm}$ hat.

- In welchem Abstand von der Hornhaut befindet sich ein Objekt der Grösse $y = 1 \text{ m}$, wenn dessen Bild $y' = 2 \text{ cm}$ gross ist, also etwa so gross wie die gesamte Netzhaut?
- Wie können Sie experimentell überprüfen, ob die Größenordnung ihres Resultats sinnvoll ist?

Lösung.

- Wir verwenden die Formel für die Bildgrösse im Fall einer sphärischen Oberfläche zwischen zwei Medien :

$$\frac{y'}{y} = \frac{f}{s - f} \tag{L.8}$$

Die Brennweite f ist gegeben durch

$$f = \frac{nR}{n' - n} \tag{L.9}$$

Wir setzen L.9 in L.8 ein und Lösen nach s auf:

$$\begin{aligned}
 \frac{y'}{y} &= \frac{\frac{nR}{n' - n}}{s - \frac{nR}{n' - n}} \\
 \frac{y'}{y} &= \frac{\frac{nR}{n' - n}}{s - \frac{nR}{n' - n}} \\
 s - \frac{nR}{n' - n} &= \frac{\frac{nR}{n' - n}}{\frac{y'}{y}} \\
 s &= \left(\frac{y}{y'} + 1 \right) \frac{nR}{n' - n}
 \end{aligned} \tag{L.10}$$

Die Zahlenwerte sind $y = 1 \text{ m}$, $y' = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$, $R = 5.7 \times 10^{-3} \text{ m}$, $n = 1$ und $n' = 1.336$. Der Abstand zwischen Objekt und Hornhaut ist somit

$$s = \left(\frac{1 \text{ m}}{2 \times 10^{-2} \text{ m}} + 1 \right) \frac{5.7 \times 10^{-3} \text{ m}}{1.336 - 1}$$

$$s = 51 \times \frac{5.7 \times 10^{-3} \text{ m}}{0.336}$$

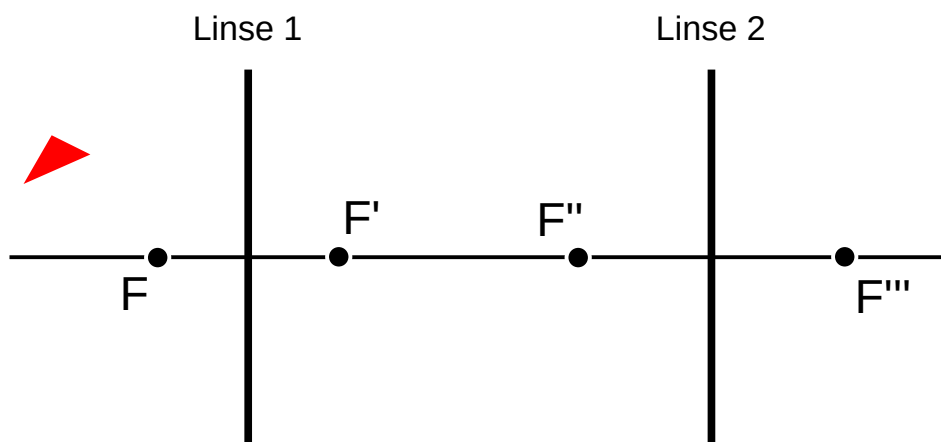
$$s = 0.87 \text{ m}$$
(L.11)

- (b) Wenn das Bild eines Objektes so gross wie die Netzhaut ist, füllt er gerade unseres Gesichtsfeld. Halten Sie ein 1m langes Massstab so dass er gerade Ihr Gesichtsfeld füllt. Sie werden feststellen, dass der Massstab etwa 90cm von Ihren Augen entfernt ist.

Aufgabe 13.3. Linsen

[++]

Konstruieren Sie das Abbild des roten Dreiecks durch die zwei dünnen konvexen Linsen.



Lösung. In einem ersten Schritt wird das Bild durch die ersten Linse konstruiert.

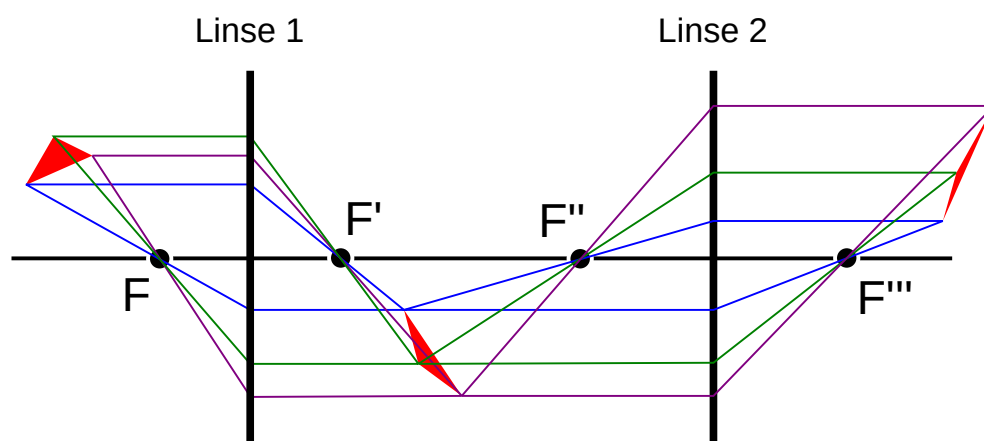


Abbildung 13.1: Die Farben dienen nur der Lesbarkeit.