

# 1. Übungsblatt zur Vorlesung SMKS-1 (WS 25/26)

## Seidel/Kühnemuth

Abgabe bis Sonntag 26.10.2025, 24:00 Uhr  
Besprechung: Dienstag, 28.10.2025

### Wiederholungsfragen

- 1.1)** Worauf beruht der photoelektrische Effekt? Beschreiben Sie den experimentellen Aufbau dazu.
- 1.2)** Beschreiben Sie die zwei grundlegenden Prinzipien für die Super-resolution Mikroskopie (Chemie-Nobelpreis 2014), um die Limitierung durch das Beugungslimit zu umgehen.
- 1.3)** Wie wandele ich ein Fluoreszenzspektrum  $F(\lambda)$ , das mit Scannen der Wellenlänge aufgenommen wurde, in ein Fluoreszenzspektrum  $F(v)$  um, das von der Frequenz abhängt? Begründen Sie die Umrechnung. Wofür ist  $F(v)$  essentiell?
- 1.4)** Welche Eigenschaften von elektromagnetischen Wellen sind vom Medium abhängig? Wie ändern sie sich (Formeln)?
- 1.5)** Worin unterscheiden sich die optischen Strahlengänge für einen Absorptions- bzw. Fluoreszenzspektrometer?
- 1.6)** Was ist der InnerFilter-Effekt? Bei welcher Spektroskopie tritt er auf und warum?
- 1.7)** Wie lautet die Resonanzbedingung für Moleküle? Warum gibt es sie?

### Aufgabe 1:

- a)** Die Wellenlänge eines Photons beträgt 635 nm. Geben Sie die Frequenz  $\nu$ , die Wellenzahl  $\tilde{\nu}$ , die Periodendauer  $T$  und die Photonenergie (letzteres in J und in eV) an.
- b)** Für Licht von 350 nm wird eine Intensität von  $2 \text{ kW/m}^2$  gemessen. Geben Sie die Amplitude des elektrischen und magnetischen Feldes an. Wie viele Photonen treffen pro Sekunde auf einen Quadratmeter? Wie groß wäre die Intensität kurzfristig, wenn die gleiche Photonenzahl, die in einer Sekunde traf, nun den Quadratmeter in 10 ns trifft?

### Aufgabe 2:

Die Energiedichte  $u$  des elektromagnetischen Feldes ist proportional zur Leistung  $P = u \cdot c \cdot A$  ( $c$ : Lichtgeschwindigkeit,  $A$ : Querschnittsfläche des Lichtstrahls) und hat die Dimension  $\text{J/m}^3$  (= Energie/Volumen). Der Strahlungsdruck  $p_{\text{St}}$  (= Kraft/Fläche) hat die gleiche Einheit  $\text{N/m}^2 = \text{Nm/m}^3 = \text{J/m}^3$  und ist auch zahlenmäßig identisch ( $p_{\text{St}} = u$ ). Berechnen Sie

- a)** für einen Laserstrahl mit  $P = 25 \text{ mW}$  und einer Querschnittsfläche von  $1 \text{ mm}^2$  die durch den Strahl übertragene Kraft  $F$  und den Strahlungsdruck  $p_{\text{St}}$ .
- b)** Welche Kraft wirkt durch das Sonnenlicht auf die Erde wenn man eine mittlere Lichtleistungsdichte von  $1,5 \text{ kW/m}^2$  annimmt?
- c)** Die Energiedichte lässt sich auch über Photonendichte  $n_{\text{Ph}}$  und Photonenergie  $E_{\text{Ph}}$  ausdrücken:  $u = n_{\text{Ph}} \cdot E_{\text{Ph}} = n_{\text{Ph}} \cdot h \nu$ . Leiten Sie daraus die De Broglie Beziehung ab.

### Aufgabe 3

Wir betrachten die Maxwell-Boltzmann-Verteilung für Argon bei 298 K.  
Maxwell-Boltzmann-Verteilung

$$p(v) = \left( \frac{M}{2RT\pi} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot 4\pi v^2 \cdot e^{-\frac{Mv^2}{2RT}}$$

Mit der Molmasse der Teilchen:  $M = 0,04 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ .

- a)** In welcher Einheit wird die Wahrscheinlichkeitsdichte hier angegeben?
- b)** Zeichnen Sie die Maxwell-Boltzmann-Verteilung für diese Bedingungen (Verwendung von Software wie Origin, Mathcad, etc. ist ausdrücklich erwünscht.)
- c)** Berechnen Sie die mittlere (1. Moment der Verteilung), quadratisch gemittelte (Wurzel des 2. Moments der Verteilung) und wahrscheinlichste Geschwindigkeit sowie den Median der Verteilung. Markieren Sie diese Werte in der Zeichnung. Berechnen Sie außerdem Varianz (2. zentrales Moment), Streuung (Wurzel des 2. zentralen Moments) und Schiefe (3. standardisiertes Moment) der Verteilung. Welche Bedeutung haben die beiden letzten Parameter?

#### Aufgabe 4

Transformieren Sie das Fluoreszenzspektrum des Farbstoffs Cyanin 3 (Cy3) von der Wellenlängenskala (Einheit: nm) auf die Wellenzahlenskala (Einheit:  $\text{cm}^{-1}$ ). Entnehmen Sie Wertepaare der Intensität und Wellenlänge der Excel Datei „A4“ vom Ilias Server. Stellen Sie beide Spektren graphisch dar.

#### Aufgabe 5

Spektroskopische Methoden mit elektromagnetischer Strahlung decken einen weiten Wellenlängenbereich ab. Schätzen Sie ab, welche Konsequenz die jeweilige typische Wellenlänge für die maximale zeitliche Auflösung der folgenden Verfahren hat:

Methode	Wellenlänge
NMR	1 m
EPR	10 cm
Mikrowellen	1 mm
IR	10 $\mu\text{m}$
UV-Vis	100 nm
X-Ray	1 nm