

# Physik für Pharmazeuten – WS 2024/25

## Übungsblatt 12

**Abgabe/Besprechung:** 3.2.2025 vor/in den Übungsgruppen.

*Bitte die formalen Kriterien an die Abgaben beachten! → siehe Infoblatt auf der Vorlesungswebsite.  
Bitte die Ergebnisse auf die in der Aufgabenbeschreibung genutzte Anzahl signifikanter Stellen runden.*

### (1) Interferenz am Reflexionsgitter

Ein monochromatischer, kohärenter Laserstrahl der Wellenlänge  $\lambda = 633 \text{ nm}$  (rot) trifft auf die Unterseite einer DVD. Auf einer Wand in einem Abstand von  $l = 50,0 \text{ cm}$  zur DVD sind in einer Reihe drei rote Punkte zu sehen. Der Abstand zwischen zwei Punkten beträgt jeweils  $\Delta x = 82,5 \text{ cm}$ .

- Berechnen Sie den Abstand  $\Delta s_{\text{DVD}}$  zwischen zwei Spuren auf der DVD.
- Berechnen Sie die Anzahl der Interferenzmaxima, die zu sehen sind, wenn der Laserstrahl auf die Unterseite einer CD trifft. Eine CD hat einen Spurbstand von  $\Delta s_{\text{CD}} = 1,60 \mu\text{m}$ .  
*Tipp:* diese Aufgabe kann mithilfe der Formel für konstruktive Interferenz am Doppelspalt gelöst werden.
- Der Laserstrahl treffe nun auf eine Blu-ray Disc, auf der die Spuren nur noch einen Abstand von  $\Delta s_{\text{BRD}} = 320 \text{ nm}$  haben. Wie sieht das Interferenzbild an der Wand in diesem Fall aus?

### (2) Laserpulse

Ein gepulster Laser produziert keinen kontinuierlichen Lichtstrahl, sondern entfaltet seine gesamte Energie in einem kurzen und intensiven Laserpuls. Ein solcher Laser, das ATLAS-3000-System, befindet sich momentan am Centre for Advanced Laser Applications (CALA) der LMU in Garching. In der aktuellen Ausbaustufe erreicht dieser Laser eine Pulsenergie von  $E = 30,0 \text{ J}$ .

Die Wellenlänge der vom Laser ausgesendeten Strahlung beträgt  $\lambda = 800 \text{ nm}$ . Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum beträgt  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  und das Plancksche Wirkungsquantum hat den Wert  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ .

- Berechnen Sie die Photonenenergie  $E_{\text{ph}}$  eines einzelnen Photons des Laserpulses in Joule (J) sowie in der Einheit Elektronenvolt (eV).
- Berechnen Sie die Pulsleistung  $P_{\text{p}}$  in einem einzigen Laserpuls, unter der Annahme, dass die Laserpulse eine Dauer von  $\Delta t = 500 \text{ ps}$  haben.
- Zur Steigerung der Intensität bzw. Pulsleistung kann der Laserpuls über spezielle optische Bauelemente mit einer Transmission von 75.0% bis auf eine Pulsdauer von  $\Delta t = 27,0 \text{ fs}$  verkürzt werden. Berechnen Sie die Pulsleistung, die danach für Experimente zur Verfügung steht.  
Um wie viel Prozent übersteigt dieser Wert das Ergebnis aus Teilaufgabe (b)?

### (3) Wasserstoff-Spektrum

Wird ein Wasserstoffatom angeregt, zum Beispiel durch Anlegen einer elektrischen Spannung an eine Wasserstofflampe, so strahlt das Atom die aufgenommene Energie in Form eines Photons ab. Die abgestrahlte Energie kann hierbei nur diskrete Werte und die Strahlung somit nur bestimmte Spektralfarben annehmen. Diese sind durch den Aufbau der Elektronen-Schale des Wasserstoffatoms genau vorgegeben.

Zur Berechnung der Photonenenergie werden einige Konstanten benötigt:

- elektrische Feldkonstante:  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A}\cdot\text{s}}{\text{V}\cdot\text{m}}$ ,
  - Plancksches Wirkungsquantum:  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ ,
  - Elementarladung:  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,
  - Masse eines Elektrons:  $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,
  - Lichtgeschwindigkeit im Vakuum:  $c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .
- Berechnen Sie die (Bindungs-)Energie  $E_0$  des Grundzustandes, d.h. der niedrigsten Elektronenschale des Wasserstoff-Atoms. (*Berechnung notwendig, einzelner Wert reicht als Ergebnis nicht aus!*)  
Geben Sie den Wert sowohl in J als auch in Elektronenvolt (eV) an.
  - Die Übergänge der Elektronen der sog. "Balmer-Serie" erzeugen unter anderem Strahlung, die im für das menschliche Auge sichtbaren Bereich des Spektrums liegen (400 nm - 700 nm). Berechnen Sie die Photonenenergien in Elektronenvolt (eV) sowie die Wellenlängen in nm aller Spektrallinien der Balmer-Serie, die im sichtbaren Bereich liegen.