

Leistungskontrolle

- Atomphysik -

1. Im Jahre 1913 wurde das nach Nils Bohr benannte Bohrsche Atommodell entwickelt.
 - a) Formulieren Sie die inhaltliche Aussagen der beiden Bohrschen Postulate. 2BE
 - b) Erklären Sie die Entstehung und das Aussehen des Wasserstoffspektrums mit diesem Modell.
Welchen Widerspruch der Elektronenbewegung in der Atomhülle besteht zur klassischen Elektrodynamik? 2BE
 - c) Durch Energiezufuhr von $\Delta E = 12,76 \text{ eV}$ wird Wasserstoffgas aus dem Grundzustand $n=1$ in einen angeregten Zustand versetzt. Bestimmen Sie die Quantenzahl m des Zielniveaus. 3BE
 - d) Wie viele sichtbare Spektrallinien können nach dieser Anregung und einer spektralen Zerlegung des Lichtes nachgewiesen werden? Berechnen Sie deren Wellenlängen. 4BE

2. Die Abbildung zeigt das Ergebnis eines Franck-Hertz-Experimentes mit einer mit **Helium** gefüllten Röhre. Zusätzlich wurde in der Nähe dieser Röhre mit einer Platin-Fotозelle eine Strahlung nachgewiesen.

- a) Erklären Sie die Entstehung der periodischen Stromstärkemaxima in diesem Diagramm. 3BE
 - b) Wie kommt diese nachgewiesene Strahlung zustande?
Schätzen Sie rechnerisch mit den Werten aus dem Diagramm deren Wellenlänge ab. 3BE
 - c) Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit der an der Fotозelle herausgelösten Fotoelektronen. 3BE

3. Bei einem optisch gepumpten Laser werden die Atome aus dem Grundzustand ($E_0=0$) mit Licht der Frequenz $f=9,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ in einen angeregten metastabilen Zustand versetzt. Durch stimulierte Emission entsteht nachfolgend Laserlicht der Wellenlänge $\lambda=420 \text{ nm}$ und die Atome gehen wieder in den Grundzustand zurück.
 - a) Beschreiben Sie den Vorgang der stimulierten Emission. 2BE
 - b) Berechnen Sie den theoretisch maximalen erreichbaren Wirkungsgrad dieses Lasers. 3BE
 - c) Wie groß ist die Leistung dieses Lasers, wenn je Sekunde $2,1 \cdot 10^{13}$ Photonen abgestrahlt werden? 2BE

Lösung:

1.
 - a)
 - (1) Die Elektronen bewegen sich **strahlungsfrei auf festen Kreisbahnen** mit konstanter Geschwindigkeit um den Atomkern
 - (2) Der **Übergang zwischen den Bahnen erfolgt durch (gequantelte) Energieauf- oder abnahme**. 2BE
 - b) - angeregter Wasserstoff liefert ein **Emissionslinienspektrum**
- **jede Linie entspricht genau einem Quantensprung** zwischen einer äußeren und einer inneren Elektronenbahn
- nach der klassischen Elektrodynamik müssten die Elektronen auf Kreisbahnen **Energie abgeben** und damit vom Kern angezogen werden 2BE
 - c) **Serienformel:** $\Delta E = h \cdot f = h \cdot R_f \cdot \left(1 - \frac{1}{m}\right)$ $m = 4$ 3BE
 - d) Quantensprung $4 \rightarrow 2$: $f_{4,2} = R_f \cdot \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{2^2}\right) = -6,17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ $\lambda_{4,2} = 486 \text{ nm}$
Quantensprung $3 \rightarrow 2$: $f_{3,2} = R_f \cdot \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2}\right) = -4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ $\lambda_{3,2} = 656 \text{ nm}$ 4BE

2.
 - a) In der F-H-Röhre finden Stöße zwischen Elektronen und He-Atomen statt. Bei (nach) dem Maximum sind diese **Stöße unelastisch**, die Elektronen geben ihre **Energie** vollständig an die He-Atome **ab**. Sie werden dabei angeregt. Die **Elektronen können das Gegenfeld der F-H-Röhre nicht mehr durchlaufen**, d.h. die Stromstärke nimmt nachfolgend ab. 3BE
 - b) Die angeregten He-Atome **geben spontan ihre Energie in Form von Strahlung wieder ab**.
Anregungsenergie: $E \approx 21 \text{ eV} = 3,36 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ $\lambda = 5,92 \cdot 10^{-8} \text{ m} = 59,2 \text{ nm}$ (UV) 3BE
 - c) Fotoeffekt: $E_{kin} = E_{Licht} - W_A(\text{Platin}) = 15,64 \text{ eV}$ $v = \sqrt{\frac{2E}{m_e}} = 2,35 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ 3BE

3.
 - a) Bei der stimulierten Emission werden die **Elektronen in einem metastabilen Zustand durch ein Photon dazu angeregt einen Quantensprung auszuführen**. Dabei entsteht ein **zusätzlicher Quant** mit gleicher Frequenz (Photonenverdopplung) 2BE
 - b) Anregung: $E_A = h \cdot f = 6,295 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ Emission: $E_E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = 4,73 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ $\eta = \frac{E_E}{E_A} = 75\%$ 3BE
 - c) $P = \frac{n \cdot E_E}{t} \approx 10 \mu \text{ W}$ 2BE