

# 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