

# Physik IV – Atome und Moleküle

Sommer 2005, Prof. Wim de Boer, Universität Karlsruhe

Übungsleiter: Frank Hartmann, Forschungszentrum Karlsruhe,  
Tel.: 07247 82 6330; Email: Frank.Hartmann@cern.ch  
Was mir wichtig ist: Ich bin für Vorschläge, Kritik und Kommentare dankbar.

## LÖSUNGEN Übung 1

- Hier sollen Sie eine Vorstellungen den Größordnungen und Einheiten erlangen. Bei der letzten Klausurkorrektur las ich den Wert  $B = 10^{26} T$  und einen Radius von  $r = 10^{-35} m$ , für ein bewegtes Elektron in einem Kondensator; das B-Feld sollte das E-Feld ausgleichen. Niemand ist gegen Rechenfehler gefeilt, aber solche Werte mit diesen Größenordnungen sollte man nicht unreflektiert stehen lassen.
  - Wasserstoffatom  $1\text{Å} = 10^{-10}$  (auch grösser; beachte Wellenfunktion); Atomkern  $1fm = 10^{-5}\text{Å} = 10^{-15}$ ; hier bitte Abhängigkeit von Element/Isotop klarmachen;  
 $m_H \approx m_p \approx 10^{-27}kg \approx 1u$  genau 1.007 u ; Wieso nicht genau 1?  
1 mol immer  $6.02 \times 10^{23} = N_A$  Teilchen unabhängig von der Substanz;  
1 mol  $H_2O \cong 18g \rightarrow 1l \cong 1000g \cong 55.56mol \rightarrow 55.56 \times N_A \approx 10^{25}$  Wassermoleküle.  
 $1A = 1C/s = n_e \times 1.6 \times 10^{-19}C/s \rightarrow n_e \approx 10^{19}$  Elektronen.  
 $Q = CU = 10^{-12} \times 10C = 10^{-11}C \approx 6 \cdot 10^7 e^-$
  - Loschmidtzahl:  $6.02 \times 10^{23} = N_A$  Anzahl Atome oder Moleküle, um die Substanzmenge in Gramm der Atomaren Masseinheit u zu erhalten, Elektrolyse (Haken Wolf Seite 7f)
  - $1eV \cong 1.6 \times 10^{-19}J \rightarrow 1MeV = 1.6 \times 10^{-13}J$  Warum:  
Proton mit  $5GeV$   $E_p = \gamma m_p c^2$ ;  $m_p = 1GeV/c^2 \rightarrow \gamma = 5GeV/1GeV \rightarrow \beta = v/c = 0.98$ ; 98% der Lichtgeschwindigkeit  
Elektron mit  $1MeV$ :  $\beta = 0.87$   
Elektron mit  $E=10eV$ :  $E = 1/2mv^2$ ;  $m_e = 0.5MeV/c^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \times 10eV}{0.5MeV}}c = 0.0063c = 1.9 \times 10^6 m/s$   
Bindungsenergie im H-Atom  $\sim eV$
- Hier geht es darum den Studenten die 3 verschiedenen Hauptverfahren zur Gittergrößenbestimmung nahezubringen.

Konstruktive Interferenz für  $\Delta = 2d \sin \vartheta = n$  Haken-Wolf Seite 17

  - Bragg Drehkristallverfahren:  
Einkristall; monochromatisches Licht; Kristall wird gedreht  $\rightarrow$  konstruktive Interferenz für verschiedene Netzebenen erfüllt
  - Laue:  
Einkristall; fester Einfallswinkel; Röntgenlicht mit kontinuierlicher Spektralverteilung  $\rightarrow$  konstruktive Interferenz für bestimmte Wellenlänge erfüllt
  - Debye-Scherer:  
polykristalline (pulverförmige) Probe; monochromatisches Licht; jede Netzebene und Kristallorientierung kommt gleichzeitig vor  $\rightarrow$  Interferenzkegel  $\rightarrow$  Interferenzringe

3. Radius de He-Atoms:

$$m_{He} = 4.003g/mol; \rho_{He} = 0.13g/cm^3 \text{ dichteste Kugelpackung}=74\%; V = \frac{m_{He}}{\rho_{He}}$$

$$V_{He} = 0.74 \times V_0 = 0.74 \times \frac{m_{He}}{\rho_{He}} = 22.79 \frac{cm^3}{mol}; \frac{V_{He}}{N_A} = \frac{4\pi}{3} r_{He}^3 \Rightarrow r_{He} = \left( \frac{3}{4\pi} \frac{V_{He}}{N_A} \right)^{\frac{1}{3}} = 2.083 \text{\AA}$$

4. Auflösung: Die Linsenfehler gehen in  $n$  und  $\alpha$  ein. Sichtbares Licht: theoretisch  $5000 \text{\AA}$ ; praktisch  $5000 \text{\AA}$   
Röntgenlicht  $\lambda = 1 \text{\AA}$ : theoretisch  $1 \text{\AA}$ ; praktisch einige  $100 \text{\AA}$ ; es gibt keine geeigneten Linsen!  
Elektronen  $100\,000 \text{ Volt} \cong 0.037 \text{\AA} \rightarrow 0.04 \text{\AA}$  praktisch einige  $2-5 \text{\AA}$  Linsen bestehen hier aus elektrischen und magnetischen Feldern; Probleme Linsenfehler!  
Kerne: theoretisch  $\lambda = 1 fm$   $c = \lambda \nu \rightarrow \nu = 3 \times 10^{23} Hz$ ; praktisch HA!HA!
5. Bitte Haken Wolf Seite 21f lesen. Dieser Stoff wird vorraussichtlich nicht in der Vorlesung behandelt.