

**Institut f. Angewandte Physik**  
**UE Grundlagen der Physik III WS 2019/20**

## 11. Übung am 16. 1. 2020

### 59) Rotationsspektrum

Das Infrarot-Rotationsspektrum von  $^1\text{H}^{80}\text{Br}$  (Masse Br-Atom: 80 AME, Masse H-Atom: 1 AME) besteht aus einer Serie von Linien, die im Frequenzspektrum um  $\Delta\bar{\nu} = 17 \text{ cm}^{-1}$  voneinander entfernt sind.

- Berechnen sie daraus den internuklearen Abstand  $R_e$  von HBr.
- Berechnen sie das Trägheitsmoment  $I$  dafür.
- Berechnen sie die Rotationskonstante  $B_e$  dafür.

**(1 Pkt)**

### 60) Schwingungs-Übergänge

Anharmonischer Oszillator: Reine Schwingungsübergänge (keine anderen Anregungen)

Die Anregungsenergie sei ausgedrückt unter Verwendung der Grundschiwingungswellenzahl  $\omega_e$  und der Anharmonizitätskonstante  $\chi_e$ .

- Berechnen sie allgemein die Wellenzahl  $\bar{\nu}$  eines reinen Schwingungsüberganges für  $\Delta v = 1$ .
- Berechnen sie speziell die Wellenzahl  $\bar{\nu}$  des Übergangs von HCl von  $v = 2$  auf  $v = 1$ . Welcher Wellenlänge  $\lambda$  entspricht dies?
- Berechnen sie allgemein die Wellenzahl  $\bar{\nu}$  eines reinen Schwingungsüberganges von beliebigem  $v$  auf  $v = 0$ .
- Berechnen sie speziell die Wellenzahl  $\bar{\nu}$  des Übergangs von HCl von  $v = 3$  auf  $v = 0$ . Welcher Frequenz  $f$  entspricht dies?
- Berechnen sie die Anharmonizitätskonstante  $\chi_e$  für diesen Fall.

*Hinweis:* Entnehmen sie die Werte von  $\omega_e$  (Grundschiwingungswellenzahl) und  $\omega_e \cdot \chi_e$

(Grundschiwingungswellenzahl multipliziert mit Anharmonizitätskonstante) des Grundzustandes des HCl Moleküls der NIST- Datenbank für 2-atomige Moleküle

<https://webbook.nist.gov/chemistry/form-ser/>

mit Auswahl chemische Formel „HCl“ und „Constants of diatomic molecules“

**(2 Pkte)**

### 61) Schwingungs-Übergänge

Das  $\text{H}_2$ -Molekül hat eine Dissoziierungsenergie  $E_D^{\text{exp}} = 4,476 \text{ eV}$ . Die

Grundschiwingungswellenzahl dieses Moleküls betrage  $\omega_e = \bar{\nu}_e = 4401,2 \text{ cm}^{-1}$  (laut NIST-Datenbank). Ermitteln sie die Schwingungsquantenzahl  $v$ , bei der die Schwingungsenergie so hoch wird, dass das Molekül „zerrissen“ (dissoziiert) wird und zwar

- näherungsweise im einfachen harmonischen Oszillator-Modell und
- im anharmonischen Oszillator-Modell.

**(2 Pkte)**

**62) Schwingungs-Rotations-Übergänge**

Es wird die Rotationsschwingungsbande des CO-Moleküls untersucht. Für die erste Linie des P-Zweiges werde die Wellenzahl  $2165,4 \text{ cm}^{-1}$ , für die erste Linie des R-Zweiges die Wellenzahl  $2173,0 \text{ cm}^{-1}$  gemessen. Berechnen sie aus diesen Angaben

- die Oszillationsfrequenz
- das Trägheitsmoment
- den Gleichgewichtsabstand des CO-Moleküls.

*Hinweis:*  $h\nu = E_{v',J'} - E_{v'',J''}$  wobei  $E_{v,J} = \left( \nu + \frac{1}{2} \right) \cdot h\omega + \frac{J(J+1)\hbar^2}{2MR_e^2}$

R-Linien:  $\Delta\nu = \nu' - \nu'' = +1$  und  $\Delta J = J' - J'' = +1$

P-Linien:  $\Delta\nu = \nu' - \nu'' = +1$  und  $\Delta J = J' - J'' = -1$

**(2 Pkte)**

**63) Ramanspektroskopie**

Bei der Bestrahlung einer Gaszelle mit Laserlicht von  $\lambda_0 = 514 \text{ nm}$  wird die Stokes-Linie (für  $\Delta\nu = 1$  und  $\Delta J = 0$ ) bei der Wellenzahl  $\bar{\nu}_{\text{Stokes}} = 17096 \text{ cm}^{-1}$  gemessen. Welche Moleküle befinden sich in der Gaszelle?

*Hinweis:* Berechnen sie zunächst die Schwingungskonstante  $\omega_e$  des unbekanntes Moleküls und vergleichen sie diese mit den in Demtröder III tabellierten Werten

**(1 Pkt)**

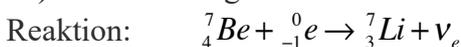
**64)** Angenommen, sie wollen ein Alpha-Teilchen ( $^4\text{He}$ ) zerlegen, indem sie nacheinander zunächst ein Proton, anschließend ein Neutron und schließlich nochmals ein Proton entfernen. Berechnen sie

- die bei jedem Schritt benötigte Arbeit,
- die gesamte Bindungsenergie des Alpha-Teilchens und
- die Bindungsenergie pro Nukleon.

Sie benötigen die folgenden Atommassen:  $^4\text{He} = 4,00260 \text{ AME}$ ,  $^2\text{H} = 2,01410 \text{ AME}$ ,  $^3\text{H} = 3,01605 \text{ AME}$ ,  $^1\text{H} = 1,00783 \text{ AME}$ ,  $n = 1,00867 \text{ AME}$

**(1 Pkt)**

**65)** Welche Energie wird beim Elektroneneinfang durch Beryllium freigesetzt?



$\nu_e$  ist dabei ein masseloses Elektronneutrino.

*Hinweis:* Atommassen und Kernmassen der Isotope siehe:

<http://www.periodensystem-online.de/index.php>

Auch Atommassen siehe:

<https://www.nist.gov/pml/atomic-weights-and-isotopic-compositions-relative-atomic-masses>

**(1 Pkt)**