

**Physik für Studierende der Biologie, Chemie, Biochemie,  
Geowissenschaften und anderer Fächer im Wintersemester 2016/2017**

**Übungsblatt 5**

Rückgabe: Di 5.12. / Do 7.12. / Fr 8.12 in der jeweiligen Übungsgruppe

**AUFGABE 1 (2 Punkte)**

Wir betrachten Moleküle in zwei Zuständen mit unterschiedlicher Energie ( $E_0$  und  $E_1$ ), wobei es keinen entropischen Beitrag zur Energiedifferenz zwischen den beiden Zuständen geben soll. Die relative Besetzungswahrscheinlichkeit der beiden Zustände ist somit durch einen einfachen Boltzmann-Faktor gegeben. Das Energieniveau  $E_1$  sei um 57 meV höher als das Energieniveau  $E_0$ ; die Energiedifferenz zwischen den beiden Zuständen beträgt folglich 57 meV.

Wie hoch ist bei a) 300 K und b) 100 K der Anteil (Prozentsatz) der Moleküle im höherenergetischen Zustand?

Geben Sie die Zwischenschritte der Lösung an, wie z.B. die Umrechnung von Elektronenvolt (eV) in die SI-Einheit Joule (J).

**2 Punkte**

**AUFGABE 2**

- a) Zwei Punktladungen  $Q_1 = 10^{-6}$  C und  $Q_2 = -2Q_1$  befinden sich auf der x-Achse bei  $x_1 = 0$  und  $x_2 = 2$  cm. Wie stark ist die anziehende Coulomb-Kraft zwischen den beiden Ladungen? **(1 Punkt)**
- b) Jetzt betrachten wir alleine die Ladung  $Q_1$ . Skizzieren Sie den Betrag der elektrischen Feldstärke ( $E$ ) entlang der x-Achse (von  $x = -6$  cm bis  $x = +6$  cm mit einer Lücke in der Skizze zwischen -1 cm und +1 cm). **(2 Punkte)**  
[Tragen Sie auf der Abszisse (x-Achse) den x-Wert auf, auf der Ordinate die Feldstärke. Hierbei sollten die Zahlenwerte auf der Ordinate halbwegs stimmen. Beschriften Sie die Achsen korrekt.]
- c) Jetzt betrachten wir wiederum nur die Ladung  $Q_1$  bei  $x_1 = 0$ .  
Um *wieviel Prozent* fällt die elektr. Feldstärke zwischen  $x = 1$  cm und  $x = 10$  cm ab?  
Um *wieviel Prozent* fällt das elektr. Potential zwischen  $x = 1$  cm und  $x = 10$  cm ab?  
Hinweis zu c): Sie können unnötig umfangreiches Rechnen mit Zahlenwerten vermeiden, in dem Sie von vornerein alleine die relativen Änderungen (in Prozent) betrachten. **(1 Punkt)**

### AUFGABE 3 – Ionisierung des Wasserstoffatoms (2 Punkte)

Im Wasserstoffatom sei die Distanz zwischen positiv geladenem Atomkern und dem Elektron durch den Bohr'schen Radius ( $r_B$ ) beschrieben. Wir nehmen ferner an, dass die klassische Elektrostatik eine adäquate Beschreibung erlaubt. Der Bohr'sche Radius beträgt  $0,53 \text{ \AA}$ . Hierbei ist das Ångström eine Einheit, die bei der Diskussion atomarer Phänomene häufig verwendet wird ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ).

Gesucht ist nun die Energie (= Ionisierungsenergie), die benötigt wird, um das Elektron unendlich weit von dem Atomkern (= Proton) zu entfernen? Aus dem Coulombpotential einer Punktladung folgt für die Größe der gesuchten Energiedifferenz:

$$E_{ion} = e^2 / (4 \pi \epsilon_0 r_B),$$

wobei  $e$  die Elementarladung ist (und  $\epsilon_0$  die absolute Dielektrizitätskonstante).

Berechnen mit den obigen Angaben die Ionisierungsenergie des Wasserstoffatoms in der Einheit eV.

[Die obige Gleichung braucht *nicht* hergeleitet werden, sondern kann schlicht und einfach genutzt werden. Es handelt sich somit um eine einfache Aufgabe, die keine Herleitungen erfordert. Beachten Sie jedoch die Umrechnung von J in eV.]

### AUFGABE 4 (2 Punkte)

Der Zwischenraum eines Plattenkondensators mit einer Plattenfläche  $A$  von  $10 \text{ cm}^2$  und einem Plattenabstand  $d$  von  $15 \text{ mm}$  wird mit Eis gefüllt und der Kondensator auf  $1500 \text{ V}$  aufgeladen. Danach wird die Spannungsquelle vom Kondensator getrennt. Nach dem Schmelzen des Eises stellt sich infolge des im Kondensator befindlichen Wassers eine Spannung von  $58,8 \text{ V}$  ein. (Die Platten des Kondensators sind elektrisch vom Eis und Wasser isoliert, so dass keine Gleichströme fließen.)

- Wie groß ist die Dielektrizitätskonstante des Eises ( $\epsilon_{Eis} = ?$ ), wenn die des Wassers „81“ beträgt ( $\epsilon_{Wasser} = 81$ )?
- Diskutieren Sie (qualitativ) warum die Dielektrizitätskonstante von Wasser viel größer als die von Eis ist.

Hinweise zu a): Zuerst das Eis und dann das Wasser sind das Dielektrikum in dem Plattenkondensator. Bei Veränderung des Dielektrikums verändert sich die Spannung, aber die Ladung auf den Kondensatorplatten bleibt dabei dieselbe. Die Zahlenwerte von Plattenfläche  $A$  und Plattenabstand  $d$  werden letztendlich für die Berechnung von  $\epsilon_{Eis}$  gar nicht benötigt.

Hinweise zu b): Zu dieser qualitativen Diskussion können Sie auch Informationen aus dem Internet nutzen. Die Begriffe „Verschiebungspolarisation“ und „Orientierungspolarisation“ sollten auftauchen, aber keine Formeln. Der Umfang der Diskussion sollte bei nicht mehr als einer halben Seite liegen (3-6 Sätze).