Übungen zur Physik II - SS 2016

2. Übungsblatt

Abzugeben in der Vorlesung um 14:00 Uhr am Dienstag, den 19.04.2016

Aufgabe 1: E-Feld und Potential im Bohr'schen Atommodell (**5 Punkte**)
In einem Wasserstoffatom beträgt der sogenannte Bohr'sche Radius, d.h. der mittlere Abstand Elektron-Proton,

$$a_0 = 0,53 \cdot 10^{-10}\text{m}$$

a) Wie groß ist die Kraft (in Newton), die das Proton auf das Elektron ausübt im Abstand a_0 ? (**1 Punkt, A**)

b) Wie groß ist das entsprechende elektrische Feld E (in der Einheit V/m) ? Welche Richtung hat es? (**1 Punkt, A**)

c) Wie groß ist das Potential (in Volt) durch das Feld des Protons am Ort des Elektrons? (**1 Punkt, A**)

d) Wie groß ist die potentielle Energie des Elektrons im Abstand a_0 vom Proton (in den Einheiten Joule und eV) ? Skizzieren Sie die potentielle Energie als Funktion des Abstands Elektron-Proton. (**1 Punkt, A**)

e) Vergleichen Sie diese potentielle Energie mit dem Zahlenwert der Bindungsenergie des Elektrons im Wasserstoffatom. Warum sind diese Werte unterschiedlich? (**1 Punkt, B**)

Aufgabe 2: Superposition von el. Feldern und Potentialen (**8 Punkte**)
Auf den Eckpunkten eines Quadrats mit der Kantenlänge $a = 2$cm befinden sich vier Punktladungen mit den Ladungen $q_0 = +e$, $q_1 = -e$, $q_2 = +e$ und $q_4 = -e$, wobei jeweils die Punktladungen mit gleichem Vorzeichen auf den Diagonalen gegenüber liegen.

a) Fertigen Sie eine Skizze an. (**1 Punkt, A**)

b) Zeigen Sie unter Verwendung des Superpositionsprinzips, dass im Mittelpunkt des Vierecks das el. Feld $E = 0$ ist. (**2 Punkt, A**)

c) Welche Symmetrie besitzt die Anordnung? Argumentieren Sie mithilfe dieser Symmetrien, dass das E-Feld im Mittelpunkt null sein muss. (**1 Punkte, A**)

d) Folgt aus E=0 auch $\varphi = 0$? (**1 Punkt, B**)

e) Geben Sie E und φ für einen beliebigen Punkt innerhalb des Quadrats an und berechnen Sie diese im Mittelpunkt des Quadrats und in der Mitte einer Kante. (**2 Punkte, C**)

f) Wie müsste man die Ladungen in den Ecken eines Würfels verteilen, damit das E-Feld in dessen Mittelpunkt verschwindet? (**1 Punkt, B**)

Aufgabe 3: Elektrisches Feld und Potential (4 Punkte)

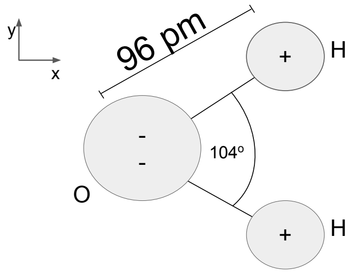
Bestimmen Sie für die gegebenen Potentiale jeweils das elektrische Feld und verifizieren Sie das Ergebnis, indem Sie aus dem elektrischen Feld wieder das Potential herleiten.

a) Eindimensionales Potential: $\varphi(x) = c\frac{1}{x^2}$ mit $c = const.$ **(2 Punkte, A)**

b) Dreidimensionales Potential $\varphi(\vec{r}) = c\frac{1}{r}$ mit $r = |\vec{r}|$ und $c = const.$ **(2 Punkte, B)**

Aufgabe 4: Das Dipolmoment eines Wassermoleküls (6 Punkte)

Das Sauerstoffatom eines H_2O-Moleküls hat eine größere *Elektronegativität* als die Wasserstoffatome. Im Mittel herrscht also ein Elektronenüberschuss in der Nähe des Sauerstoffatoms. Die Partialladungen in einem Wassermolekül sind $\delta_O = -0.64e$ und $\delta_H = 0.32e$.



a) Berechnen Sie das Dipolmoment von H_2O unter der Annahme, dass es aus drei Punktladungen (δ_O,δ_H,δ_H) besteht (vgl. Skript Kapitel 2.7.5: Dipolmoment diskreter Ladungen). **(3 Punkte, B)**

b) Welche potentielle Energie E_{pot} und welches Drehmoment $\vec{M}$ hat ein Wassermolekül in einem homogenen E-Feld $\vec{E} = 10^6\frac{V}{m}\vec{e}_y$. Welche Kraft wirkt auf das Molekül?

Hinweis: Verwenden Sie $\vec{p} = 6.17 \cdot 10^{-30}Cm \cdot \vec{e}_x$, falls Sie den Teil a.) nicht lösen konnten. **(3 Punkte, B)**

Aufgabe 5: Divergenz und Rotation (7 Punkte)

Zeigen Sie das folgende Beziehungen gelten. Bei den Teilaufgaben c.) und d.) reicht es aus jeweils nur eine Komponente (z.b. die x-Komponente) der einzelnen Ausdrücke zu berechnen.

a) Gegeben sei

$$f(x, y, z) = zx^2 - 4xy \text{ und } \vec{B} = \begin{pmatrix} 3y \\ -2x \\ 0 \end{pmatrix}$$

Berechnen Sie $(\vec{B} \cdot \vec{\nabla})f$ und $\vec{\nabla} \times (\vec{B}f)$. **(2 Punkte, A)**

b) $\vec{\nabla} \times (f\vec{a}) = f(\vec{\nabla} \times \vec{a}) - \vec{a} \times (\vec{\nabla}f)$ **(1 Punkt, A)**

c) $\vec{\nabla}(\vec{a} \cdot \vec{b}) = (\vec{b} \cdot \vec{\nabla})\vec{a} + (\vec{a} \cdot \vec{\nabla})\vec{b} + \vec{b} \times (\vec{\nabla} \times \vec{a}) + \vec{a} \times (\vec{\nabla} \times \vec{b})$ **(2 Punkte, C)**

d) $\vec{\nabla} \times (\vec{a} \times \vec{b}) = (\vec{b} \cdot \vec{\nabla})\vec{a} - \vec{b}(\vec{\nabla} \cdot \vec{a}) - (\vec{a} \cdot \vec{\nabla})\vec{b} + \vec{a}(\vec{\nabla} \cdot \vec{b})$ **(2 Punkte, C)**