

# Übungen zur Vorlesung „Theoretische Physik 3“

Blatt 2 27.10.2010 WS 10/11

## 3. Elektrischer Dipol im elektrischen Feld $\vec{E}(\vec{r})$

Seien die Ladungen  $-q$  und  $q$  am Ort  $\vec{r}$  bzw.  $\vec{r} + \vec{a}$ . Für  $\vec{a}$  infinitesimal klein ist diese Ladungsverteilung ein Dipol mit dem Dipolmoment  $\vec{p} = q\vec{a}$ .

- a) Wie groß ist die Energie eines Dipols im elektrischen Feld  $\vec{E}(\vec{r})$ ? 1 Punkt
- b) Wie groß ist die Kraft auf den Dipol? 1 Punkt
- c) Wie groß ist das Drehmoment auf den Dipol? 1 Punkt

## 4. Coulombkraft

Mit welcher Kraft ziehen sich das Proton und das Elektron im Wasserstoffatom bei einer mittleren Entfernung von  $0.53 \text{ \AA} = 0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$  (= Bohrscher Radius) an? 1 Punkt

### Anleitung:

Man benutze die Formel für das elektrische Feld einer Punktladung aus Aufgabe 1. und die Konstanten  $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi c^2} 10^7 \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ s}^{-2}$  und  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

## 5. Erdmagnetfeld

Die beiden Schienen eines Eisenbahngleises seien voneinander und vom Erdreich isoliert und über ein Voltmeter verbunden. Welche Spannung wird angezeigt, wenn ein Zug mit  $100 \text{ km/h}$  über die Stecke fährt? Der Schienenabstand sei  $1,435 \text{ m}$ , die Vertikalkomponente des magnetischen Erdfeldes sei  $H = 35 \text{ A m}^{-1}$  d.h.  $B = \mu_0 H = 4\pi \times 10^{-7} \text{ V s A}^{-1} \text{ m}^{-1} \times 35 \text{ A m}^{-1} = 4.4 \times 10^{-5} \text{ V s m}^{-2} = 4.4 \times 10^{-5} \text{ T}$ . 2 Punkte

**Abgabetermin:** Mi den 3. 11. 2010 in der Vorlesung

Siehe auch: <http://users.physik.fu-berlin.de/~kamecke/lehre.html>

## Anleitung zur Lösung

### 3. Elektrischer Dipol im elektrischen Feld $\vec{E}(\vec{r})$

Energie für Punktladung  $q$

$$W_q = V_{pot} = q\varphi(\vec{r})$$

a) Energie für Dipol

$$W_p = -q\varphi(\vec{r}) + q\varphi(\vec{r} + \vec{a}) \rightarrow q\vec{a} \cdot \vec{\nabla}\varphi(\vec{r}) = -\vec{p} \cdot \vec{E}(\vec{r})$$

b) Kraft auf den Dipol

$$\vec{F}_p = -q\vec{E}(\vec{r}) + q\vec{E}(\vec{r} + \vec{a}) \rightarrow q(\vec{a} \cdot \vec{\nabla})\vec{E}(\vec{r})$$

c) Drehmoment auf den Dipol

$$\vec{M} = \vec{a} \times \vec{F} = \vec{a} \times q\vec{E} = \vec{p} \times \vec{E}$$

### 4. Coulombkraft

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e_0^2}{a_0^2} = \frac{9 * 10^{16} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{10^7 \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ s}^{-2}} \left( \frac{1.6 * 10^{-19} \text{ C}}{0.53 * 10^{-10} \text{ m}} \right)^2 = 8.2 * 10^{-8} \text{ N}$$

### 5. Erdmagnetfeld

$$U = \left| \dot{\phi} \right| = Bdv = 4.4 * 10^{-5} \text{ V s m}^{-2} * 1.435 \text{ m} * 100 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 1.75 \text{ mV}$$