

Heften Sie die Blätter zur Abgabe zusammen und tragen Sie auf **jedem** Blatt die **Nummer ihres Tutoriums und ihre Namen** ein. Rechnen Sie die Aufgaben zusammen mit ihrem Übungspartner.

Abgabe bis Fr, 3. Mai, 13:00 Uhr im Erdgeschoss von Geb. 30.23 (Physikhochhaus)
Besprechung Mi, 8. Mai

Lösen Sie die Aufgaben so, dass der Rechenweg für ihren Tutor klar wird. Ergebnisse ohne korrekte Einheiten führen zu einem Punktabzug. Geben Sie nur signifikante Nachkommastellen im Endergebnis an (orientieren Sie sich an der Genauigkeit der gegebenen Größen).

1. *Punktladungen und Kräfte* (4 Punkte)

Zwei Punktladungen q_1 und q_2 befinden sich auf der x -Achse bei x_1 und x_2 .

- Eine dritte Punktladung q_3 hat von der Ladung q_1 und von der Ladung q_2 den gleichen Abstand r . Wie groß ist die auf die Ladung q_3 wirkende Kraft \vec{F} , wenn $q_2 = -4q_1$ ist?
- Wie groß ist \vec{F} , wenn $q_2 = q_1$ ist?
- Die Ladung q_3 befinde sich auf der x -Achse. Skizzieren Sie den Verlauf der Kraft $F(x)$ auf die Ladung q_3 für die unter (a) und (b) gegebenen Ladungen q_1 und q_2 . Gibt es Stellen, an denen die resultierende Kraft null ist?

$$x_1 = 0, x_2 = 3 \text{ cm}, q_1 = 10^{-9} \text{ C}, q_3 = 0.5 \cdot 10^{-9} \text{ C}, r = 2.5 \text{ cm}$$

2. *Elektrische Energie* (2 Punkte)

Sie wollen die Ecken und das Zentrum eines Würfels der Kantenlänge $l = 0.5 \text{ nm}$ mit Elektronen besetzen. Welche Energie müssten Sie dabei aufbringen?

Hinweis: Analog zur Gravitation lässt sich die elektrische potentielle Energie zweier Punktladungen q_1 und q_2 im Abstand R wiederum als das Integral der Kraft entlang des Abstandes aus dem Unendlichen bis zum Abstand R bestimmen, wenn man z.B. die Ladung q_2 in die Nähe von q_1 bringt:

$$E_{pot} = \int_{\infty}^R F_{el}(r) dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{R}.$$

Die potentielle Energie mehrerer Punktladungen ist dann die Summe aller dieser Integrale, wobei jede Ladung nacheinander in das System der Ladungen eingebracht wird. Die potentielle elektrische Energie eines Systems aus N Punktladungen ist dann

$$E_{pot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sum_{i>j}^N \frac{q_i q_j}{r_{ij}}.$$

3. *Ladungsverteilung und Feldstärke* (2 Punkte)

Gegeben ist die Raumladungverteilung

$$\rho(r) = k \cdot \frac{e^{-2r/a}}{r^2}$$

wobei a und k Konstanten sind.

- Bestimmen Sie die Gesamtladung Q im Raum.
- Berechnen Sie die elektrische Feldstärke $E(r)$.

4. Rechenübungen

(2 Punkte)

- (a) Berechnen sie den Gradienten, $\text{grad } f$, des skalaren Feldes:

$$f(x, y, z) = \frac{30}{2 + x^2 + y^2 + z^2} = \frac{30}{2 + r^2}.$$

- (b) Das Geschwindigkeitsfeld \vec{v} einer gleichmäßig rotierenden Flüssigkeit sei gegeben durch $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$ mit der Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega} = (0, 0, \omega)$ und $\vec{r} = (x, y, z)$. Zeigen Sie, dass dieses Vektorfeld quellenfrei ist, d.h. seine Divergenz verschwindet ($\text{div } \vec{v} = 0$).
- (c) Berechnen Sie die Rotation des Geschwindigkeitsfeldes von \vec{v} (aus Teil (b)), $\text{rot } \vec{v} = ?$