

Serie 4

1. Gravitations- und Coulombwechselwirkung

Ein Proton befinde sich im Koordinatenursprung, und ein Elektron bei $x = R = 1 \text{ \AA}$.

- Man berechne sowohl die Gravitationskraft als auch die Coulombkraft auf das Elektron.
- Man berechne die potenzielle Energie des Elektrons sowohl im Gravitationsfeld als auch im elektrischen Feld des Protons.
Man gebe die Energie in Elektronenvolt (eV) an. 1 eV ist die kinetische Energie eines ursprünglich ruhenden Elektrons, wenn es eine Spannung von 1 V durchlaufen hat.

Die Massen sind $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ und $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, die Ladungen $q_e = -1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ und $q_p = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, und die Kopplungskonstanten $\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}\cdot\text{s}^2}$ und $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, wobei $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$.

2. Elektrostatische Energie einer lokalisierten Ladungsverteilung

Beweisen Sie die Gleichung

$$E = \frac{1}{2} \int \rho(\vec{r})\phi(\vec{r}) dV = \frac{\epsilon_0}{2} \int \vec{E}^2(\vec{r}) dV$$

für die totale elektrostatische Energie einer lokalisierten Ladungsverteilung $\rho(\vec{r})$.

Hausaufgaben

3. Selbstenergie einer homogen geladenen Kugel

Eine homogen geladene Kugel habe den Radius R und trage die totale Ladung Q .

- Berechnen Sie die elektrostatische Selbstenergie der Kugel.
- Was passiert, wenn $R \rightarrow 0$ strebt?
- Der Energieunterschied zwischen der Ruheenergie eines Protons und der Ruheenergie eines Neutrons ist $\Delta E = (m_n - m_p)c^2 = 1 \text{ MeV}$.
Schätzen Sie den Radius eines Nukleons ab unter der Annahme, dass ΔE elektrostatischen Ursprungs ist.

4. Energie eines Dipols in einem äusseren elektrischen Feld

- a. Gegeben sei ein elektrisches Feld $\vec{E} = -\vec{\nabla}\phi$. Berechnen Sie die Energie eines Dipols in diesem Feld ausgehend von $\rho(\vec{r}) = -\vec{p}\vec{\nabla}\delta(\vec{r})$.
- b. Warum kommt in dieser Aufgabe der Faktor $\frac{1}{2}$ aus Aufgabe 2 hier nicht vor?
- c. Ein geladener Körper werde in die Nähe eines Wasserstrahls gebracht. Warum wird der Wasserstrahl abgelenkt? In welche Richtung wird er abgelenkt?