

Seminar zur Vorlesung Physik II für Naturwissenschaftler

Sommersemester 2024

Blatt 1

15.04.2024

Aufgabe 1 *Coulomb-Gesetz*

Im Bohr'schen Atommodell für das Wasserstoffatom bewegt sich ein Elektron mit der Masse m_e und der Ladung $-e$ auf einer Kreisbahn mit dem Bohr'schen Radius

$$a_0 = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{m_e e^2} \approx 0,529 \text{ \AA} \quad (1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}, \quad h: \text{Planck'sche Konstante})$$

um das Proton.

- a) Skizzieren Sie die auf das Elektron und das Proton wirkenden Kräfte und vergleichen Sie die Anziehung zwischen den beiden Ladungen auf Grund des Coulomb-Gesetzes mit der Anziehung der beiden Massen auf Grund des Gravitationsgesetzes. (1 Punkt)
- b) Zeigen Sie, dass dieses Elektron die Geschwindigkeit

$$v = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \cdot c \approx \frac{1}{137} \cdot c$$

hat. Warum kann das Bild von einem punktförmigen Elektron, das sich auf einer Kreisbahn bewegt, nicht stimmen? (1 Punkt)

- c) Wie groß muss der Abstand zwischen zwei ungeladenen Massenpunkten mit einer Masse von jeweils 1 kg sein, damit Sie sich mit derselben Kraft wie das Elektron und Proton aus b) anziehen? (1 Punkt)

Bemerkung: Der (dimensionslose) Faktor $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \approx \frac{1}{137}$ setzt sich aus Naturkonstanten zusammen und heißt Feinstrukturkonstante. Diese spielt in der Atomphysik eine wichtige Rolle.

Aufgabe 2 *Feldlinien*

Skizzieren Sie für folgende Anordnungen die Feldlinien im Raum und – sofern vorhanden – die Influenzladungen auf dem Leiter.

- a) Eine positive Ladung $+q$ und eine negative Ladung $-2q$ mit dem Abstand $a > 0$. (1 Punkt)
- b) Eine positive Ladung $+q$ befindet sich außerhalb einer Metallkugel mit dem Radius R . Die Ladung q hat den Abstand $2R$ vom Kugelmittelpunkt.
 - i) Die Metallkugel ist nicht geerdet und insgesamt ungeladen.
 - ii) Die Metallkugel ist geerdet. Was können Sie in diesem Fall über die Gesamtladung auf der Metallkugel sagen? (1 Punkt)

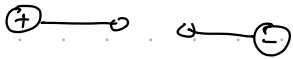
- c) Wie b), aber die Ladung $+q$ befindet sich im Innern der Metallkugel und hat den Abstand $R/2$ vom Kugelmittelpunkt.
- d) Eine positive Ladung $+q$ und eine negative Ladung $-q$ im Abstand ℓ (elektrischer Dipol) befinden sich vor einer geerdeten Metallplatte. Beide Ladungen haben den Abstand $\ell/2$ von der Metallplatte. (1 Punkt)

Hinweis: Gehen Sie von einem elektrischen Dipol in sehr großer Entfernung von der Platte aus (siehe Vorlesung) und überlegen Sie sich, wie Sie die Feldlinien „deformieren“ müssen, wenn Sie den Dipol in die Nähe der Metallplatte bringen. Welche Bedingungen müssen dort erfüllt sein?

Aufgabe 1: Coulomb-Gesetz

$$a_0 = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{m_e e^2} \approx 0,529 \text{ \AA} \quad (1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}, \hbar = \frac{h}{2\pi})$$

a)



$$\begin{aligned} F_c &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|e||-e|}{a_0^2} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a_0^2} \\ &\approx \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{4\pi \cdot 8,8 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}} \cdot (0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2} = \underline{\underline{8,2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{V}}{\text{m}}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_G &= G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \approx 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{(0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2} \\ &= \underline{\underline{5,2 \cdot 10^{-37} \text{ N}}} \Rightarrow \underline{\text{kleiner}} \end{aligned}$$

b)

$$|F_2| = |F_c|$$

$$m_e \frac{v^2}{r} = \frac{|q_1||q_2|}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \leadsto \quad v = \sqrt{\frac{|q_1||q_2|}{4\pi\epsilon_0 r m_e}}$$

$$\begin{aligned} &\approx \sqrt{\frac{e^2}{4\pi \cdot 8,8 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}} \cdot 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 2,1 \cdot 10^6 \\ &= \frac{1}{137} \cdot c \end{aligned}$$

c)

$$|F_G| = |F_e|$$

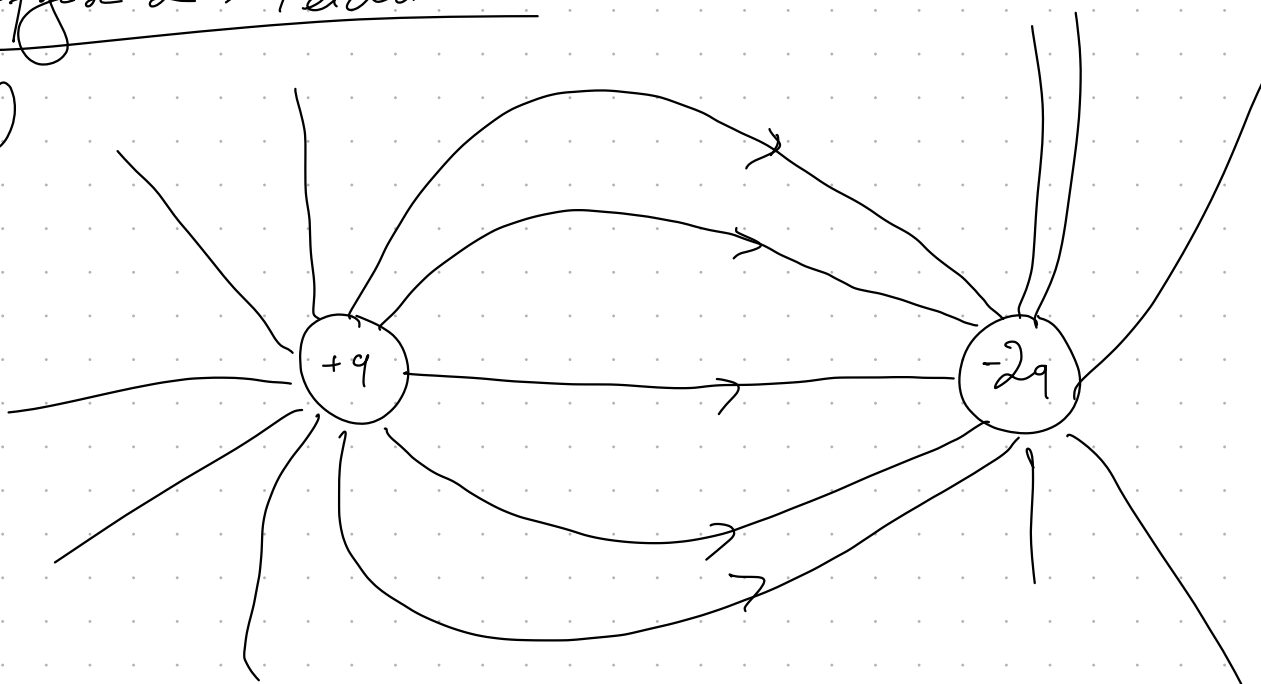
$$\frac{m_1 m_2}{r_1^2} G = \frac{|q_1| |q_2|}{4\pi \epsilon_0 r_2^2} \quad \leadsto \quad r_1 = \sqrt{\frac{4\pi \epsilon_0 r_2^2 m_1 m_2 G}{|q_1| |q_2|}}$$

$$= \sqrt{\frac{4\pi \cdot 8,8 \cdot 10^{-12} \frac{C}{Vm} \cdot a_0^2 \cdot 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \cdot 1kg^2}{e^2}} \approx 0,028 m$$

$$= \underline{\underline{2,8 cm}}$$

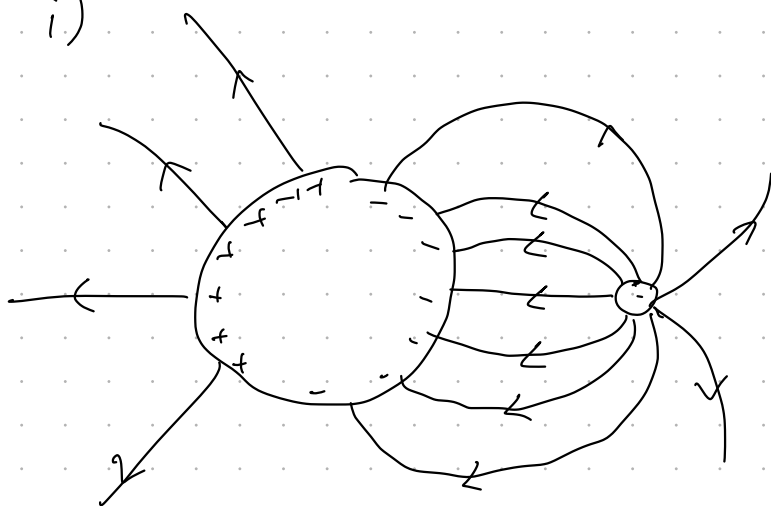
Aufgabe 2: Feldlinien

a)

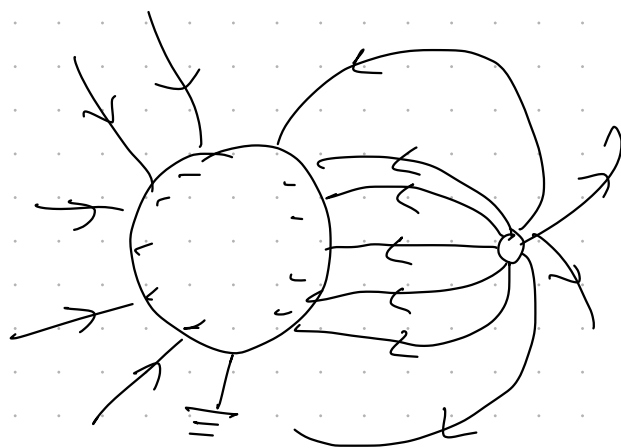


b)

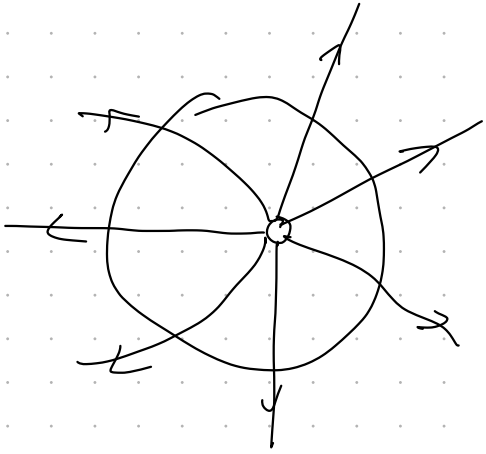
i)



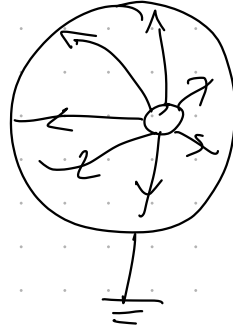
ii)



c) i)



ii)



d)

