



- 1 Einem zunächst ungeladenen Elektroskop wird eine geladene Metallkugel genähert. Dadurch zeigt das Elektroskop eine Zeigerauslenkung. Wird das Elektroskop von der Kugel berührt, bleibt der Ausschlag bei Entfernen der Kugel erhalten, nicht jedoch, wenn die Kugel das Elektroskop nicht berührt hat. Begründen Sie, warum in diesem Fall (Kugel berührt das Elektroskop nicht) der Zeiger zunächst ausschlägt und dann (bei Entfernen der Kugel) wieder in die Ruhelage zurückkehrt.

Ist (ohne Beschränkung der Allgemeinheit - o.B.d.A.) die Kugel negativ geladen, werden die positiven Ladungen auf dem Elektroskop nach oben gezogen und die negativen Ladungen in den Bereich des Zeigers gedrängt. Dort herrscht dann ein Überschuss an negativen Ladungen und der Zeiger schlägt aus.

Wird die Kugel wieder entfernt, ohne dass das Elektroskop berührt wurde, verteilen sich die Ladungen auf dem Elektroskop wieder und neutralisieren sich gegenseitig. Folge davon: Der Zeigerausschlag geht zurück.

- 2 Warum ist das Innere eines metallenen Hohlkörpers feldfrei?

Durch Influenz werden auf der Oberfläche des Hohlkörpers Ladungen so verschoben, dass diese Ladungen ein elektrisches Feld erzeugen, das dem äußeren Feld genau entgegengesetzt ist und dessen Feldstärke mit dem des äußeren Feldes genau übereinstimmt. Dadurch heben sich die Wirkungen der beiden Felder im Innern des Körpers auf und es ist keine Kraftwirkung zu spüren.

- 3 Wir haben im Unterricht die Formeln für die Kraft $F_G = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ zwischen zwei punktförmigen

Massen und für die Kraft $F_E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$ zwischen zwei punktförmigen Ladungen kennen gelernt.

Berechnen Sie zunächst mit Hilfe von F_E eine Formel für die elektrische Feldstärke E im Feld zwischen zwei punktförmigen Ladungen und dann analog mit Hilfe von F_G eine Formel für die Gravitationsfeldstärke G .

Setzen Sie in die gefundene Formel für G die Werte für die Erde (Formelsammlung Seite 94) ein und berechnen Sie damit den Wert von G .

Beschreiben Sie kurz, wo Sie der Größe G im Physikunterricht schon begegnet sind (der Wert von G könnte Ihnen dabei helfen).

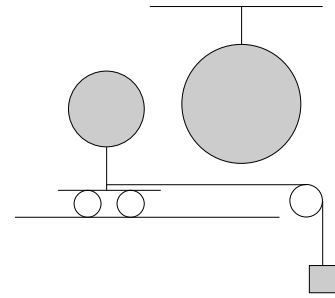
$$\text{Elektrische Feldstärke: } E = \frac{F}{Q} = \frac{F_E}{Q_2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \cdot \frac{1}{Q_2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1}{r^2}$$

$$\text{Analog Gravitationsfeldstärke: } G = \frac{F}{m} = \frac{F_G}{m_2} = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{1}{m_2} = \gamma \cdot \frac{m_1}{r^2}$$

$$\text{Werte aus Formelsammlung: } \gamma = 6,67259 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} ; m_{\text{Erde}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} ; r_{\text{Erde}} = 6371 \text{ km}$$

$$G = 9,81 \frac{\text{m}^3 \cdot \text{kg}}{\text{kg} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}} = 9,81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \text{ Der Wert ist gleich dem Ortsfaktor } g \text{ an der Erdoberfläche.}$$

- 4 Eine an der Decke befestigte Kugel wird mit der negativen Ladung $Q_1 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ aufgeladen. Eine zweite Kugel mit der negativen Ladung $Q_2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ befindet sich auf einem reibungsfrei beweglichen Wagen. Der Wagen wird durch eine Masse $m = 1 \text{ g}$ auf die hängende Kugel gezogen. Berechnen Sie den Abstand r zwischen den beiden Kugelmittelpunkten, bei dem der Wagen im Gleichgewicht Ruhe findet.



Wenn der Wagen in Ruhe ist, sind die beiden gegeneinander wirkenden Kräfte (Gewichtskraft F_G und Coulombkraft F_E) gleich groß. r kann berechnet werden, da r die einzige unbekannte Größe ist:

$$F_G = F_E \Rightarrow m \cdot g = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot g}} = 0,15 \text{ m}$$

Bei einem Kugelabstand von 15 cm befindet sich der Wagen in Ruhelage.

- 5 Die zwei parallelen Platten eines Plattenkondensators werden mit einer Spannungsquelle verbunden und dadurch mit der Ladung $Q = 10^{-7} \text{ C}$ aufgeladen. Ein kleines Aluminiumplättchen hat $\frac{1}{10}$ der Fläche der Kondensatorplatte und wird durch Berührung mit der Kondensatorplatte aufgeladen. Wird das Plättchen dann im Innern des Kondensators aufgehängt, wirkt die Kraft $F = 10^{-4} \text{ N}$ auf das Plättchen. Berechnen Sie die Plattenfläche des Plattenkondensators. Anmerkung: Die von den Kondensatorplatten abgenommene Ladung wird durch die angelegte Spannungsquelle wieder ausgeglichen.

Das kleine Aluminiumplättchen nimmt entsprechend seiner Größe Ladung von der Kondensatorplatte auf.

Die Flächenladungsdichte für das Plättchen und die Platte ist gleich: $\sigma = \frac{Q_{\text{Plättchen}}}{A_{\text{Plättchen}}} = \frac{Q_{\text{Platte}}}{A_{\text{Platte}}}$.

Da die Kondensatorplatte die 10-fache Fläche wie das Aluminiumplättchen hat, enthält die Kondensatorplatte auch die 10-fache Ladung des Aluminiumplättchens:

$$Q_{\text{Platte}} = 10^{-7} \text{ C} = 10 \cdot Q_{\text{Plättchen}} \Rightarrow Q_{\text{Plättchen}} = \frac{10^{-7} \text{ C}}{10} = 10^{-8} \text{ C} .$$

Im Kondensator herrscht die elektrische Feldstärke $E = \frac{F_{\text{Alu}}}{Q_{\text{Alu}}}$. Mit $\sigma = \frac{Q_{\text{Alu}}}{A_{\text{Alu}}} = \frac{Q_{\text{Platte}}}{A_{\text{Platte}}}$ und $\sigma = \epsilon_0 \cdot E$ gilt

$$A_{\text{Platte}} = \frac{Q_{\text{Platte}}}{\sigma} = \frac{Q_{\text{Platte}}}{\epsilon_0 \cdot E} = \frac{Q_{\text{Platte}}}{\epsilon_0 \cdot \frac{F_{\text{Alu}}}{Q_{\text{Alu}}}} = \frac{Q_{\text{Platte}} \cdot Q_{\text{Alu}}}{\epsilon_0 \cdot F_{\text{Alu}}} \approx 1,13 \text{ m}^2$$

- 6 Eine mit der Ladung $Q=4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ geladene Kugel der Masse $m=10 \text{ g}$ wird an einem Faden in einem Plattenkondensator aufgehängt, dessen Platten den Abstand $d=30 \text{ cm}$ haben und mit der Spannung $U=25.000 \text{ V}$ aufgeladen sind. Die Kugel wird im elektrischen Feld um $s=1 \text{ cm}$ seitlich ausgelenkt. Berechnen Sie, wie lang das (masselose) Band ist, an dem die Kugel aufgehängt ist.

Es gilt $\frac{s}{l} = \sin \alpha$; $\frac{F_E}{F_G} = \tan \alpha$.

Die elektrische Feldstärke ergibt sich aus $E = \frac{U}{d} = \frac{25000 \text{ V}}{0,3 \text{ m}} \approx 83333 \frac{\text{V}}{\text{m}}$.

Damit ergibt sich $F_E = Q \cdot E \approx 4 \cdot 10^{-9} \cdot 83333 \text{ N} = 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ N}$.

Gewichtskraft: $F_G = m \cdot g = 10^{-2} \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9,81 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

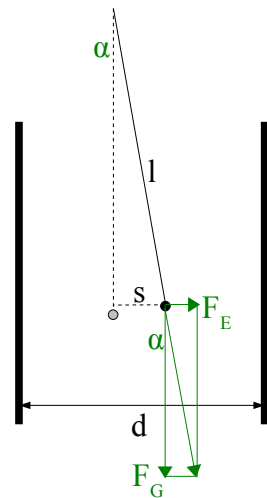
Da F_E wesentlich kleiner als F_G ist, ist α sehr klein und man kann mit der

Näherung $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ rechnen: $\frac{s}{l} \approx \frac{F_E}{F_G}$.

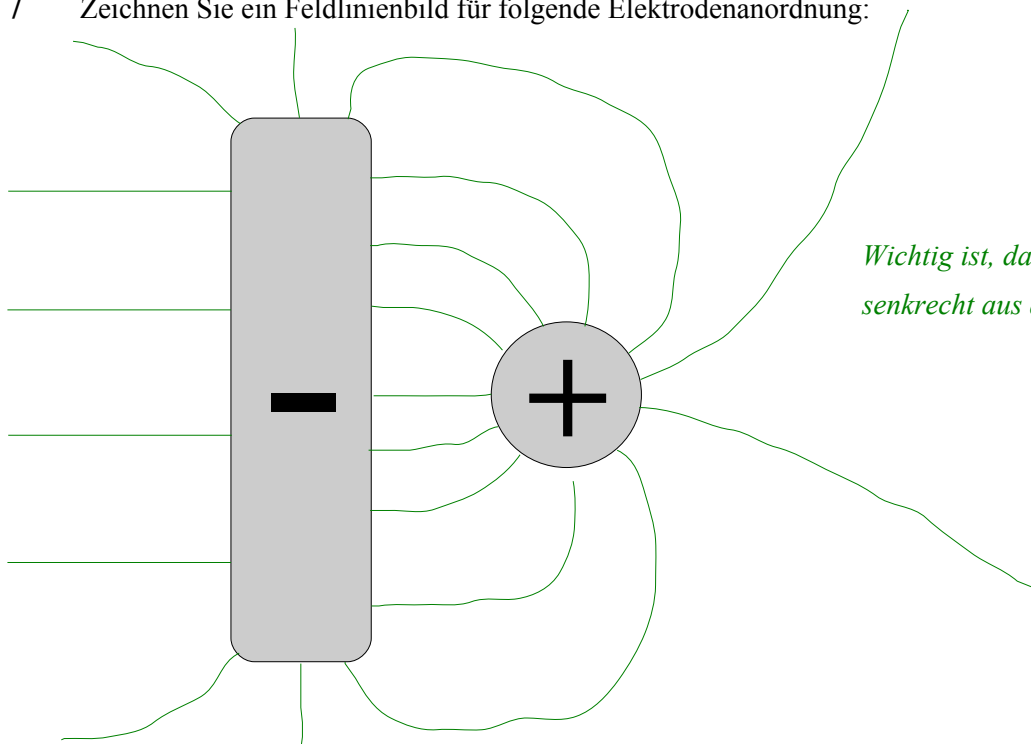
In guter Näherung ergibt sich so l zu

$$l = \frac{s \cdot F_G}{F_E} = \frac{s \cdot m \cdot g}{Q \cdot E} = \frac{s \cdot m \cdot g \cdot d}{Q \cdot U} = 2,943 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

Das Band, an dem die Kugel aufgehängt ist, hat also eine Länge von etwa 3 m.



- 7 Zeichnen Sie ein Feldlinienbild für folgende Elektrodenanordnung:



Wichtig ist, dass die Feldlinien senkrecht aus dem Leiter austreten.

Viel Erfolg bei der Bearbeitung der Aufgaben!