Elektrische Kraft auf Ladungen in radialen Feldern (Cavendish-Versuch)

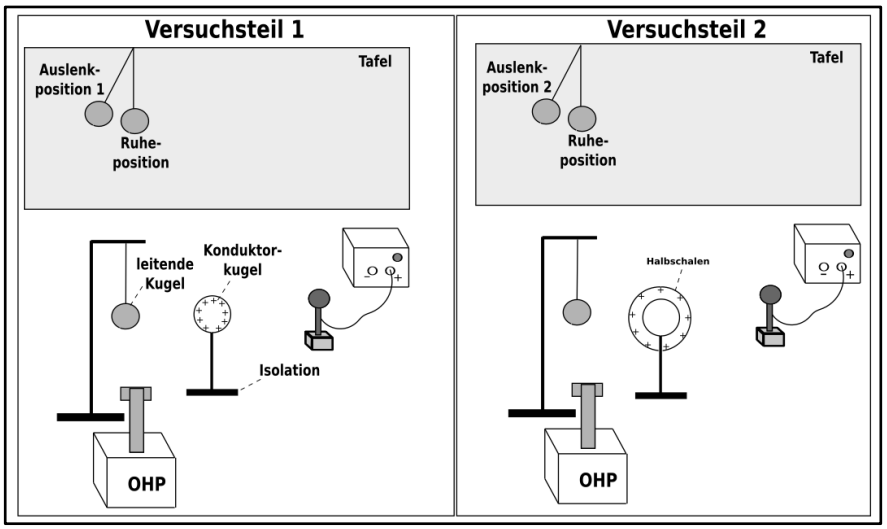
Behauptung:

„Das elektrische Feld um eine „kugelförmige“ Ladungsmenge Q hängt nur ab von der Größe Q und nicht von der Größe der Kugel.“

Aufbau und Durchführung

Versuchsteil 1

Die frei hängende elektrisch leitende Kugel wird mit einem OHP bestrahlt und Position des Schattens an der Tafel markiert (Ruheposition). Danach werden die elektrisch leitende Kugel und die Konduktorkugel mithilfe einer weiteren Kugel, die mit dem Hochspannungsgerät verbunden ist, positiv geladen. Die freihängende Kugel und die Konduktorkugel stoßen sich demnach gegenseitig ab. Daraufhin markiert man an der Tafel die Auslenkungsposition 1.

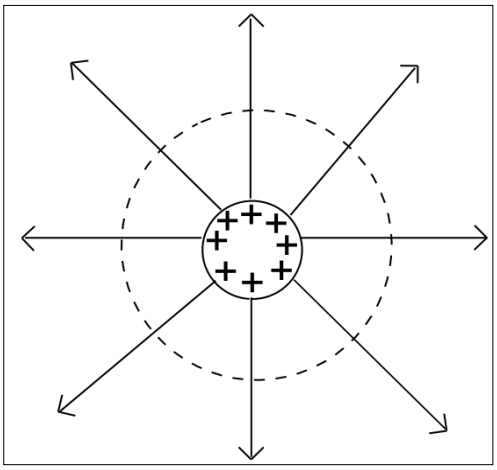


Versuchsteil 2

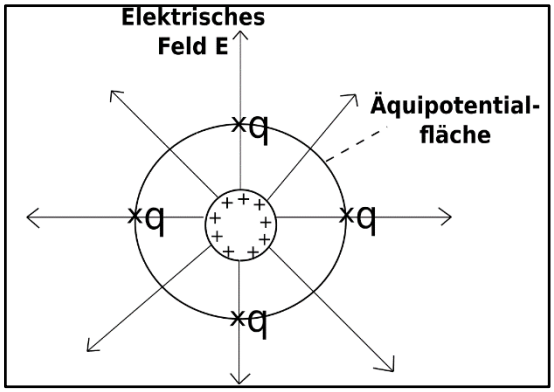
Zwei Halbkugeln aus elektrisch leitendem Material werden von außen an die Konduktorkugel herangeführt, bis die Halbschalen elektrisch leitend mit der Konduktorkugel verbunden sind. Dadurch werden die beiden Halbschalen positiv geladen. Man erkennt (*unter Berücksichtigung, dass es sich bei der frei hängenden Kugel* ***nicht*** *um eine Probeladung handelt, sondern diese Kugel, dass elektrische Feld der Konduktorkugel verändert*), dass der Ausschlag der freihängenden Kugel sich nicht verändert, wenn man Auslenkungsposition 1 und 2 miteinander vergleicht.

Ergebnis

Die Behauptung wird somit durch den sogenannten Cavendish-Versuch bestätigt. Dieses deckt sich mit dem Feldlinienbild: Unabhängig von der Entfernung bleibt die Anzahl der Feldlinien gleich, wenn Q konstant ist. Somit ist es nicht wichtig, welche Größe die Kugel hat, solange Q konstant ist.



Elektrische Kraft auf Ladungen in radialen Feldern



Herleitung der elektrischen Kraft F_{el}, die von einer Ladung Q auf eine Probeladung q wirkt:

Man nutzt das Ergebnis des Cavendish-Experiments aus. Auf einer bestimmten Äquipotentialfläche (Kugelschale bzw. Abstand zum Mittelpunkt der geladenen Kugel) wirkt auf eine Probeladung q dieselbe Kraft.

Damit können wir die Gleichung aus dem homogenen Feld nehmen:

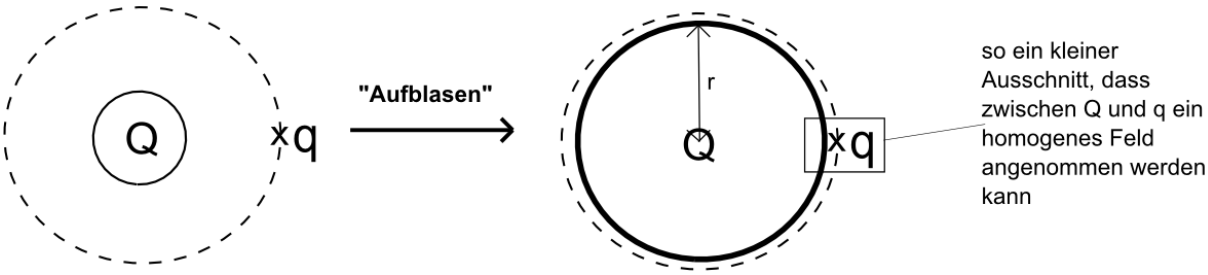
$$F_{el} = q \cdot E$$

Allerdings können wir die Gleichung E = U/d aus dem homogenen Feld nicht für radiale Felder anwenden. Im homogenen Feld gilt (die Flächenladungsdichte σ ist proportional zur elektrischen Feldstärke E; ε_0 ist die Proportionalitätskonstante):

$$\sigma = \varepsilon_0 \cdot E$$

$$\frac{Q}{A} = \varepsilon_0 \cdot E$$

Gedankliches „Aufblasen“ von Q bis direkt zu q.



Hinweis: Nach Cavendish ändert sich dabei E am Ort von q nicht.

Folge: Die Gleichung

$$\frac{Q}{A} = \varepsilon_0 \cdot E$$

ist in radialen Feldern anwendbar.

$$E = \frac{1}{\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{A}$$

Also

$$F_{el} = q \cdot \frac{1}{\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{A}$$

Man kann, auch wenn man nur einen Ausschnitt der Kugeloberfläche betrachtet, Q durch A berechnen, da die Flächenladungsdichte überall auf der Kugel gleich groß ist.

$$F_{el} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}$$

$$\boxed{A_{Kugel} = Oberfläche = 4\pi \cdot r^2}$$

Vergleich zum Gravitationsfeld:

$$F_G = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$