

## Lösung

1 In einem Plattenkondensator wird die Feldstärke  $E = 10 \frac{N}{C}$  gemessen.

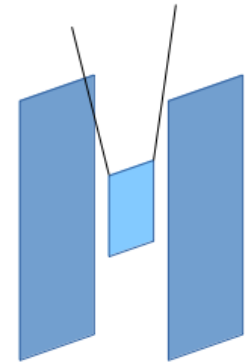
Die Platten haben den Abstand  $d = 20 \text{ cm}$ .

Im Inneren befindet sich ein parallel zu den Kondensatorplatten isoliert aufgehängtes Metallplättchen mit der Ladung  $Q = 1 \text{ nC}$ .

1.1 Berechnen Sie die Kraft, die auf das Plättchen wirkt.

Mit  $E = \frac{F}{Q}$  gilt  $F = Q \cdot E = 1 \text{ nC} \cdot 10 \frac{N}{C} = 10^{-9} \cdot 10 \text{ N} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ N}$ .

1.2 Geben Sie mit Begründung an, wie groß die Kraft ist, wenn sich der Abstand der Kondensatorplatten halbiert.



*Da es sich hier um ein homogenes Feld handelt, ist die elektrische Feldstärke unabhängig von der Entfernung der Kondensatorplatten. Die Kraft ändert sich also auch nicht.*

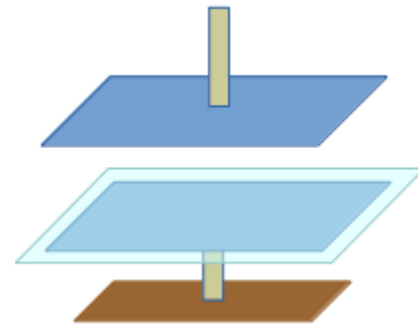
1.3 Geben Sie mit Begründung an, wie sich die Kraft ändert, wenn die quadratischen Kondensatorplatten durch quadratische Platten doppelter Seitenlänge ersetzt werden, die Ladung aber gleich bleibt.

*Bei doppelter Seitenlänge ändert sich die Fläche um das 4-fache. Wegen  $\sigma = \frac{Q}{A}$  wird die Flächenladungsdichte bei 4-facher Fläche nur noch  $\frac{1}{4}$  ihres Wertes haben und damit wegen  $\sigma = \epsilon_0 \cdot E$  auch die elektrische Feldstärke und wegen  $E = \frac{F}{Q}$  auch die Kraft.*

2 Eine elektrisch geladene Metallplatte wird isoliert aufgestellt. Auf der Platte liegt eine saubere Glasscheibe.

Eine an einem Isolierstiel befestigte zweite Platte wird auf die Glasplatte gelegt und dann geerdet. Danach nimmt man die obere Platte weg und bringt sie mit einem Elektroskop in Verbindung. Dabei schlägt der Zeiger des Elektroskops aus.

Diesen Vorgang kann man beliebig oft wiederholen. Begründen Sie, wie es geschehen kann, dass immer wieder neue Ladung „erzeugt“ wird.



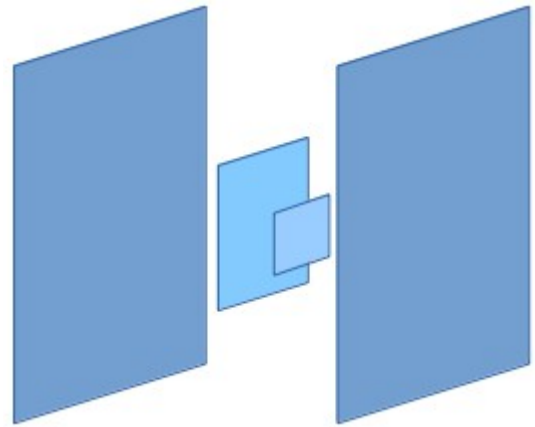
*Es wird keine neue Ladung erzeugt. Angenommen, die untere Platte ist positiv geladen. Wenn die obere Platte geerdet wird, fließen aus der Erde negative Ladungen auf die obere Platte, da diese auf Grund der Influenz von der unteren Platte angezogen werden. Trennt man dann die obere Platte von der Erde, so bleiben die negativen Ladungen auf der Platte und können auf das Elektroskop übertragen werden. Die jeweils neuen Ladungen stammen also aus der Erde.*

- 3 Zwei parallele große Platten der Größe  $40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$  sind mit den Ladungen  $Q_1 = -8\text{ nC}$  und  $Q_2 = +8\text{ nC}$  geladen.

Im Inneren des Kondensators befinden sich 2 Platten mit der Größe  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$  (Platte B) und  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  (Platte C) parallel zu den großen Platten.

Die kleine Platte B liegt vollständig auf der mittelgroßen Platte C. Dann werden die Platten getrennt und außerhalb des Plattenkondensators werden die Ladungen der Platten ermittelt.

Berechnen Sie, welche Ladung sich auf der kleinen Platte B und wie viel Ladung sich auf der mittleren C Platte befindet.



*Berühren sich die Platten B und C im Innern des Kondensators, so werden durch Influenz auf ihnen Ladungen so getrennt, dass die eine Platte negativ und die andere positiv aufgeladen wird. Diese Trennung erfolgt aber nur auf der Fläche, an der sich die beiden Platten berühren. Bei den frei bleibenden Teilen der Platte C findet die Trennung nur auf der Vorder- und Rückseite der Platte C statt. Ausschlaggebend für die Ladung, die nach dem Entfernen der Platten aus dem Kondensator gemessen wird, ist also die Ladung auf der kleinsten Platte B.*

*Da es sich um ein homogenes Feld handelt, ist die Flächenladungsdichte der Platte B genau so groß wie die der felderzeugenden Platten P. Es gilt also:*

$$\sigma_B = \sigma_P \rightarrow \frac{Q_B}{A_B} = \frac{Q_P}{A_P} \rightarrow Q_B = \frac{Q_P}{A_P} \cdot A_B = \frac{8\text{ nC}}{40^2\text{ cm}^2} \cdot 5^2\text{ cm}^2 = \frac{1}{8}\text{ nC}$$

*Auf Platte C befindet sich dann auch eine Ladung von  $Q_C = \frac{1}{8}\text{ nC}$ , allerdings mit umgekehrtem Vorzeichen.*

- 4 Auf einem nicht leitenden senkrechten Stab können sich 2 Kugeln frei bewegen. Beide Kugeln haben die Masse  $m = 2\text{ g}$  und sind mit der Ladung  $Q = -60\text{ nC}$  geladen. Die obere Kugel wird durch eine abstoßende Kraft daran gehindert, vollständig hinunter zu fallen. Sie schwebt über der unteren Kugel, wobei die Mittelpunkte beider Kugeln den Abstand  $r$  besitzen.

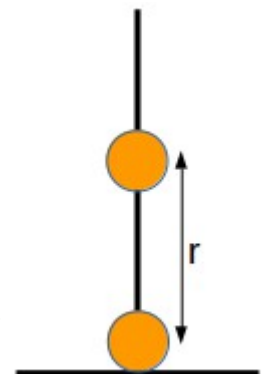
Berechnen Sie den Abstand  $r$ .

*Die untere Kugel liegt wegen der Gravitation auf der Unterlage auf und erzeugt ein radialsymmetrisches Feld. Die obere Kugel wird durch die Gewichtskraft  $F_G$  nach unten gezogen, durch eine gleich große elektrische Kraft  $F_E$  aber nach oben gedrückt. Daraus folgt:*

$$F_G = F_E \rightarrow m \cdot g = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot Q}{r^2} \rightarrow r^2 = \frac{Q^2}{m \cdot g \cdot 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \rightarrow r = \frac{Q}{\sqrt{m \cdot g \cdot 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}}$$

$$r = \frac{60 \cdot 10^{-9}\text{ C}}{\sqrt{2 \cdot 10^{-3}\text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}} = 0,04\text{ m} = 4\text{ cm}$$

*Der Abstand von Kugelmittle zu Kugelmittle beträgt also 4 cm.*



5 Zwischen 2 unterschiedlich geladenen parallelen Platten ist eine elektrisch negativ geladene Kugel an einem langen Faden aufgehängt. Durch elektrische Kräfte wird sie um die Strecke  $s$  nach rechts ausgelenkt.

5.1 Tragen Sie an der linken und der rechten Platte die Art der darauf befindlichen Ladung ein (+ und -).

links -, rechts +

5.2 Bekannt sind folgende Werte:

Länge des Fadens:  $L=2\text{ m}$

Auslenkung nach rechts:  $s=6\text{ cm}$

Masse der Kugel:  $m=5\text{ g}$

elektrische Feldstärke:  $E=1\cdot 10^6\frac{\text{N}}{\text{C}}$

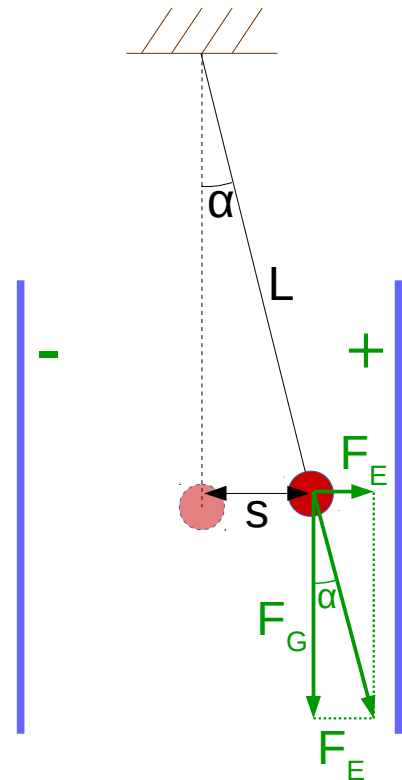
Berechnen Sie die Ladung  $Q_{\text{Kugel}}$  der Kugel.

Die Kraft, die den Faden spannt, setzt sich aus der elektrischen Kraft  $F_E$  und der Gravitationskraft  $F_G$  zusammen. Der Winkel  $\alpha$  hat in beiden rechtwinkligen Dreiecken denselben Wert. Daraus folgt:

$$\sin\alpha = \frac{s}{L} \rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{s}{L}\right); \tan\alpha = \frac{F_E}{F_G} = \frac{Q \cdot E}{m \cdot g} \rightarrow$$

$$Q_{\text{Kugel}} = \frac{m \cdot g}{E} \cdot \tan\alpha = \frac{m \cdot g}{E} \cdot \tan\left(\arcsin\left(\frac{s}{L}\right)\right) = \frac{5 \cdot 10^{-3}\text{ kg} \cdot 9,81\frac{\text{N}}{\text{kg}}}{1 \cdot 10^6\frac{\text{N}}{\text{C}}} \cdot \tan\left(\arcsin\left(\frac{6\text{ cm}}{200\text{ cm}}\right)\right) = 1,47 \cdot 10^{-9}\text{ C}$$

Die Ladung der Kugel beträgt also  $Q_{\text{Kugel}} = 1,47\text{ nC}$ .



Formeln und Werte

$$E = \frac{F}{Q} \quad \sigma = \frac{Q}{A} \quad \sigma = \epsilon_0 \cdot E \quad F_G = m \cdot g \quad \sin\alpha = \frac{GK}{HY} \quad \cos\alpha = \frac{AK}{HY} \quad \tan\alpha = \frac{GK}{AK}$$

$$V_{\text{Kugel}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad O_{\text{Kugel}} = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \quad E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \quad F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$\epsilon_0 = 8,854188 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}} \quad g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$