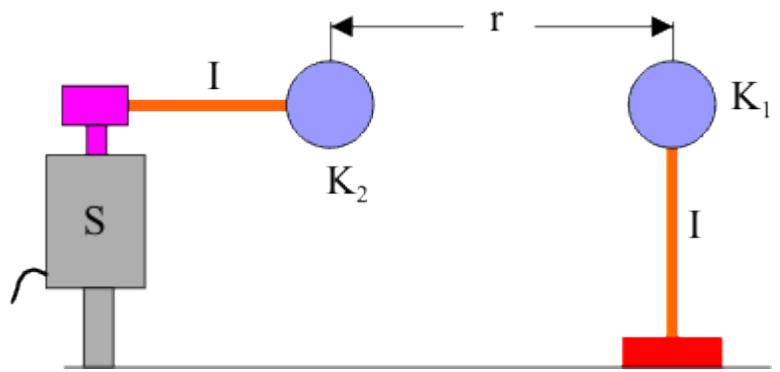


Aufgaben zum Coulomb – Gesetz – ausgegeben am 25.10.2012

Coulomb_2_25_10_2012.doc

1.Aufgabe: Mit dem abgebildeten Versuchsaufbau soll die Gültigkeit des Coulomb-Gesetzes im Schulversuch bestätigt werden. Eine an einem Isolierstab angebrachte massive Aluminiumkugel K_1 (Durchmesser $d = 38 \text{ mm}$) befindet sich zunächst in großer Entfernung von einer identischen Kugel K_2 , die über einen Isolierstab an einem Kraftsensor S befestigt ist. Die beiden anfangs elektrisch neutralen Kugeln werden nun mit Hilfe einer Hochspannungsquelle ($U = 16 \text{ kV}$) gleich stark positiv aufgeladen (Minuspol der Hochspannungsquelle geerdet). Bei Annäherung von K_1 an K_2 wird die auf K_2 wirkende Kraft F in Abhängigkeit vom Mittelpunktsabstand r gemessen. Die Messergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefasst:



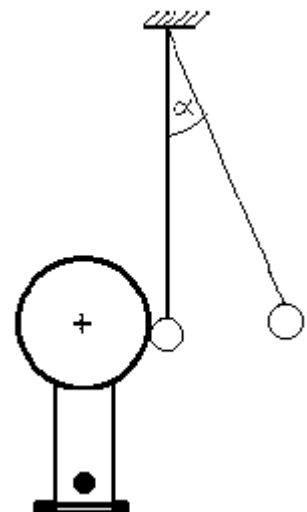
r in cm	4,0	5,0	6,0	8,0	10	15	20	25
F in mN	3,4	2,8	2,2	1,3	0,85	0,41	0,20	0,11

- a) Tragen Sie die Messwerte in ein $\frac{1}{r^2}$ -F-Diagramm ein. Begründen Sie, dass man mit dieser Darstellung leicht prüfen kann, ob sich die Kraft zwischen den Kugeln durch das Coulomb-Gesetz beschreiben lässt.
- b) Bei kleinen Abständen ergeben sich kleinere Kräfte, als nach dem Coulomb-Gesetz zu erwarten sind. Geben Sie hierfür eine Erklärung an.
- c) Welcher Wert ergibt sich aus der Auswertung der Messreihe für die Ladung Q einer Kugel?
- d) Berechnen Sie unter Anwendung des Coulomb-Potentials die Ladung Q' einer Kugel, die sich aus der beim Ladevorgang angelegten Spannung von 16 kV rechnerisch ergeben müsste. Hierbei ist von idealen Bedingungen auszugehen, d. h. der Kugelradius ist deutlich kleiner als alle auftretenden Abstände. [zur Kontrolle: $Q' = 34 \text{ nAs}$]
- e) Bestimmen Sie den Anteil der Elektronen der massiven Aluminiumkugel, der beim Ladevorgang (Ladung Q') abfließt.

2.Aufgabe: 1) Ein Bandgenerator dient als Spannungsquelle, um einen Plattenkondensator mit kreisförmigen Platten (Durchmesser $d = 256 \text{ mm}$, Plattenabstand $s = 4,3 \text{ mm}$) aufzuladen. Nach dem Aufladen erfolgt eine Trennung von Kondensator und Bandgenerator. Anschließend wird der Kondensator über einen Widerstand entladen und die Entladestromstärke gemessen. Der Widerstand der Messstrecke (Entladewiderstand und Innenwiderstand des Messgerätes) beträgt $R = 10 \text{ G}\Omega$. Es ergeben sich folgende Messwerte.

t in s	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	10,0
i in nA	114	71	44	28	17	7	2	0

- a) Skizzieren Sie eine Schaltung zur Ermittlung der Entladestromstärke. Zeichnen Sie das $I(t)$ -Diagramm. Bestimmen Sie die Ladung Q_0 des Kondensators zum Zeitpunkt $t = 0$. Erläutern Sie kurz eine weitere Möglichkeit, die im Kondensator gespeicherte Ladung zu ermitteln.
- b) Berechnen Sie die Kapazität des Plattenkondensators. Ermitteln Sie die Spannung U_0 zu Beginn des Entladevorgangs.
- 2) Bei einem auf die Spannung U aufgeladenen Kondensator, der von der Spannungsquelle getrennt ist, wird der Plattenabstand verdoppelt. Auf welche Werte ändern sich Ladung, Kapazität, Spannung, und die Feldstärke zwischen den Platten? Bezeichnen Sie die neuen Größen mit Q_1 , C_1 , U_1 und E_1 . Begründen Sie Ihre Aussagen.
- 3) In einem weiteren Experiment ist die große Metallkugel ($r_1 = 12,0 \text{ cm}$) eines Bandgenerators elektrisch positiv aufgeladen. Eine neutrale Kugel mit leitfähiger Oberfläche ($m = 2,0 \text{ g}$, $r_2 = 2,0 \text{ cm}$) hängt an einem isolierenden Seidenfaden. Sie wird mit der großen Kugel des



Bandgenerators in Kontakt gebracht, lädt sich auf und wird durch die elektrostatische Wechselwirkung ausgelenkt. Nach Einstellung des Kräftegleichgewichts liegen die Kugelmittelpunkte auf einer Horizontalen. Gemessen werden der Winkel $\alpha = 8,0^\circ$ und der Abstand der Kugelmittelpunkte $r = 16,6\text{cm}$.

- a) Berechnen Sie den Betrag der Abstoßungskraft, die erforderlich ist, um die Kugel in der Gleichgewichtslage zu halten. Betrachten Sie die Kugeln als Punktladungen.
 b) Berechnen Sie die elektrische Ladung jeder Kugel in dieser Gleichgewichtslage. Setzen Sie voraus, dass für die Ladungen der Kugeln $Q_1 / Q_2 = r_1 / r_2 = \text{gilt}$.

3.Aufgabe: Bestimmen Sie die elektrische Feldstärke und das elektrische Potenzial (P_0 im Unendlichen) in einem Punkt, der 10^{-10} m von einem Elektron entfernt ist.

4.Aufgabe: Berechnen Sie die Kraft, mit der sich zwei entgegengesetzt geladene Körper ($Q_1 = -Q_2 = 1,5 \cdot 10^{-9}\text{ C}$) im Abstand $r = 2,0 \cdot 10^{-7}\text{ m}$ a) in Luft b) in Glycerin c) in Wasser anziehen.

5.Aufgabe: Eine Probeladung von $8,34\text{ nC}$ ist 18 cm von einer Ladung entfernt und erfährt von dieser eine Kraft von 23 mN . a) Wie groß ist diese Ladung?
 b) In welchem Abstand hat sich die Kraft halbiert?

6.Aufgabe: a) Zwei kleine, isolierte Metallkugeln tragen $+31\text{ nC}$ und -23 nC Ladung. Wie groß ist die Kraft bei einem Abstand von 18 cm ?
 b) Die zwei Kugeln werden kurz in Kontakt gebracht. Wie groß ist danach die Kraft in 18 cm Abstand? Ist sie jetzt anziehend oder abstoßend?

7.Aufgabe: Zwei kleine Kugeln à $0,12\text{ g}$ werden an zwei 87 cm langen, isolierenden Seidenfäden am selben Punkt aufgehängt und gleichstark aufgeladen. Durch die Coulombkraft werden die Kugeln 14 cm auseinander getrieben. Wie groß ist die Ladung eines Kugelchens?

8.Aufgabe: Wie groß ist die Coulombsche Kraft zwischen einem Elektron und einem Proton in $0,83\text{ }\mu\text{m}$ Abstand?

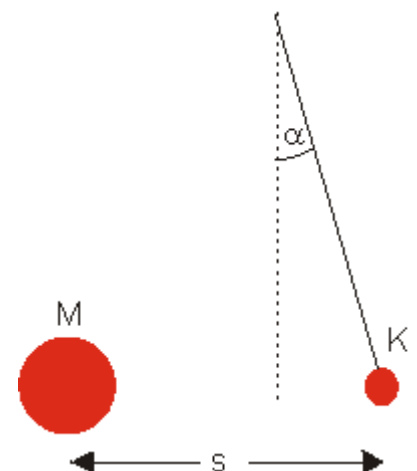
9.Aufgabe: Zwei Ladungen Q_1 und Q_2 haben Abstand d . Eine Probeladung q wird auf der Verbindungsgeraden platziert. In welchem Abstand von Q_1 ist die Probeladung kräftefrei, wenn
 a) $Q_1 : Q_2 = 1/4$ b) $Q_1 : Q_2 = -1/4$ c) Spielt das Vorzeichen von q oder Q_1 eine Rolle?

10.Aufgabe: Stellen Sie das Potenzial der Punkte zwischen den Platten eines Kondensators ($U = 50\text{ V}$, $d = 8\text{ cm}$) in Abhängigkeit von ihrem Abstand a in einem Diagramm dar. Legen Sie dabei den Bezugspunkt P_0 a) auf die positive, b) auf die negative Platte, c) in den Mittelpunkt. Vergleichen Sie die drei Darstellungen.

11.Aufgabe: Welche Arbeit wird verrichtet, wenn ein Körper mit der Ladung $Q = -4 \cdot 10^{-9}\text{ C}$ von einem Punkt, an dem ein Potenzial von $\varphi = +420\text{ V}$ herrscht, langsam zu einem Punkt gebracht wird, an dem ein Potenzial von $\varphi = -780\text{ V}$ herrscht?

12.Aufgabe: Eine isoliert aufgestellte Metallkugel M mit dem Radius $r = 5,0\text{ cm}$ trägt die positive Ladung Q . In der Nähe von M befindet sich eine isoliert aufgehängte Kugel K mit der Masse $m = 0,50\text{ g}$ und der positiven Ladung $q = 5,0 \cdot 10^{-9}\text{ C}$. In der Gleichgewichtslage befinden sich die beiden Kugelmittelpunkte auf gleicher Höhe; bei $s = 12\text{ cm}$ liegt ein Auslenkwinkel von $\alpha = 10^\circ$ vor.

- a) Berechnen Sie den Betrag der elektrischen Feldstärke, die von der Ladung Q am Ort des Mittelpunkts von K erzeugt wird.
 b) Berechnen Sie die Ladung Q sowie das zugehörige Potential φ_M auf der Oberfläche der Kugel M ($\varphi_0 = 0$ im Unendlichen).



13.Aufgabe: In der Beschreibung des Wasserstoffatoms durch das BOHR-Modell bewegt sich das Elektron im Grundzustand auf einer Kreisbahn mit dem Atomkern (=Proton) als Mittelpunkt. Der Radius der Kreisbahn ist $r = 5,29 \cdot 10^{-11}\text{ m}$, die Bahngeschwindigkeit des Elektrons auf der Kreisbahn ist $v = 2,19 \cdot 10^6\text{ m/s}$.

- a) Berechnen Sie das elektrische Potenzial des Protons am Ort des Elektrons im Grundzustand.
 b) Welche Energie muss dem Elektron zugeführt werden, damit es aus dem Wasserstoffatom entfernt und im Unendlichen die Geschwindigkeit Null hat?