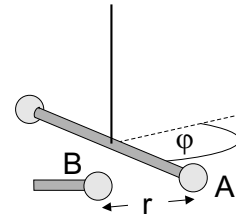


## ÜBUNGSAUFGABEN (I)

(Besprechung am Mittwoch, 22.4.15)

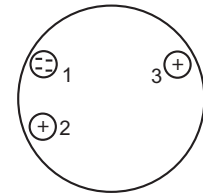
### Aufgabe 1: (3 Punkte)

Zur Begründung des Kraftgesetzes zwischen zwei Ladungen verwendete Coulomb im Jahr 1784 eine Torsionswaage bestehend aus einem an einen Faden hängenden Stab, an dessen zwei Enden identische Metallkugeln elektrisch isoliert angebracht waren (vgl. Skizze). Die Winkelauslenkung  $\varphi$  des Stabes aus der Ruhelage ( $\varphi=0$ ) ist dann proportional zum angreifenden Drehmoment. Coulomb übertrug eine Ladung  $Q_A$  auf die Kugel  $A$  des Stabes und positionierte eine Strecke  $r$  davon entfernt eine mit  $Q_B$  geladenen Kugel  $B$  an einem zweiten Stab. Entsprechend der wirkenden Kraft wurde dadurch die Torsionswaage um einen bestimmten Winkel  $\varphi(Q_A, Q_B, r)$  ausgelenkt. Coulomb kannte aber nicht die absolute Menge der auf die Kugeln übertragenen Ladungen. Wie konnte er trotzdem auf das Gesetz  $F \propto Q_A Q_B / r^2$  kommen? Beschreiben Sie ein mögliches experimentelles Vorgehen.



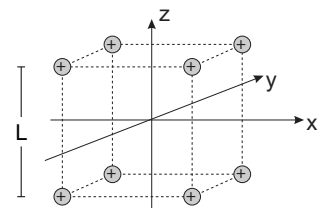
### Aufgabe 2: (3 Punkte)

Drei anfangs ruhende, identische Metallkugeln können sich in einem runden Billard nahezu reibungsfrei bewegen – die Skizze zeigt ihre Anfangspositionen. Kugel 1 trage die Ladung  $Q_1 = -4 \mu\text{C}$ , die beiden anderen Kugeln haben die Ladungen  $Q_2 = Q_3 = +1 \mu\text{C}$ . Diskutieren und skizzieren Sie qualitativ die Lagen sowie die Ladungen der Kugeln kurz vor jedem der auftretenden Zusammenstöße und für die stationäre Endsituation.



### Aufgabe 3: (4 Punkte)

Acht identische Punktladungen mit  $Q = 10^{10} \cdot e$  sind in den Ecken eines gedachten Würfels mit Kantenlänge  $L = 1 \text{ cm}$  positioniert (siehe Skizze). Der Mittelpunkt des gedachten Würfels liege im Ursprung des kartesischen Koordinatensystems. Berechnen Sie die Gesamtkräfte, die jeweils auf eine der Ladungen ausgeübt wird, und bestimmen Sie deren Richtung.



1

Coulomb hängte das Torsionspendel in unterschiedlichem Abstand von der geladenen Masse und erkannte somit:

$$\varphi \sim F \quad \text{und} \quad \varphi \sim 1/r^2$$

Daraus schloss er  $F \sim 1/r^2$  (✓)

Indem er die Ladungen der Massen A und B separat voneinander erhöhte, erkannte er den Zusammenhang: wie?

$$\varphi \sim Q_A \quad \varphi \sim Q_B$$

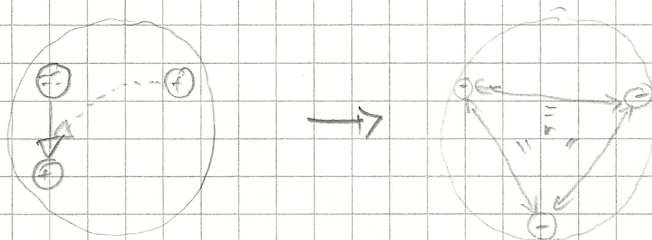
Auch daraus schloss er

$$F \sim Q_A \cdot Q_B$$

Demnach gilt  $F \sim \frac{Q_A \cdot Q_B}{r^2}$

✓

2



Zuerst stoßen  $Q_1$  und  $Q_2$  zusammen und gleichen ihre Ladungen zu  $Q_{1,1} = Q_{2,1} = -1,5 \mu C$  aus. Daraufhin stößt noch  $Q_3$  dazu + und gleich auch wieder aus. Dies geht so weiter + bis alle Kugel eine Ladung  $Q = \frac{2}{3} \mu C$  haben und in einem Dreieck mit möglichst großem Abstand ✓ voneinander liegen

1,5

3

$$L = 0,01 \text{ m}$$

$$Q = 10^{10} \cdot e$$

Kraft auf jede Punktladung:

$$F_{\text{ges}} = 3 \cdot F_1 + 3 \cdot F_2 + F_3$$

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(10^{10} \cdot e)^2}{(0,01 \text{ m})^2} = 9 \cdot 10^{33} \cdot e^2 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(10^{10} \cdot e)^2}{(\sqrt{(0,01 \text{ m})^2 + (0,01 \text{ m})^2})^2} = 4,5 \cdot 10^{33} \cdot e^2 \text{ N}$$

$$F_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(10^{10} \cdot e)^2}{(\sqrt{(0,01 \text{ m})^2 + (0,01 \text{ m})^2 + (0,01 \text{ m})^2})^2} = 3 \cdot 10^{33} \cdot e^2 \text{ N}$$

$$F_{\text{ges}} = 16,5 \cdot 10^{33} \cdot e^2 \text{ N}$$

Zahlenwerte erst am Ende einsetzen.