

Coulomb'sches Gesetz mit Drehwaage

Lösung

r in cm	4.0	5.0	6.0	8.0	10	15	20	25
$1/r^2$ in cm^{-2}	0.063	0.040	0.028	0.016	0.010	0.0044	0.0025	0.0016
F in mN	3.4	2.8	2.2	1.3	0.85	0.41	0.20	0.11

Tabelle 1: Messwerte

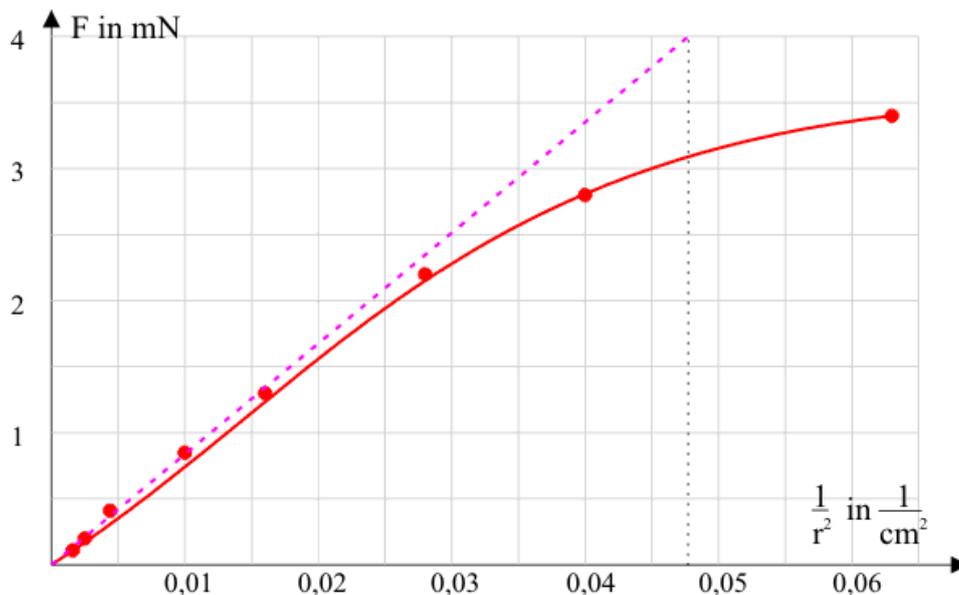


Abbildung 1: Diagramm in Abhängigkeit von Kraft und Radius

1. Würde eine $1/r^2$ -Abhängigkeit der Kraft vorliegen, so müsste sich in dem obigen Diagramm eine Ursprungsgerade ergeben. Wie man sieht, ist dies nicht der Fall.
2. Die Kugeln beeinflussen sich aufgrund ihrer Ladung gegenseitig. Weil die Kugeln keine Punktladungen sind, ist das Coulombgesetz nicht vollumfänglich anwendbar.
3. Für grössere r -Werte wird die rote Messkurve durch eine Ausgleichsgeraden angenähert. Für die Steigung m der Ausgleichsgeraden erhält man

$$m = \frac{\Delta F}{\Delta(1/r^2)} = \frac{4.0 \cdot 10^{-3}}{0.0475 \cdot 10^4} \text{Nm}^2 \approx 8.4 \cdot 10^{-6} \text{Nm}^2$$

Für die Coulombkraft zwischen den beiden Kugeln mit Ladung q gilt

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow q = \sqrt{4\pi\epsilon_0} \cdot F \cdot r^2 = \sqrt{4\pi\epsilon_0 \cdot m}$$

$$q = 3.1 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

4. Für das Coulombpotential einer Kugel mit einer Ladung q' gilt

$$\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q'}{r} \quad \text{mit} \quad \varphi(\infty) = 0$$

Dieses Potential muss für $r = R$ (Kugelradius) gleich der Ladespannung sein

$$U = \varphi(R) - \varphi(\infty) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q'}{R} \Rightarrow q' = 4\pi\epsilon_0 \cdot U \cdot R = 3.4 \cdot 10^{-8} \text{ C} .$$

5. Die Zahl N_1 der abgewanderten Elektronen ist gegeben durch

$$N_1 = \frac{q'}{e} = 2.1 \cdot 10^{11}$$

Die Zahl N_2 der Elektronen in der Aluminiumkugel mit Radius R lassen sich wie folgt bestimmen

$$N_{Al} = \frac{m_{Kugel}}{M_{Al}} = \frac{\rho_{Al} \cdot V}{27 \text{ u}} = \frac{\rho_{Al} \cdot 4/3\pi R^3}{27 \text{ u}} = 1.73 \cdot 10^{24}$$

Die Kernladungszahl von Aluminium ist $Z_{Al} = 13$. Damit kann nun auf die Anzahl der Elektronen in der Kugel geschlossen werden

$$N_2 = Z_{Al} \cdot N_{Al} = 2.3 \cdot 10^{25}$$

Somit kann das gesuchte Verhältnis bestimmt werden

$$\frac{N_1}{N_2} = 9.0 \cdot 10^{-15} .$$