

0.1 13. Hausaufgabe

0.1.1 Zusammenfassung der Seiten 194–197

Flächenladungsdichte

Versuche legen die Vermutung nahe, dass der Quotient aus felderzeugender Ladung Q und der Fläche der Kondensatorplatten A proportional zur elektrischen Feldstärke \mathcal{E} ist. Die Proportionalitätskonstante ε_0 heißt elektrische Feldkonstante und beträgt $8,8542 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}}$.

$$\frac{Q}{A} = \varepsilon_0 \mathcal{E};$$

Möglichkeit zur Bestimmung der Feldstärke eines Feldes

Bringt man zwei sich berührende, gleich große, kleine Metallplatten an Isoliergriffen in ein elektrisches Feld, so stellt sich wegen elektrischer Influenz ein Ladungsungleichgewicht ein: positive und negative Ladungen trennen sich und befinden sich dann auf jeweils einer Platte.

Insgesamt betrachtet sind die zwei Platten natürlich noch neutral, da sich die Ladung Q der einen Platte mit der Ladung $-Q$ der anderen Platten ausgleicht. Wenn man nun aber die beiden Platten – noch innerhalb des Feldes – trennt und dann – auch außerhalb des Feldes – die auf einer Platte befindliche Ladung Q misst, kann man auch die elektrische Feldstärke \mathcal{E} bestimmen:

$$\frac{Q}{A} = \varepsilon_0 \mathcal{E}; \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} \frac{Q}{A};$$

Dabei bezeichnet A die Größe der Metallplatten.

Obwohl man diese Möglichkeit der Feldstärkenbestimmung streng genommen nur in homogenen Feldern anwenden darf, kann man sie, wenn man sehr kleine Metallplatten nimmt, auch auf inhomogene Felder übertragen, mit der Begründung, dass inhomogene Felder in einem genügend kleinen Raum annähernd homogen sind. Auf diese Weise arbeiten auch Elektrofelmeter.

Das COULOMBSche Gesetz

Durch verschiedene Versuche ergibt sich ein Gesetz, welches

die elektrische Kraft F_{el} beschreibt, mit der sich zwei geladene Körper mit den Ladungen Q_1 und Q_2 , die sich im Abstand r zueinander befinden, anziehen:

$$F_{\text{el}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2};$$

Bemerkenswerterweise fällt eine deutliche Ähnlichkeit mit dem NEWTONschen Gravitationsgesetz auf:

$$F_{\text{grav}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2};$$

Die beiden Gesetze unterscheiden sich also nur in ihren Konstanten und darin, ob Massen oder Ladungen in die Rechnung mit eingehen.

Potenzial im Radialfeld einer Ladung

Das Potenzial $\varphi(r)$ im Radialfeld einer Ladung Q , wobei als Bezugspunkt „das Unendliche“ genommen wird, berechnet sich durch

$$\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r};$$

0.1.2 Buch Seite 197, Aufgabe 1

Berechnen Sie die Kraft, mit der sich zwei gleich geladene Körper mit der Ladung a) $Q = 35 \mu\text{C}$ im Abstand $r = 12 \text{ cm}$ und b) $Q = 1 \text{ C}$ im Abstand $r = 1 \text{ m}$ abstoßen.

a) $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{r^2} = 0,76 \text{ kN};$

b) $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{r^2} = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N};$

0.1.3 Buch Seite 197, Aufgabe 2

Der Abstand zwischen Proton und Elektron im Wasserstoffatom sei $d = 10^{-10} \text{ m}$. Das Proton trägt die Ladung $Q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, das Elektron eine gleich große negative.

a) Wie groß ist die COULOMBkraft, mit der sich die beiden Teilchen anziehen?

$$F_{\text{el}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d^2} = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ N};$$

(Zentripetalbeschleunigung $a = \frac{F}{m} \gg g$)

b) Wie groß ist die Gravitationskraft zwischen den beiden Teilchen?

$$(m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg})$$

$$F_G = G \frac{m_p m_e}{d^2} = 1,0 \cdot 10^{-47} \text{ N};$$

c) In welchem Verhältnis stehen elektrostatische Anziehungskraft und Gravitationskraft? Hängt das Verhältnis vom Abstand der Teilchen ab?

$$\frac{F_{el}}{F_G} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 G} \frac{Q^2}{m_p m_e} = 10^{39};$$

Das Verhältnis hängt nicht vom Abstand der Teilchen ab.

0.1.4 Buch Seite 197, Aufgabe 3

Zwei Punktladungen $Q_1 = 2 \text{ C}$ und $Q_2 = 8 \text{ C}$ haben den Abstand $d = 1 \text{ m}$. In welchem Punkt ist die Feldstärke Null?

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 q}{r_1^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_2 q}{(d-r_1)^2}; \Rightarrow r_{a,b} = \dots;$$

$$\frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{Q_1}{Q_2}; \text{ (folgt aus } F(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} = \mathcal{E}q;)$$

(Benötigte Zeit: 63 min)