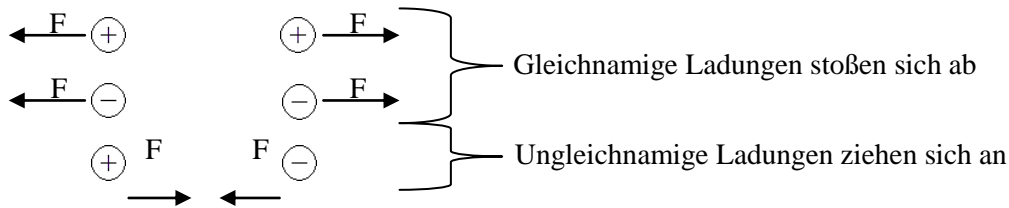


Elektrische Ladungen und elektrisches Feld



Die Ladungen stammen aus den Atomen

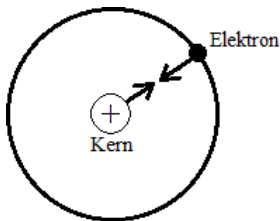
Atomkern:

- Neutronen (neutral)
 - Protonen (positiv)
- } schwer

Atomhülle:

- Elektronen (negativ)
- } leicht

Die meisten elektrischen Phänomene sind auf die hohe Beweglichkeit der Elektronen zurück zu führen.

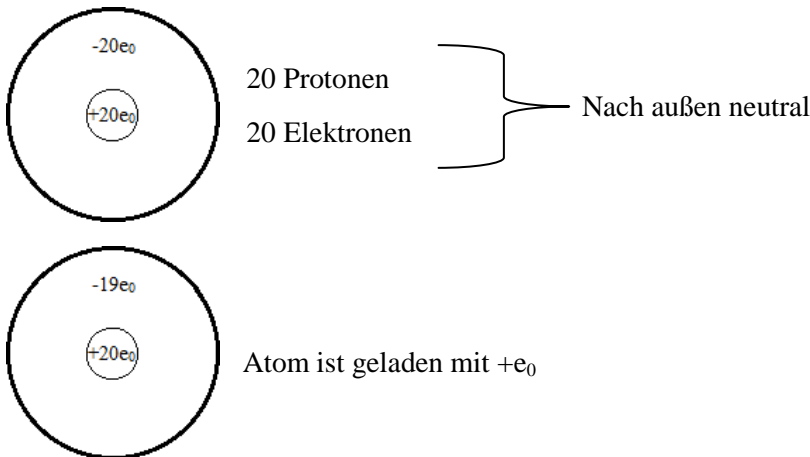


Die elektrostatischen Anziehungskräfte halten das Atom zusammen (und damit alle Materie) Materie erscheint nach außen neutral, weil gleich viele positive und negative Ladungen vorhanden sind, diese kompensieren sich nach außen.

Die elektrostatische Elementarladung:

$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb

Gegenstände erscheinen geladen, wenn sie nicht mehr gleich viele positive und negative Elementarladungen enthalten.



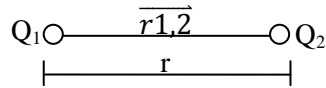
Bewegung von Ladungen:

- Protonen (+): Bewegen sich „eigentlich“ nicht
- Elektronen (-): In Leitern (Metall, Kohle), ganz leicht.
In Nichtleitern (Kunststoff, Glas) keine Bewegung. Bleiben auf der Oberfläche sitzen, falls vorhanden.

Das Coloumb-Gesetz:

Die Kraft zwischen zwei Punktladungen Q_1 und Q_2 ist:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{Q_1 * Q_2}{r^2} * \frac{\vec{r}_{1,2}}{r}$$



F: Kraft, die von Q_1 auf Q_2 ausgeübt wird.

ϵ_0 : Dielektrizitätskonstante, $\epsilon_0 = 8,854 * 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$

r: Abstand der Ladungen

$\vec{r}_{1,2} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$: Verbindungsvektor von Q_1 nach Q_2

$\frac{\vec{r}_{1,2}}{r}$: Einheitsvektor (Betrag = 1) der die Richtung der Kraft vergibt.

π : Kreiszahl $\pi = 3,1415\dots$

Einheiten:

- F : N (Newton)
- r : m (Meter)
- Q : Cb (Coulomb)

Rechenbeispiel:

Zwei Ladungen von $+0,05\mu C$ und $-0,05\mu C$ stehen sich in einem Abstand von 10cm gegenüber.

- a) Wie groß ist die Kraft zwischen den Ladungen?
- b) In welcher Richtung wirkt sie?
- c) Aus wie vielen Elementarladungen besteht sie?

Gedanke)

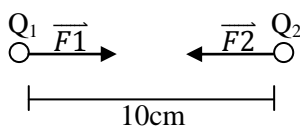
$\vec{F} = \frac{Q_1 * Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} * \frac{\vec{r}_{1,2}}{r}$ Da der hintere Teil der Formel $\frac{\vec{r}_{1,2}}{r}$ lediglich die Richtung angibt, betrachtet man den Betrag der Kraft (skalar) und kommt damit auf folgendes:

a)

$$\begin{aligned} F &= \frac{Q_1 * Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{0,05 * 10^{-6} C * (-0,05) * 10^{-6} C}{4\pi * 0,01 * 8,854 * 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} * (0,1m)^2} \\ &= \frac{-0,05^2 * 10^{-12} C^2}{4\pi * 0,01 * 8,854 * 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} * m^2} \\ &= -2,25 * 10^{-3} N \end{aligned}$$

$$|F| = 2,25 * 10^{-3} N$$

b)



c)

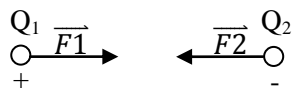
$$Q = n * e_0 \quad n = \frac{Q}{e_0}$$

Man beachte:

- Einheiten mitführen (multiplizieren, kürzen, quadrieren,...)
- Verwenden Sie MKSA-Einheiten (Meter, Kilogramm, Sekunde, Ampere)
- Vorzeichen beachten!
- Vernünftige Zahl, signifikante Stellen : 3 bis 4

Elektrostatische Kräfte	Gravitationskräfte
$F = \frac{Q_1 * Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \approx \frac{1}{r^2}$ <p><u>Kompensieren</u> sich im „Großen“ Beherrscht Mikrokosmos (Atome & Moleküle)</p>	$F = \frac{m_1 * m_2 * s}{r^2} \approx \frac{1}{r^2}$ <p><u>Akkumulieren</u> sich im „Großen“ Beherrscht Weltall</p>

Das elektrische Feld



Ladung \$Q_1\$ erzeugt eine „Wirkung“ die von Ladung \$Q_2\$ „gespürt“ wird. \$Q_2\$ kann entfernt oder ausgetauscht werden, die Wirkung bleibt. Sie heißt elektrisches Feld.

Elektrisches Feld = „Raumzustand“ in dem eine zweite elektrische Ladung eine Kraft erfährt.

Probeladung \$q\$ = Sensor für elektrisches Feld

Definition: Das elektrische Feld ist die im Raum vorhandene Kraftwirkung auf geladene Körper pro Ladungseinheit.

Mit Probeladung \$q : F = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2} * q\$

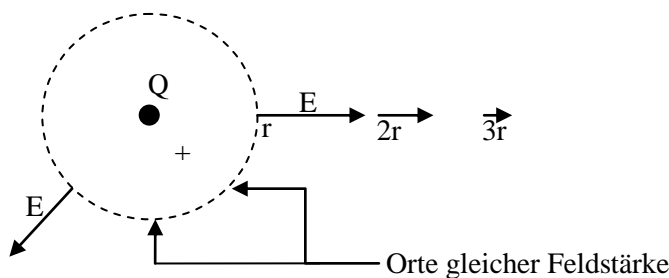
$E = \frac{F}{q} \rightarrow E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

Elektrisches Feld unabhängig von Probeladung \$q\$!

Vektoriell:

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} * \frac{\vec{r}_{1,2}}{r}$

Elektrisches Feld einer Punktladung



Hinweis: Im Bereich um Radius \$r\$ um eine Punktladung \$Q\$ ist die Feldstärke überall gleich.

Kraft auf Probeladung q

$$\vec{F} = \vec{E} * q$$

Wenn q positiv: Gleiche Richtung wie E

Wenn q negativ: Entgegengesetzte Richtung wie E

Typische elektrische Felder

Radiowellen: $10^{-1} \frac{N}{C}$

Stromleitungen (Wohnung): $10^{-2} \frac{N}{C}$

Atmosphäre: $10^2 \frac{N}{C}$

Unter Gewitterwolke: $10^4 \frac{N}{C}$

Röntgenröhre: $10^6 \frac{N}{C}$

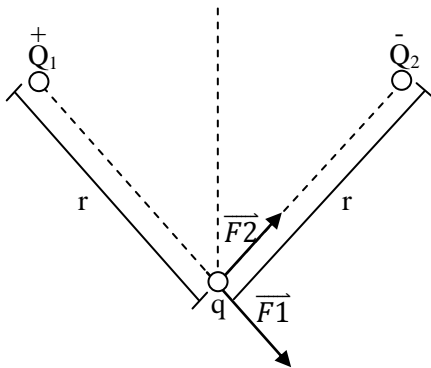
Elektron auf Bahn im Wasserstoffatom: $10^{11} \frac{N}{C}$

Oberfläche Uran-Kern: $10^{21} \frac{N}{C}$

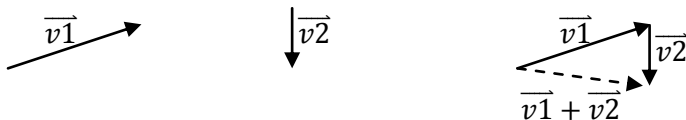
Elektrisches Feld mehrerer Ladungen:

Die Felder überlagern sich ohne sich zu stören. An einer Probeladung erzeugt jedes Feld eine Kraft, die Kräfte addieren sich vektoriell.

Beispiel: $Q_2 = -0,5 * Q_1$



Einschub: Addition von Vektoren → Man verschiebt die Vektoren, sodass diese ein Dreieck bilden bei dem der Boden fehlt!



Rechenbeispiel:

Wie groß ist die elektrische Feldstärke an einem Ort, an dem eine Kraft von $3 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ auf eine Probeladung $q = 10 \text{ nC}$ in x-Richtung wirkt?

Vorsilben: 1, milli (m) 10^{-3} , mikro (μ) 10^{-6} , nano (n) 10^{-9} , pico (p) 10^{-12} , femto (f) 10^{-15} , kilo (k) 10^3 , Mega (M) 10^6 , Giga (G) 10^9 , Tera (T) 10^{12}

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

$$\vec{F} = \begin{pmatrix} 3 \cdot 10^{-4} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \vec{E} = \begin{pmatrix} Ex \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$E_x = \frac{Ex}{q} = \frac{3 \cdot 10^{-4} \text{ N}}{10^{-8} \text{ C}} = 0,3 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} 0,3 \cdot 10^5 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

