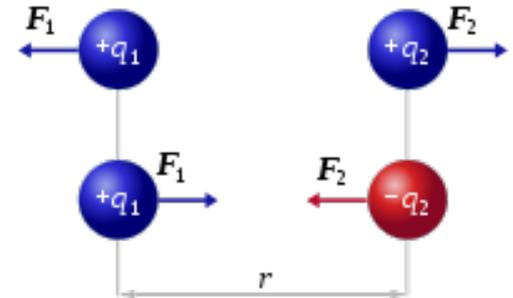


Elektrizität

Neben der Masse als fundamentaler Eigenschaft von Teilchen können diese auch eine elektrische Ladung q tragen. Tragen zwei Teilchen im Abstand r von einander jeweils eine Ladung, q_1 und q_2 , wirkt eine Kraft zwischen ihnen gemäß:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$



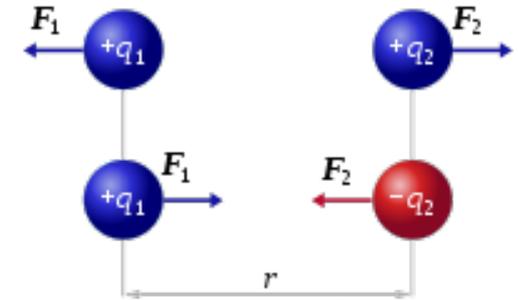
wobei ϵ_0 die **Dielektrizitätskonstante des Vakuums** ist. Sie wird auch **elektrischer Feldkonstante**, oder **Permittivität des Vakuums** genannt.

Das obige Gesetz wird als Coulomb-Gesetz bezeichnet und beschreibt je nach Vorzeichen der Ladungen eine Abstoßung oder eine Anziehung. Eine anziehende (attraktive) Kraft ist negativ und eine abstoßende (repulsive) Kraft ist positiv.

Elektrizität

Vergleichen wir das Coulomb-Gesetz mit dem Gravitationsgesetz, so fällt auf, dass beide Gesetz die gleiche mathematische Struktur haben:

$$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}, \quad F_M = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}.$$



Es gibt jedoch zwei wesentliche Unterschiede:

1. Zum einen sind Massen immer positiv und ziehen sich daher an, während Ladungen sowohl positive als auch negativ sein können.
2. Die Proportionalitätskonstanten $(4\pi\epsilon_0)^{-1} \approx 9 \cdot 10^9 \text{Nm}^2(\text{As})^{-2}$ und $\gamma \approx 7 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2(\text{kg})^{-2}$ unterscheiden sich von ihren Zahlenwerten um 20 Größenordnungen!

Elektrizität

Um die Coulomb- und die Gravitationskraft zu vergleichen, können wir ein Wasserstoffatom aus einem negativ geladenen Elektron und einem positiv geladenen Proton betrachten. Die anziehende Coulomb-Kraft zwischen Elektron und Proton ist 10^{40} mal stärker als die Gravitationskraft zwischen den beiden Teilchen.

Elektron und Proton tragen die kleinste quasi unteilbare Ladung der Natur. Sie wird als Einheitsladung e bezeichnet hat den Wert

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{As.}$$

Die alte Einheit der Ladung ist das Coulomb C , dass im internationalen Einheitensystem, dem *Système international d'unités* oder kurz *SI*, durch die Einheiten des Ladungsstromes und der Zeit ausgedrückt wird:

$$1 C = 1 \text{As (Amperesekunde).}$$

Elektrizität

Ein wichtiges physikalisches Konzept ist das eines Feldes. So ruft eine Ladung q_1 im Raum ein elektrisches Feld hervor, in dem eine andere Ladung q_2 eine Kraft spürt:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 \cdot q_1}{r^2} \cdot \vec{e}_r = q_2 \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r^2} \cdot \vec{e}_r = q_2 \cdot \vec{E}$$

Also ist das Feld einer Ladung q

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \cdot \vec{e}_r$$

Diese Feld ist radialsymmetrisch, d.h. es zeigt bei positiver Ladung von ihr weg und bei negativer Ladung zu ihr hin.

Elektrische Felder sind vektorielle Größen und müssen entsprechend addiert werden, wenn die Felder zweier Ladungen sich überlagern.

Elektrizität

Ein elektrisches Feld als Zustand des Raumes wird durch sogenannte Feldlinien dargestellt. Wie bei einem Strömungsfeld sind die Feldlinien um so dichter, je stärker das Feld ist.

Feldlinien haben folgende Eigenschaften:

1. Sie schneiden einander nie
2. Sie führen von positiven zu negativen Ladungen
3. Sie stehen senkrecht auf Metalloberflächen

Innerhalb metallischer Körper sind Elektronen frei beweglich, so dass sich Elektronen in einem elektrischen Feld immer entgegen der Feldlinien zu einer Seite des Körpers bewegen, bis sich die Felder innerhalb des Körpers ausgeglichen haben.

Das Innere des Körpers ist feldfrei.



Elektrizität

Wenn in einem elektrischen Feld E eine Kraft F auf Ladungen q wirkt und diese dadurch über eine Strecke s bewegt wird, leistet das elektrische Feld eine Arbeit W :

$$W = F \cdot s = q \cdot E \cdot s$$

Durch Umstellung lässt sich eine Spannung U mit Einheit 1 Volt (V) definieren, die der geleisteten Arbeit W pro Ladung q gleich ist:

$$U = \frac{W}{q} = \frac{F \cdot s}{q} = E \cdot s.$$

Anders ausgedrückt hat eine Ladung q in einem elektrischen Feld E eine potentielle Energie $q \cdot U$, die durch eine Arbeit W umgewandelt werden kann in eine andere Energieform, z.B. kinetische Energie, wenn die Ladung im elektrischen Feld beschleunigt wird.

Elektrizität

Die Spannung U wird auch als Potentialdifferenz bezeichnet. Sie drückt das Potential, d.h. die Fähigkeit eines elektrischen Feldes aus, an einer Ladung q die Arbeit $W = q \cdot U$ leisten zu können.

Wir können uns nun eine Batterie als einen sogenannten Kondensator vorstellen, also eine Anordnung zweier leitender Körper (kurz *Leiter*), die von einander isoliert sind, so dass in einem der Leiter ein negativer und im anderen ein positiver Ladungsüberschuss existieren kann.

Die Spannung U zwischen den beiden Leitern dieser Batterie wird proportional zur Ladungsdifferenz q zwischen den Leitern sein:

$$Q = C \cdot U.$$

C ist die Proportionalitätskonstante. Sie ist die **Kapazität** des Kondensators und trägt die Einheit Farad: $1 \text{ F} = 1 \text{ As/V}$

Elektrizität

Einen Körper bezeichnen wir als geladen, wenn er einen Überschuss an negativen oder positiven Ladungen aufweist. Wenn er in elektrischen Kontakt mit einem andern Körper gebracht wird, gleicht sich die Ladungsdifferenz durch Ladungsfluss aus. Dabei ist es im Allgemeinen so, dass zwischen Metallen Elektronen fließen, während die sogenannten positiv geladenen Atomrümpfe an ihren Plätzen im Material existieren.

Die durch einen Draht fließende Ladung pro Zeit bezeichnen wird durch die Stromstärke I gemessen. Ihre Richtung wird von 'Plus' nach 'Minus' als technische Stromrichtung definiert. Tatsächlich fließen die Elektronen vom negativen zum positiven Pol.

In Lösungen und Gasen können sich geladene Ionen (z.B. Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , I^-) relativ frei bewegen.