Coulomb-Kraft zwischen zwei Punktladungen

$$\boldsymbol{F}_C = (1/4\pi\varepsilon_o)\, q_1 \cdot q_2 / r^2 \qquad (\textit{Coulomb-Gesetz})$$

Elektrisches Feld einer Punktladung

$$\boldsymbol{E} = (1/4\pi\varepsilon_o)\, q_1/r^2$$

Coulomb-Potential einer Punktladung

$$\varphi = -(1/4\pi\varepsilon_o)\, q_1/r$$

Komplexe Ladungsverteilung bzw. „Potentialgebirge“

Die Richtung der Kraft entspricht einem **Vektor** in Richtung maximaler Steigung im „Potentialgebirge“. Der E-Feld-Vektor wird durch die Ableitung des Potentials nach x-, y-und z-Richtung erhalten. Man nennt dies 'Gradientenbildung' und schreibt auch

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) = -\mathrm{grad}\, [\varphi(\boldsymbol{r})]$$

Der Plattenkondensator

$$E = (1/\varepsilon_o)\ q/A$$

*mit der Definition der Kapazität [**C = Q/U**] gilt*

$$C = \varepsilon_o\ A/d$$

Für den Kondensator *mit* Dielektrikum:

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_o\ A/d\ .$$

Die im Kondensator **gespeicherte Ladung** hat eine hohe **potentielle Energie** (man sagt auch, das ***elektrische Feld*** **speichert** **Energie**). Diese Energie ($E_{\text{Kondensator}}$) kann man aus der Potentialdifferenz sowie der Ladung errechnen:

$$E_{\text{Kondensator}} = \tfrac{1}{2}\ CU^2$$

Beschleunigung im Feld eines Plattenkondensators (z.B. in Kathodenstrahlröhre):

$$E = U / d$$

$$F = e\ U / d$$

Im Vakuum:

$$a = e\ U / (d\ m)$$

Der elektrische Strom

Einheiten*:** den elektrischen **Strom** misst man in Einheiten C/s ≡ As/s = A (Ampère), die **Spannung** in Einheiten J/As ≡ V (Volt), den **Widerstand** in Einheiten V/A ≡ Ohm (abgekürzt Ω). Man definiert auch die elektrische **Leitfähigkeit** *L* als ***Kehrwert des Widerstandes *R*:

$$L = 1/R$$

mit der Einheit 1/Ω (≡ Siemens, 1 S = 1 Ω^{-1}).

Die Größen Strom *I*, Spannung *U* und Widerstand *R* (oder Leitfähigkeit *L*) sind in vielen Fällen über das **Ohm'sche Gesetz** verknüpft:

$$\boldsymbol{U = IR} \quad \text{oder} \quad \boldsymbol{I = LU} \quad \text{oder} \quad \boldsymbol{R = U/I}$$

Das Ohm'sche Gesetz ist eine Näherung das oft, aber nicht immer hinreichend gut ist.

Allgemeiner gilt: $R = dU/dI$

Stromkreise

1) Kirchhoff'sche **'Maschenregel':**

$$\Sigma_{\text{i um Kreis}}\ U_i = 0 \qquad (\textit{Energieerhaltung})$$

--wobei Spannungen ***in*** Stromrichtung *positiv*,
--Spannungen in ***Gegen***stromrichtung *negativ*
--und Spannungen von ***Stromquellen*** *negativ*
zu nehmen sind.

---

2) Kirchhoff'sche **'Knotenregel':**

$$\Sigma_{\text{i am Punkt}}\ I_i = 0 \qquad (\textit{Ladungserhaltung})$$

--wobei Ströme zum Punkt ***hinein*** *negativ*,
--Ströme vom Punkt ***hinaus*** *positiv*
zu nehmen sind.

.. aber: Die obigen Kirchhoff'schen Regeln „hängen“ an einer Definition der Vorzeichen von Strömen und Spannungen, die nicht „intuitiv“ ist (und nicht in guter Übereinstimmung mit den meist üblichen Stromrichtungen und Spannungsvorzeichen ist).

In der Praxis besser (zumindest für Gleichströme) ist die folgende Variante bzw. Formulierung:

1) Wenn eine Spannung U_0 über zwei oder mehr Widerständen angelegt wird, dann ist die Summe der Spannungen über den einzelnen Widerständen (U_1, U_2, ..) gleich der angelegten Spannung. Also:

$$\Sigma_i U_i = U_0$$

2) Bei einer Parallelschaltung von Widerständen ist die Summe der Ströme (I_1, I_2, ..) durch die einzelnen Widerstände gleich dem Gesamtstrom (I_{Ges}). Also:

$$\Sigma_i I_i = I_{Ges}$$

Ferner gilt (für Gleichströme zu jedem Zeitpunkt):

Der Elektronenstrom, der am negativen Pol aus eine Spannungsquelle (Netzteil, Batterie, ..) herausfließt ist genau so groß, wie der Elektronenstrom der am positiven Pol in die Spannungsquelle hineinfließt.

Parallel- und Reihenschaltungen von Widerständen und Kondensatoren

bei der **Reihenschaltung** gilt:

$U_0 = U_1 + U_2$ (Maschenregel)

und $I_0 = I_1 = I_2$ (Knotenregel);

=> Für Widerstände: $\mathbf{R_{Ges} = R_1 + R_2}$

bzw. für Leitwerte $\mathbf{1/L_{Ges} = 1/L_1 + 1/L_2}$

Für Kapazitäten gilt: $\mathbf{1/C_{Ges} = 1/C_1 + 1/C_2}$

bei der **Parallelschaltung** gilt:

$I_0 = I_1 + I_2$ (Knotenregel)

und $U_0 = U_1 = U_2$ (Maschenregel);

=> Für Leitwerte: $\mathbf{L_{Ges} = L_1 + L_2}$

bzw. für Widerstände $\mathbf{1/R_{Ges} = 1/R_1 + 1/R_2}$

Für Kapazitäten gilt: $\mathbf{C_{Ges} = C_1 + C_2}$