

Elektrisches Feld





Bilder: http://www.meteoros.de/bildarchiv/view.php?gallery_id=73

Die elektrische Ladung

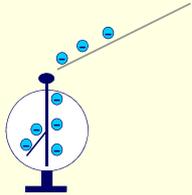
Die elektrische Ladung Q eines Körpers gibt an, wie groß dessen Elektronenüberschuss oder Elektronenmangel ist.

$Q = I \cdot t$ ($I = \text{konst.}$) $[Q] = C$ ($1C = 1 \text{ As}$)

Nachweisgerät: Elektroskop

Aufgabe:
Durch eine Glühlampe fließt ein Strom von 400 mA. Wie groß ist die elektrische Ladung, die in einer halben Stunde durch die Lampe transportiert wird? Wie viele Elektronen wandern in dieser Zeit durch den Leiterquerschnitt?

$Q = 0,4 \text{ A} \cdot 1800 \text{ s} = 720 \text{ C}$ $720 \text{ C} : e = 4,5 \cdot 10^{21} \text{ Elektronen}$



[Applet](#) © Doris Walkowiak 2011

Eigenschaften elektrischer Ladungen

- Jede elektrische Ladung ist ein Vielfaches der Elementarladung e mit $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Es gibt positive und negative elektrische Ladungen (Elektronen und Protonen als Träger der kleinsten negativen bzw. positiven Ladungen)
- Ladungstrennung ist durch Reibung möglich
- Körper mit Elektronenüberschuss sind negativ geladen, Körper mit Elektronenmangel positiv
- gleichnamig geladene Körper stoßen sich ab, ungleichnamig geladene ziehen sich an
- Nachweis elektrischer Ladungen durch Kraftwirkung auf geladene und ungeladene Körper

[Kräfte zwischen Ladungen](#) © Doris Walkowiak 2011

Coulombsches Gesetz

Kraftwirkung zwischen zwei geladenen Kugeln

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad \epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm (elektrische Feldkonstante)}$$

Bedingung: Kugeldurchmesser klein gegenüber Abstand r der Kugelmittelpunkte

Beispiel: Kraftwirkung zwischen Proton und Elektron im Wasserstoffatom (Radius des Atoms: $0,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$) ($9,22 \cdot 10^{-8} \text{ N}$)



[Applet](#) © Doris Walkowiak 2011

Das elektrische Feld

Eigenschaften:

- Entstehung im Raum um geladene Körper
- erkennbar an Kraftwirkung auf geladene und ungeladene Körper
- Träger von Energie
- Ausbreitung von Veränderungen ist nicht an einen Stoff gebunden und erfolgt mit Lichtgeschwindigkeit im Vakuum
- es erfolgt ein Energie- jedoch kein Stofftransport

http://physics.bu.edu/~duffy/semester2/c02_fieldlines_single.html © Doris Walkowiak 2011

Die elektrische Feldstärke

Die elektrische Feldstärke gibt an, wie groß die Kraft auf einen elektrisch geladenen Probekörper im elektrischen Feld ist.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} \quad [E] = \frac{V}{m} \left(1 \frac{V}{m} = 1 \frac{N}{C} \right)$$

Beispiele für Feldstärken:

kurz vor Blitzschlag in Luft	$E = 3,2 \times 10^6 \text{ V/m}$
zwischen Hochspannungsleitung	$E = 1 \times 10^5 \text{ V/m}$
elektrisches Erdfeld bei schönem Wetter	$E = 1,3 \times 10^2 \text{ V/m}$
für Radioempfang (Stereo)	$E = 50 \times 10^{-6} \text{ V/m}$

[Applet](#) © Doris Walkowiak 2011

Feldlinienmodell

- treten stets senkrecht aus der Oberfläche des geladenen Körpers aus
- Richtung von + nach -
- je größer der Abstand der Feldlinien, desto kleiner die Feldstärke
- geben die Richtung der Kraft auf eine positive Ladung an

Beispiele:

[einzelne Ladung, Dipol, zwei Ladungen](#)
[verschiedene Feldstärken](#)

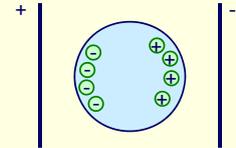


© Doris Walkowiak 2011

Influenz

= Ladungstrennung in Leitern durch äußeres E-Feld

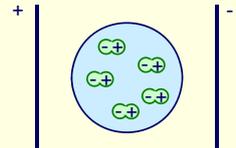
- Elektronen wandern in Richtung Pluspol



Polarisation

= Ladungsverschiebung in Nichtleitern durch äußeres E-Feld

- Elektronen verschieben sich innerhalb des Atoms
- es entstehen Dipole



© Doris Walkowiak 2011

Faradayscher Käfig

- allseitig geschlossene Hülle aus einem elektrischen Leiter (z. B. Drahtgeflecht oder Blech)
- äußeres E-Feld → im Inneren feldfrei
- Ladungsverteilung nur auf der Oberfläche

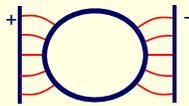


Bild: [wikipedia](#)

Anwendungen:

- Blitzableiter
- Blitzschutz im Auto
- Abschirmung von Kabeln

[Blitzschlag Cabrio](#)



© Doris Walkowiak 2011

Feldstärke und Arbeit

Voraussetzung:

- homogenes elektrisches Feld eines Plattenkondensators

elektrische Feldstärke: $E = \frac{U}{s}$

elektrische Arbeit: $E = \frac{F}{Q}$

$F = E \cdot Q \rightarrow F \cdot s = E \cdot Q \cdot s \rightarrow W = E \cdot Q \cdot s \rightarrow W = Q \cdot U$



© Doris Walkowiak 2011

Beschleunigung einer Ladung im elektrischen Feld

$E_{\text{elek}} \rightarrow E_{\text{kin}} \rightarrow Q \cdot U = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}}$

für Elektron: $v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}$

Energie eines Elektrons/Protons:

$W = Q \cdot U \rightarrow W = e \cdot U \rightarrow \Delta E = e \cdot \Delta U$

Wenn ein Elektron/Proton mit einer Spannung von 1V beschleunigt wird, so ändert sich seine Energie um 1 eV.

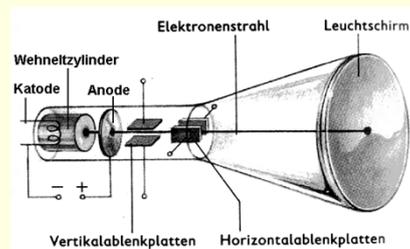
$1 \text{ eV} = 1 e \cdot 1 \text{ V} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



© Doris Walkowiak 2011

Anwendungen

- elektrostatisches Lackieren
- Elektronenstrahlröhre



© Doris Walkowiak 2011

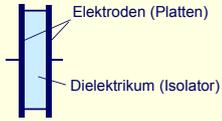
Der Kondensator



- Bauelement zur Speicherung elektrischer Energie



Aufbau:



- Das Dielektrikum verstärkt durch Polarisation die Stärke des elektrischen Feldes.

besondere Bauformen:

- Elektrolytkondensator (Elko)
- Drehkondensator (Drehko)



Bilder: [Elektronik-Kompendium](#)

13 © Doris Walkowiak 2011

Die Kapazität

Die Kapazität C eines Kondensators gibt an, wie viele elektrische Ladungen er speichern kann.

$$C = \frac{Q}{U} \quad (\text{homogenes Feld}) \quad [C] = F$$

$$\Delta Q = I \cdot \Delta t \quad (I = \text{konstant})$$

Die Kapazität eines Plattenkondensators ist umso größer,

- je größer die Plattenoberfläche (A)
- je kleiner der Plattenabstand (d)
- je besser die Dipolbildung im Dielektrikum (je größer die relative Dielektrizitätszahl ϵ_r)

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

ϵ_0 ... elektrische Feldkonstante

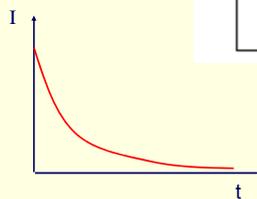
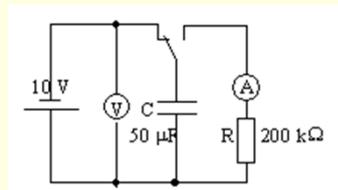
$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$$

14 © Doris Walkowiak 2011

Entladekurve eines Kondensators

$I \neq \text{konstant}$

$Q = ???$



$$\text{Zeitkonstante: } \tau = R \cdot C$$

$$\text{Halbwertszeit: } T_h = \tau \cdot \ln(2)$$

http://schulen.eduhi.at/riedoym/physik/10/elektrizitaet/kondensator/applet/circuit_rc.htm

15 © Doris Walkowiak 2011

Quellen

- <http://www.thomas-unkelbach.de/p/e/efb/efbindex.html>
- [Blitze](#)
- [verschiedenste Applets](#)
- [Elektronik-Kompendium](#)

16 © Doris Walkowiak 2011