

Elektrisches Feld

Eigenschaften ruhender Ladungen

Eigenschaften von Ladungen:

- positive (Elektronenmangel) und negative (Elektronenüberschuss) Ladungen
- sind trennbar
- sind übertragbar
- gleiche Ladungen stoßen sich ab
- unterschiedliche Ladungen ziehen sich an
- Kraftwirkung auf ungeladene Körper

Metalle

Isolatoren

Influenz

Polarisation

Ladungstrennung unter Einfluss
eines anderen geladenen Körpers aufgrund von
Kraftwirkungen

Ladungsträgerverschiebung
im
mikroskopischen Bereich

Ladungstrennung:

Durch Ladungstrennung entstehen aus elektrisch neutralen Körpern positiv geladene Körper und negativ geladene Körper.

Ladungstrennung erfolgt durch:

- Reibung
- Wärme
- Strahlung

Nachweisgeräte:

- Elektroskop
- Glimmlampe

Physikalische Größe Ladung

Die Ladung eines Körpers gibt an, wie groß sein Elektronenüberschuss bzw. sein Elektronenmangel ist.

Formelzeichen: Q

Einheit: $1\text{C} = 1\text{A}\cdot\text{s}$

Coulomb'sches Gesetz: $F = \frac{1}{4\cdot\pi\cdot\epsilon_Q\cdot\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1\cdot Q_2}{r^2}$

ϵ_Q ... elektrische Feldkonstante $8,8541878\cdot 10^{-12}\text{C}\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$

ϵ_r ... Permittivitätszahl oder Dielektrizitätszahl (Luft ≈ 1)

Q_1, Q_2 ... elektrische Ladungen der Körper in C

r ... Abstand der Massenmittelpunkte

Bestimmung der Elementarladung e:

2. Faraday'sches Gesetz: $Q = n \cdot z \cdot F$

n... Stoffmenge (kmol)

z... Wertigkeit

F... Faradaykonstante = $9,6485 \cdot 10^7 \frac{\text{C}}{\text{kmol}}$

- für die Stoffmenge 1kmol eines einwertigen Ions ist die Ladung $9,6485 \cdot 10^7 \text{ C}$ nötig
- 1kmol enthält $6,022 \cdot 10^{26}$ Teilchen (Avogadro-Konstante)

$$e = Q_{1 \text{ Ion}} = \frac{9,6485 \cdot 10^7 \text{ C}}{6,022 \cdot 10^{26}} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

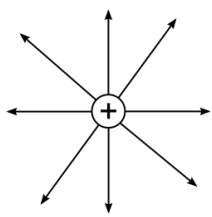
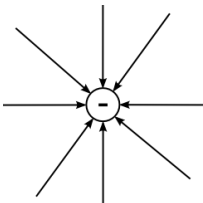
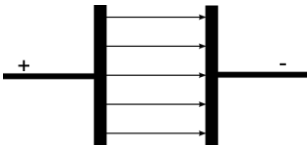
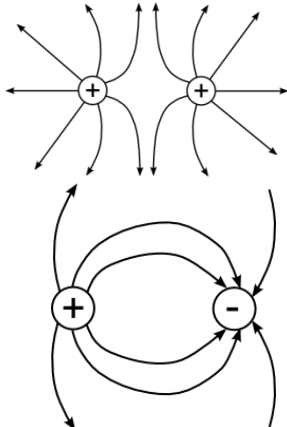
Das elektrische Feld

Im Raum um geladene Körper besteht ein elektrisches Feld. Ein elektrisches Feld erkennt man an den Kräften auf (un)geladenen Körpern.

Elektrische Felder lassen sich mit Hilfe von Feldlinien(elektrische Kraftlinien) veranschaulichen:

- Kraft nach Coulomb'schen Gesetz von jeder Ladung auf Probeladung berechnen
- vektorielle Kräfteaddition

Feldlinienbilder:

radiales Feld einer positiven Ladung	radiales Feld einer negativen Ladung	homogenes Feld (parallele Feldlinien)	inhomogenes Feld (nichtparallele Feldlinien)
			

Die Feldlinien...

- geben an jedem Punkt des elektrischen Feldes die Richtung der dort wirkenden elektrostatischen Kraft an
- verlaufen von der positiven Ladung zur negativen Ladung
- beschreiben die Bewegung einer positiven Probeladung im elektrischen Feld
- treten senkrecht aus der Oberfläche eines geladenen Körpers auf
- überschneiden sich nicht

Die elektrische Feldstärke

Die elektrische Feldstärke in einem Punkt gibt an, wie groß die Kraft je Ladung in diesem Punkt ist.

Formelzeichen: E

Einheiten: $\frac{N}{C}$; $\frac{V}{m}$

Gleichung: $E = \frac{F}{Q}$

F ... Kraft auf einen positiv geladenen Körper

Q ... Ladung dieses Körpers (Probeladung)

umgestellt nach der Kraft: $F_{el} = Q \cdot E$

Für das homogene Feld im Inneren eines Plattenkondensators kann die elektrische Feldstärke berechnet werden mit der Gleichung:

$$E = \frac{U}{d}$$

U ... Spannung zwischen den Platten

d ... Abstand der Platten

für Radialfelder folgt aus dem Coulomb'schen Gesetz:

$$E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_Q \cdot \epsilon_r} \cdot \frac{Q_1}{r^2}$$

Q_1 ... felderzeugende Ladung

r ... Abstand von der felderzeugenden Ladung

Kondensator

- 2 elektrisch leitende Körper durch Isolator getrennt
- Anschluss an elektrische Quelle $\Rightarrow$ Kondensator wird geladen
- Lösen von elektrischer Quelle $\Rightarrow$ Ladung bleibt erhalten

- Kapazität C des Kondensators: $C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{E \cdot d} = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$

- Einheit der Kapazität: $1 \frac{C}{V} = 1F$ (Farad)

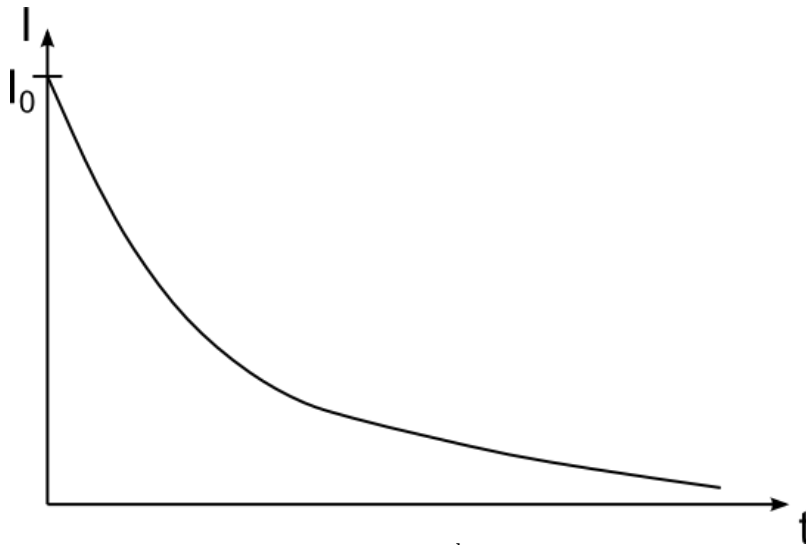
- $E' = \frac{1}{\epsilon_r} \cdot E$

- Parallelschaltung: $Q = Q_1 + Q_2 = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U$
 $C_{Ersatz} = C_1 + C_2$

- Reihenschaltung: $U = U_1 + U_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$

$$\frac{1}{C_{Ersatz}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Entladekurve eines Kondensators:



Funktionsgleichung: $y = f(x) = a \cdot e^{-bx}$

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-kt}$$

k... Entladekonstante

$$k = \frac{1}{R \cdot C}$$

Die Fläche unter der Kurve ist ein Maß für die gespeicherte Ladung Q:

$$Q = \int I(t) dt$$

wenn I = konstant folgt: $Q = I \cdot t$

Gespeicherte Energie im Kondensators:

Vergleich Mechanik: Fläche im F(s)-Diagramm war ein Maß für die verrichtete Arbeit und damit der Energieänderung.

$$W = F \cdot s = E \cdot Q \cdot s = Q \cdot U \quad \text{wenn } F_{\text{el}} = \text{konstant}$$

Interpretation: Die Fläche unter der Kurve im U(Q)-Diagramm ist ein Maß für die gespeicherte elektrische Energie im Kondensator.

$$E_{\text{el}} = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U \quad \text{mit } Q = C \cdot U \quad \text{folgt:}$$

$$E_{\text{el}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

Arbeit und Energie im elektrischen Feld

- allgemein: die Fläche im F(r)-Diagramm ist ein Maß für die verrichtete Arbeit
- jeder geladene Körper hat im elektrischen Feld potenzielle Energie
- $\Delta E_{\text{pot}} = W = \int F \, dr$