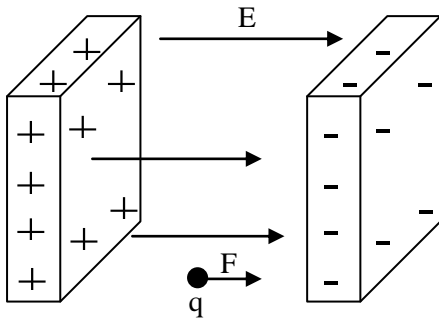


$$\left. \begin{aligned} \vec{F} &= \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} * \frac{\vec{r}_{1,2}}{r} \\ E &= \frac{F}{q} \rightarrow F = E * q \\ \vec{E} &= \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2} * \frac{\vec{r}_{1,2}}{r} \end{aligned} \right\} \text{Kleine Formelübersicht}$$

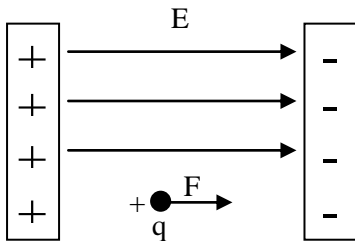
Der Kondensator



Anziehung zwischen den positiven und negativen Ladungen.
 → Eine größere Anzahl Ladungen lässt sich speichern.
 = Höhere Kapazität.

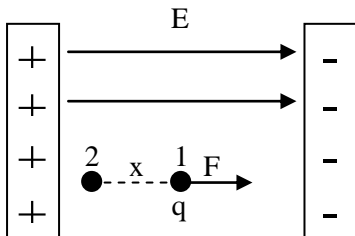
Plattenkondensator

Homogenes elektrisches Feld zwischen den Platten.



$$F = E * q$$

Annahme: Bewegung von +q um den Weg x zur positiven Platte hin.



Aus der Mechanik weiß man: Arbeit = Kraft * Weg

Hier: $W = F * x = E * q * x$

Die Arbeit hängt ab von:

1. Ladungszustand (E)
2. Dem Wegstück (x)
3. Stärke der Probeladung (q)

Den Einfluss der Probeladung ausschalten → Teilen durch q:

$$W = E * q * x$$

$$\frac{W}{q} = E * x = \text{Arbeit pro Ladung}$$

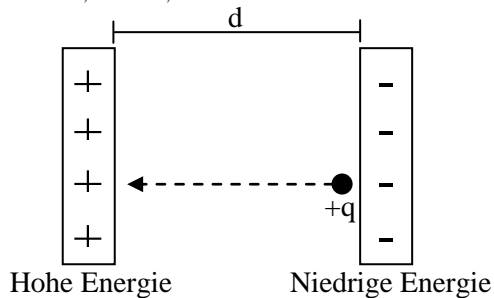
Dies ist die elektrische Spannung U zwischen Punkt 1 und Punkt 2.

$$U = E \cdot x$$

Weg von 1 nach 2 → Arbeit wird verrichtet

Weg von 2 nach 1 → Arbeit wird frei

$$U_{1,2} = -U_{2,1}$$



Wenn die Probeladung den kompletten Abstand d durchläuft: $U = E \cdot d$

Spannung am Kondensator = Feldstärke * Plattenabstand

$$[U] = [E] \cdot [d] = \frac{N}{C} \cdot m = \frac{Nm}{C} = \frac{Joule}{C} = \frac{J}{C} = Volt = V$$

$$[E] = \frac{N}{C}$$

Da aber $E = \frac{U}{d}$ ist, gilt auch $[E] = \frac{[U]}{[d]} = \frac{V}{m}$ (sehr üblich)

Warum ist Arbeit wichtig?

- Energie ist gespeicherte Arbeit.
- Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu verrichten

Beispiel:

- Fass bergauf rollen, Arbeit wird verrichtet, umgewandelt in Lageenergie.
- Fass rollt bergab, Lageenergie wird wieder frei (Anwendung: Speichersee)

Arbeit und Energie haben die gleiche Einheit: $[W] = J = Joule = Nm$

Energieerhaltung:

- Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden, sie wird nur von einer Form in eine andere umgewandelt.

Positive Ladung:

- Bewegung von \ominus nach \oplus : Energie wird zugeführt
- Bewegung von \oplus nach \ominus : Energie wird frei

Auch im Stromkreis (später)

Begriff der Spannung

Spannung ist immer mit E-Feld verbunden → Bewegung der Ladung (= elektrischer Stromfluss)

Übliche Spannungen:

- Batterie: 1,5V bis 9V
- Akku: 1,2V bis 24V
- Haushalt: 230V bis 400V
- Überlandleitung: 400000V
- Mikroprozessoren: 1V bis 5 V

Rechenbeispiel:

Kondensator mit $E = 12000 \frac{V}{m}$, Plattenabstand $d = 1cm$

Gesucht:

- a) Die Spannung U zwischen den Platten
- b) Die verrichtete Arbeit, wenn ein Elektron von \oplus nach \ominus bewegt wird.

a) $U = E * d = 12000 \frac{V}{m} * 0,01m = 120V$

b) $W = F * d = E * q * d = E * d * q = U * q$

Beim Elektron:

$W = U * (-e0) = 120V * 1,6 * 10^{-19}C = 1,92 * 10^{-17}VC$

$V = \frac{Nm}{C}$

$V * C = \frac{Nm}{C} * C = Nm = J$

$W = 1,92 * 10^{-17}J$

Aufnahmefähigkeit des Kondensators = Kapazität C

$Kapazität = \frac{Ladung}{Spannung}$ (Bauart bedingt)

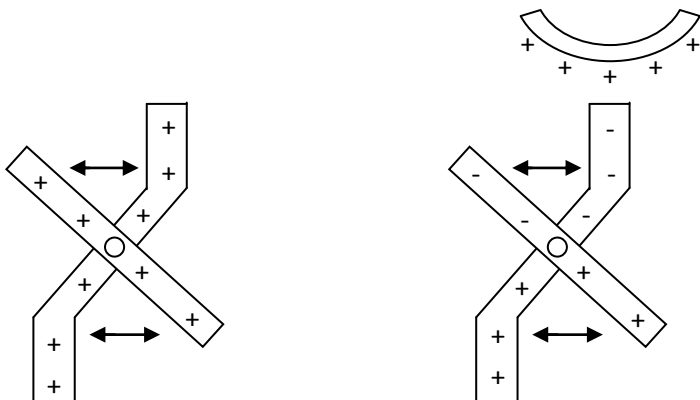
$C = \frac{Q}{U}$

Einheit: $\frac{C}{V} = Farad = F$

Meistens Bruchteile: $mF = 10^{-3}F$; $\mu F = 10^{-6}F$; $nF = 10^{-9}F$; $pF = 10^{-12}F$

Kunststoffrohre => Gleiches Material => Stößt sich ab

Kunststoffrohr + Glasrohr => Verschiedenes Material => Zieht sich an \approx Verschiedene Ladungen



Aufladung des Elektroskops

Influenz am Elektroskop

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

Kapazität eines Kondensators

$$C = \frac{Q}{U} \text{ (Bauart bedingt)}$$

Lässt sich aus den Konstruktionsdaten berechnen. (Luft zwischen Platten)

$$C = \epsilon_0 * \frac{A}{d}$$

A: Fläche einer Platte (A für Area)

d: Abstand der Platten

ϵ_0 : $8,854 * 10^{-12} \frac{As}{Vm}$ Dielektrizitätskonstante

$$C = \frac{Q}{U} \mid * U : C$$

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\epsilon_0 * \frac{A}{d}} = \frac{Q}{\frac{\epsilon_0 * A}{d}} = \frac{Q * d}{\epsilon_0 * A} = \frac{Q}{\epsilon_0 * A} * d$$

Hilfe: $C = \epsilon_0 * \frac{A}{d}$

Kondensator mit Dielektrikum

Dielektrikum = Materie zwischen den Platten (im Versuch Plexiglas)

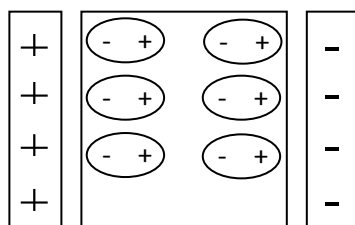
$$C = \epsilon_r * \epsilon_0 * \frac{A}{d}$$

ϵ_r = relative Dielektrizitätszahl (Materialkonstante)

$$\epsilon_r \geq 1$$

Dielektrikum	ϵ_r
Vakuum	1,0
Luft	1,006
Papier	3,7
Plexiglas	3,4
Tantaloxid	27
Glimmer	4 bis 10
Bariumtitanat	>1000

Wichtig ist hierbei aber auch die Durchschlagsfestigkeit des Materials (maximale Feldstärke)



Dielektrikum

Rechenbeispiel: $C = \frac{Q}{U}$

Ein Kondensator mit $3\mu F$ Kapazität trägt $0,3mC$ Ladung. Welche Spannung liegt an?

Gegeben: $C = 3\mu F$, $Q = 0,3mC$

Gesucht: U

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{0,3mC}{3\mu F} = \frac{0,3 \cdot 10^{-3} C}{3 \cdot 10^{-6} \frac{C}{V}} = 0,1 \cdot 10^3 V = 100V$$

Welche Fläche müssen die Platten eines Plattenkondensators haben, damit er bei einem Plattenabstand von $0,15mm$ $C = 1F$ Kapazität hat? (Luftkondensator)

$$C = \epsilon_r * \epsilon_0 * \frac{A}{d} \text{ gesucht: } A$$

$$A = \frac{C * d}{\epsilon_r * \epsilon_0} = \frac{1F * 0,15 * 10^{-3} m}{1,006 * 8,854 * 10^{-12} \frac{As}{Vm}} = 0,01694 * 10^9 * \frac{Cm * Vm}{VC} = 16,94 * 10^6 m^2$$

Konstruktion Kondensator: $d = 10^{-6} m$

$$\text{Feldstärke } E = \frac{U}{d}, \text{ z.B. bei } 10V \ E = \frac{10V}{10^{-6} m} = 10^7 \frac{V}{m}$$