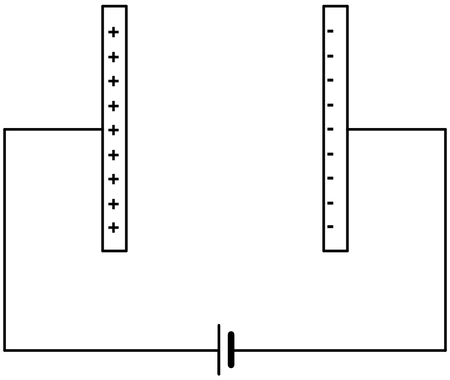
I. Elektrostatik

==

1.1 Das elektrische Feld eines Plattenkondensators

Ein ***Plattenkondensator*** besteht aus zwei sich parallel gegenüberliegenden Metallplatten.



Legt man an die zwei Platten eines solchen Kondensators die Pole einer Spannungsquelle, dann fließt kurzzeitig Strom und die Platten laden sich entgegengesetzt auf.

Der Ladungsbetrag Q, den jede Kondensatorplatten aufnimmt, ist dabei proportional zur angelegten Spannung U.

$$Q \sim U \quad \Leftrightarrow \quad \frac{Q}{U} = \text{konst.}$$

Der Quotient $\frac{Q}{U}$ gibt an, welcher Ladungsbetrag Q beim Anlegen einer Spannung von 1 V auf die Platten fließt und heißt deshalb ***Kapazität*** des Plattenkondsators.

$$\boxed{C = \frac{Q}{U}} \qquad [C] = 1\,\frac{As}{V} = 1\,F\ (\text{Farad})$$

Die Kapazität eines Plattenkondensators ist durch seine geometrische Abmessungen bestimmt.

Ist A die Größe einer Kondensatorplatte und d der gegenseitige Abstand der beiden Platten, dann gilt

$$C \sim \frac{A}{d} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{C \cdot d}{A} = \text{konstant.}$$

Die Proportionalitätskonstante ist eine Naturkonstante und heißt ***Dielektrizitätskonstante ε_0*** des Vakuums

$$\boxed{\varepsilon_0 = 8{,}85187817 \cdot 10^{-12}\,\frac{As}{Vm}}.$$

Die Kapazität eines Kondensators im luftleeren Raum ergibt sich sich demnach zu

$$\boxed{C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}}$$

Gibt man einen Isolator - ein ***Dieelektrikum*** - zwischen die Kondensatorplatten, dann erhöht sich seine Kapaziät um einen Faktor ε_r.

$$\boxed{C = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}}$$

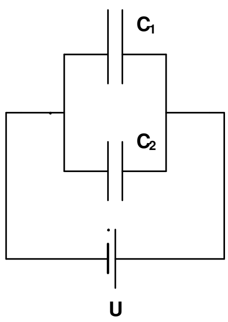
ε_r heißt relative ***Dieelektrizitätszahl*** und ist eine Materialkonstante.

Dieelektrizitätszahlen verschiedener Medien :

Vakuum	1 (per Definition)
Luft	1,00054
Teflon	2,1
Benzin	2,28
Polystyrol	2,5
Papier	3,3
Gummi	6,7
Methylalkohol	33,6
Wasser	81

Parallelschaltung von Kondensatoren

Legt man an zwei parallel geschaltete Kondensatoren mit den Kapaziäten C_1 und C_2 die Spannung U, dann laden sich die Platten mit



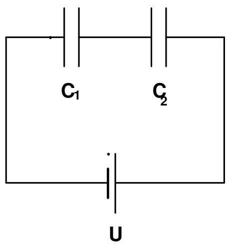
$Q_1 = C_1 \cdot U$ bzw. $Q_2 = C_2 \cdot U$

auf. Die Gesamtkapazität der Schaltung beträgt dann

$$C = \frac{Q_1 + Q_2}{U} = \frac{C_1 \cdot U + C_2 \cdot U}{U} = C_1 + C_2$$

Reihenschaltung von Kondensatoren

Legt man die Spannung U an zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren mit den Kapazitäten C_1 und C_2, dann trägt jeder Kondensator die gleiche Ladung Q



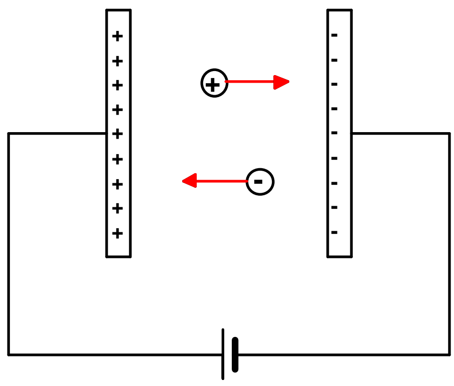
Die Spannungen U_1 und U_2 an den Kondensatoren addieren sich zur Gesamtspannung U.

$$U = U_1 + U_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{U}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Für die Gesamtkapazität $C = \frac{Q}{U}$ der Schaltung gilt also $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$.

1.2 Das elektrische Feld

Auf jede Ladung im Raum zwischen den beiden Platten eines Kondensator wirkt eine Kraft $\vec{F}$.



Eine positive Ladung q erfährt eine zur negativ geladenen Platte hin gerichtete Kraft, ist q negativ, dann zeigt die Kraft zur positiv geladenen Platte.

Allgemein nennt man ein Raumgebiet, in dem auf geladene Körper Kräfte wirken, ein ***elektrisches Feld***.

Dabei ist der Betrag der wirkenden Kraft zum Betrag der Ladung des Körpers, der sich im Feld befindet, proportional.

Ist $\vec{F}$ die Kraft, die auf eine kleine positive Probeladung q an einem bestimmten Punkt ausgeübt wird, dann heißt

$$\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}} \qquad [E] = 1\frac{N}{C} = 1\,\frac{V}{m}$$

die **elektrische Feldstärke** $\vec{E}$ in diesem Punkt.

Beachte :

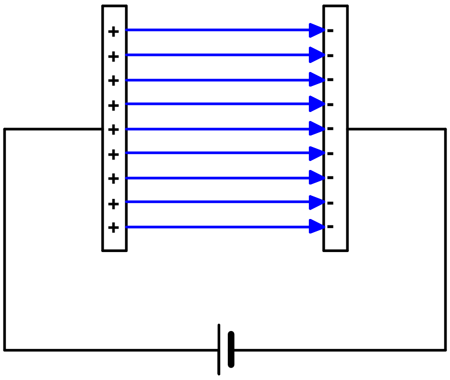
Die elektrische Felstärke $\vec{E}$ ist ein Vektor, der in gleiche Richtung wie die Kraft auf eine positive Ladung zeigt.

Linien, deren Tangentenrichtungen in jedem Punkt mit der Richtung des elektrischen Feldes in diesem Punkt übereinstimmen; heißen ***elektrische Feldlinien***.

Die Kraft auf eine Ladung im Innenraum eines Plattenkondensators ist -abgesehen von den Randbereichen - in allen Punkten gleich groß d.h. die Feldstärke ist in allen Punkten gleich.

Man nennt ein derartiges elektrisches Feld ***homogen***.

Man veranschaulicht ein homogenes elektrisches Feld durch äquidistante Feldlinien.



Um eine positive Probeladung q von der negativ geladenen Platte zur positiv geladenen Platte zu bringen, muss gegen die elektrische Feldkraft $\vec{F}$ Arbeit verrichtet werden.

Für den Betrag W dieser Arbeit gilt

$$W = F \cdot d = q \cdot E \cdot d = q \cdot U \quad \Rightarrow \quad E = \frac{U}{d}$$

Für den Betrag E der Stärke des Feldes im Innenraum eines Kondensators, zwischen dessen Platten die Spannung U herrscht, gilt

$$\boxed{E = \frac{U}{d}} \qquad [E] = 1\,\frac{V}{m} = 1\,\frac{N}{As}$$

Die Ladungen sind auf den Kondensatorplatten gleich verteilt.

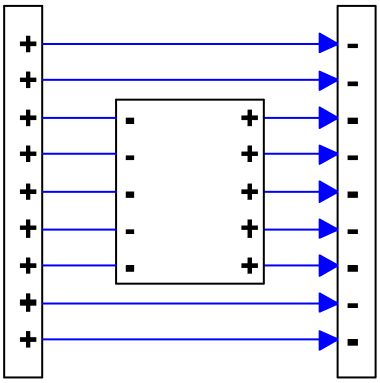
Die Flächenladungsdichte σ gibt die Ladung pro Flächeneinheit an.

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{C \cdot U}{A} = \frac{\varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot U}{A} = \varepsilon_0 \cdot E \text{ und damit } E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Man nennt den Vektor $\vec{D} = \varepsilon_0 \cdot \vec{E}$ auch ***elektrische Flussdichte***.

1.3 Influenz und dieelektrische Verschiebung

Elektrische Feldlinien beginnen und enden auf Ladungen.



Bringt man einen quaderförmigen Körper aus Metall in das Feld eines Plattenkondensators, dann bewegen sich die freien Leitungselektronen im Quader zu der, der positiv geladen Kondensatorplatte gegenüberliegenden Seite. Die gegenüberliegende Seit des Quaders lädt sich posi-tiv auf.

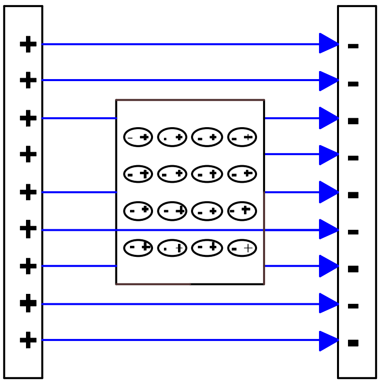
Man spricht von ***Influenz***.

Das Feld, das diese Ladungen erzeugen, dem angelegten Feld entgegengesetzt gleich.

Das Innere des Quaders wird feldfrei.

Anders verhält es sich bei nicht nichtleitenden Materalien, den Dielektrika. Es existieren keine frei beweglichen Ladungen.

Es können jedoch beim Anlegen eines äußeren Feldes Ladungen mit unterschiedlichem Vorzei-chen gegeneinander verschoben - ***Polarisation*** - oder bereits bereits vorhandene Dipole aus-gerichtet werden - ***Orientierungspolarisation***.



Auf diese Weise entsteht auf der Oberfläche des Dielektrikum eine Ladungsdichte σ_P nicht freier Ladungen; die das Feld im Inneren des Dielektrikums schwächt.

Für das Feld E_D im Innern des Dieelektrikums gilt dann mit der Flächenladungsdichte σ der freien Ladungen

$$E_D = \frac{\sigma - \sigma_P}{\varepsilon_0} \quad \Leftrightarrow \quad \sigma = \varepsilon_0 \cdot E_D + \sigma_P$$

Vielfach ist die durch Polarsation erzeugte Ladungsdichte σ_p proportional zur Feldstärke $\vec{e}_d$. Es gilt dann

$$\sigma = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot E_D$$

mit der relativen Elektrizitätskonstante ε_r.

Der elektrische Fluss ist dann gegeben durch $\overrightarrow{D} = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \overrightarrow{E_D}$.

1.4 Das elektrische Potential

Um die Lage einer Ladung im elektrischen Feld zu verändern, muss das Feld Arbeit verrichten oder es muss von außen her Arbeit geleistet werden.

Im ersten Fall leistet das elektrische Feld Arbeit und die Energie des elektrischen Feldes nimmt ab, im zweiten Fall wird die Arbeit als ***potentielle Energie*** gespeichert.

Wählt man die negativ geladene Platte eines Plattenkondensators als Bezugsniveau, dann gilt für die potenzielle Energie einer positiven Ladung q im Abstand x vom Bezugsniveau

$$E_{pot} = q \cdot E \cdot x = q \cdot \frac{U}{d} \cdot x$$

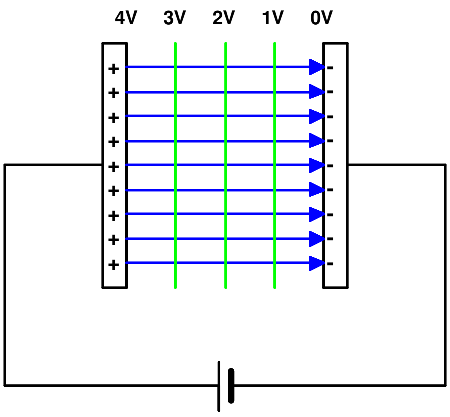
Die potenzielle Energie pro Ladungseinheit in einem Punkt des Feldes bezeichnet man als als ***Potenzial φ*** des elektrisches Feldes in diesem Punkt.

Alle Punkte im Abstand x von der negativ geladenen Platte des Kondensators haben das gleiche Potenzial

$$\boxed{\varphi(x) = \frac{U}{d} \cdot x} \quad [\varphi = 1\ \mathrm{V}]$$

Die Menge der Punkte in einem elektrischen Feld mit gleichem Potenzial bezeichnet man als ***Äquipotentialflächen***. Die Feldlinien eines elektrischen Feldes stehen auf den Äquipotentialflächen senkrecht.

Die Äquipotentialflächen im Plattenkondensator verlaufen parallel zu den Platten des Kondensators.



Sind A und B zwei Punkte im elektrischen Feld mit dem Potenzial φ_A bzw. φ_B, dann heißt

$U = \varphi_A - \varphi_B$

die ***Spannung*** zwischen den Punkten A und B.

Bewegt sich die positive Ladung q von A nach B, dann erhält sie die Energie $q \cdot U$:

Die Aufladung eines Plattenkondensators lässt sich - zumindest gedanklich - durch Ladungstrennung realisieren. Dabei muss jeweils Arbeit gegen die elektrische Feldkraft verrichtet werden.

Dabei muss beachtet werden, dass die Stärke des elektrischen Feldes mit zunehmender Ladungstrennung zunimmt.

Hat man bereits die positive Ladung q von einer Platte auf die andere Platte gebracht, dann gilt für die Feldstärke

$$E = \frac{U}{d} = \frac{\frac{q}{C}}{d} = \frac{q}{C \cdot d}$$

Um eine weitere positive Ladungsmenge Δq auf diese Platte zu bringen, ist die Arbeit

$$\Delta W = F \cdot d = \Delta q \cdot E \cdot d = \Delta q \cdot \frac{q}{C \cdot d} \cdot d = \frac{q}{C} \cdot \Delta q$$

erforderlich.

Um insgesamt die Ladung positive Ladung Q von einer Platte auf die andere zu bringen ist die Arbeit

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} CU^2$$

Der Energieinhalt eines auf die Spannung U aufgeladenen Kondensators der Kapazität C beträgt

$$\boxed{E_{elek} = \frac{1}{2} C \cdot U^2}$$

Mit $C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$ und $U = E \cdot d$ ergibt sich

$$W = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot (E \cdot d)^2 = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \cdot E^2 \cdot V$$

mit dem Volumen V des Raums zwischen den beiden Kondensatorplatten.

Interpretation :

Die einem Kondensator durch Aufladen zugeführte Energie steckt in dem aufgebauten elektrischen Feld.

Folgerung :

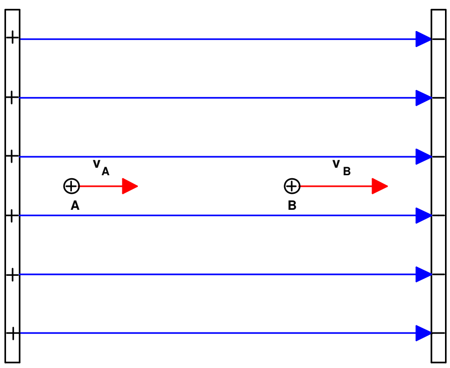
Die ***Energiedichte w*** d.h. die Energiedichte pro Volumeneinheit des elektrischen Feldes beträgt

$$\boxed{w = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \cdot E^2}$$

1.5 Bewegung einer Ladung im homogenen elektischen Feld

---

1. Bewegung parallel zu den Feldlinien



Bewegt sich eine positive Ladung q in Feldlinienrichtung, dann wirkt auf sie die Kraft $F = q \cdot E$.

Nach dem 2. Newtonschen Gesetz erfährt die Ladung q die Beschleunigung $a = \frac{q}{m} \cdot E$:

Für die Geschwindigkeit v_B im Punkt B nach dem Durchlaufen der Beschleunigungstrecke $\left[AB\right]$ mit $\overline{AB} = L$ gilt dann

$$v_B = \sqrt{v_A^2 + 2\cdot\frac{q}{m}\cdot E\cdot L}$$

mit der Anfangsgeschwindigkeit v_A..

Beachte :

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2\cdot\frac{q}{m}\cdot E\cdot L} \quad\Leftrightarrow\quad \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + q\cdot U_{AB}$$

Die kinetische Energie der Ladung nimmt um $q\cdot U_{AB}$ zu und ihr Potential um denselben Wert
ab.

Die Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Potenzialdifferenz von 1 V erhält, nennt man ein Elektronenvolt 1 eV.

Es gilt

$$\boxed{1\ \text{eV} = 1{,}602\cdot 10^{-19}\ \text{J}}$$

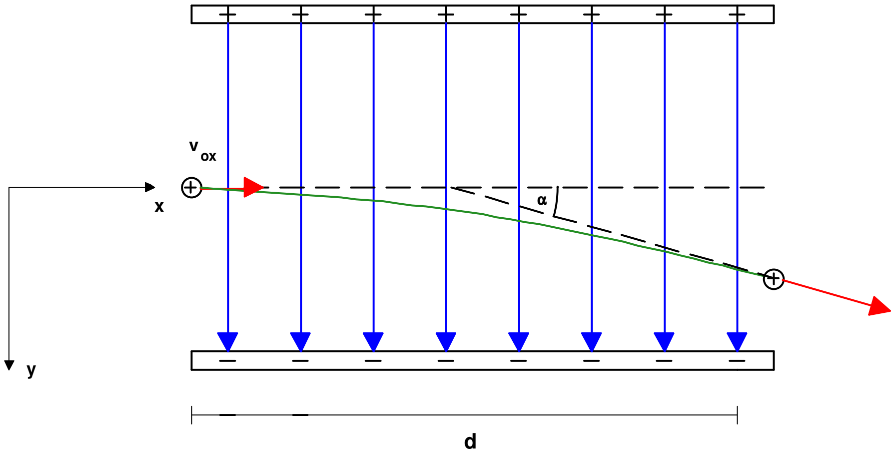
Beispiel :

Die Masse eines Elektrons beträgt $m_e = 9{,}109\cdot 10^{-31}$ kg.

Ein Elektron mit der kinetischen Energie $E = 1$ eV hat daher die Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 1{,}602\cdot 10^{-19}\ \text{J}}{9{,}109\cdot 10^{-31}\ \text{kg}}} = 5{,}931\cdot 10^5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

2. Bewegung senkrecht zu den Feldlinien



Bewegt sich eine positive Ladung q mit der Geschwindigkeit v_{ox} senkrecht zu den Feldlinien, dann wird sie in Feldlinienrichtung abgelenkt und beschreibt eine Parabel.

Es gilt

(1) $v_x = v_{ox}$

(2) $v_y = \frac{qE}{m} \cdot t$

Damit ergibt sich

(3) $x = v_{ox} \cdot t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{x}{v_{ox}}$

(4) $y = \frac{qE}{2m} \cdot t^2$

(3) in (4) $y = \frac{qE}{2m} \cdot \left(\frac{x}{v_{ox}} \right)^2 = \frac{qE}{2mv_{ox}{}^2} \cdot x^2$

Ist d die Breite des Querfeldes, dann ergibt sich für die Ablenkung in y-Richtung

$$\Delta y = \frac{qE}{2mv_{ox}{}^2} \cdot d^2$$

und für den Auslenkwinkel α

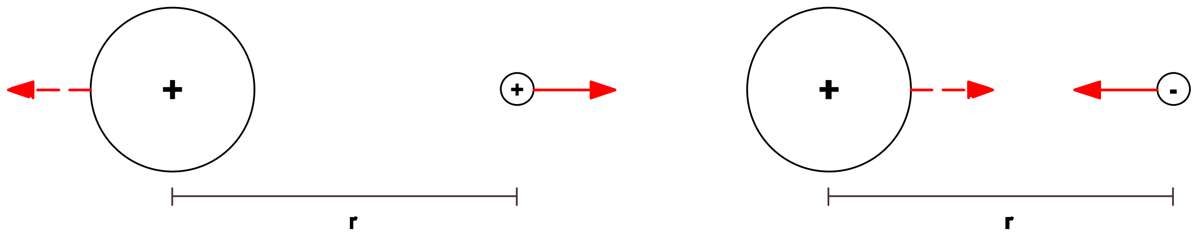
$$\tan\alpha = \frac{qE}{mv_{ox}{}^2} \cdot d$$

1.6 Das Coulombsche Gesetz

Das elektrische Feld im Innern eines Plattenkondensators und die elektrischen Kraftwirkungen resultiert aus den elektrischen Feldern und Kräften der geladenen Elementarteilchen.

Als Modell für diese Elementarteilchen dient die Punktladung d.h. eine Ladung ohne jegliche Ausdehnung. In vielen Fällen können aber auch makroskopische Körper wie z.B geladene Metallkugeln, bei denen sich die Ladung auf die gesamte Oberfläche verteilt, mathematisch wie Punktladungen behandelt werden

Eine Punktladung bzw. eine aufgeladene Metallkugel in ihrem Außenbereich üben auf andere geladene Körper Kräfte auf.



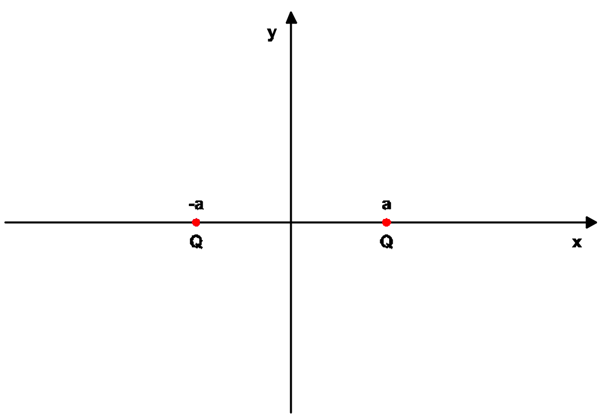
Ist r der gegenseitige Abstand der Mittelpunkte einer mit einer Ladung Q aufgeladenen Metall-kugel und einer kleinen, kugelförmige Probeladung q, dann ist der Betrag F der Kraft, die Q auf q ausübt, gegeben durch

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Qq}{r^2}} \quad \left(\text{Gesetz von Coulomb}\right)$$

Die Kraft zeigt in Richtung der Verbindungslinie der beiden Mittelpunkt und ist anziehend, wenn Q und q entgegengesetzte Ladungen sind. Andernfalls ist die Kraft abstoßend.

Die von mehreren Punktladungen stammenden Kräfte addieren sich vektoriell.

Aufgabe :



In den Punkten $\left(-a|\,0\right)$ und $\left(a|\,0\right)$ befinden sich zwei positive Punktladungen mit jeweils der Ladung Q.

Für die Kräfte auf eine positive Punktladung q in den Punkten $\left(x|\,0\right)$ bzw. $\left(0\,|\,y\right)$ in Abhängigkeit von x und y gilt dann

a) Kraft auf eine Probeladung q im Punkt $\left(x|\,0\right)$ mit $|x > a$:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{(x-a)^2} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{(x+a)^2} = \frac{Q\cdot q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\left[\frac{1}{(x-a)^2} + \frac{1}{(x+a)^2}\right] = \frac{Q\cdot q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{2x^2+2a^2}{(x^2-a^2)^2}$$

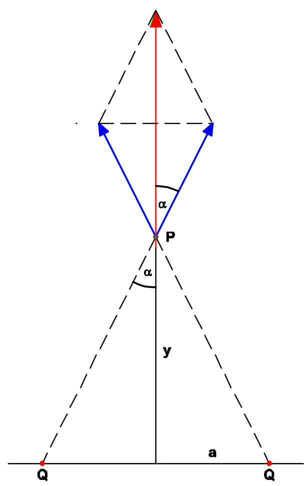
$$F = 2\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{y^2+2a^2}\cdot$$

F zeigt in Richtung der positiven x-Achse.

b) Kraft auf eine Probeladung q im Punkt $\left(x|\,0\right)$ mit $|0 < x < a$:

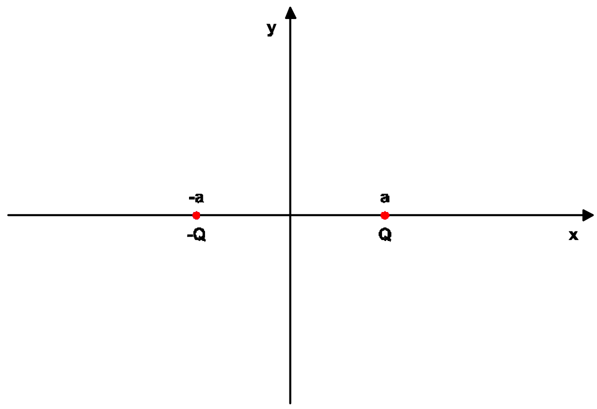
$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{(x-a)^2} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{(x+a)^2} = \frac{Q\cdot q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\left[\frac{1}{(x-a)^2} - \frac{1}{(x+a)^2}\right] = \frac{Q\cdot q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{4ax}{(x^2-a^2)^2}$$

F zeigt in Richtung der negativen x-Achse.



c) Kraft auf eine Probeladung q im Punkt $\left(0|\,x\right)$ mit $|y > 0$:

$$F = 2\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{y^2+2a^2}\cdot\cos\alpha = 2\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{y^2+2a^2}\cdot\frac{y}{\sqrt{y^2+a^2}}$$



Haben die beiden, in den Punkten $\left(-a|\,0\right)$ und $\left(a|\,0\right)$, sitzenden Ladungen entgegengesetztes Vorzeichen, dann ist die Kraft auf eine positive Probeladung q auf der y-Achse Null.

Für die Größe der Kraft auf der x-Achse gilt

a) Kraft auf eine Probeladung q im Punkt $\left(x|\,0\right)$ mit $|x > a$:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{(x-a)^2} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{(x+a)^2} = \frac{Q\cdot q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\left[\frac{1}{(x-a)^2} - \frac{1}{(x+a)^2}\right] = \frac{Q\cdot q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{4ax}{(x^2-a^2)^2}$$

Die Kraft zeigt in Richtung der positiven x-Achse.

b) Kraft auf eine Probeladung q im Punkt $\left(x|\,0\right)$ mit $|0 < x < a$:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{(x-a)^2} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\cdot q}{(x+a)^2} = \frac{Q\cdot q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\left[\frac{1}{(x-a)^2} + \frac{1}{(x+a)^2}\right] = \frac{Q\cdot q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{2x^2+2a^2}{(x^2-a^2)^2}$$

Die Kraft zeigt in Richtung der negativen x-Achse.

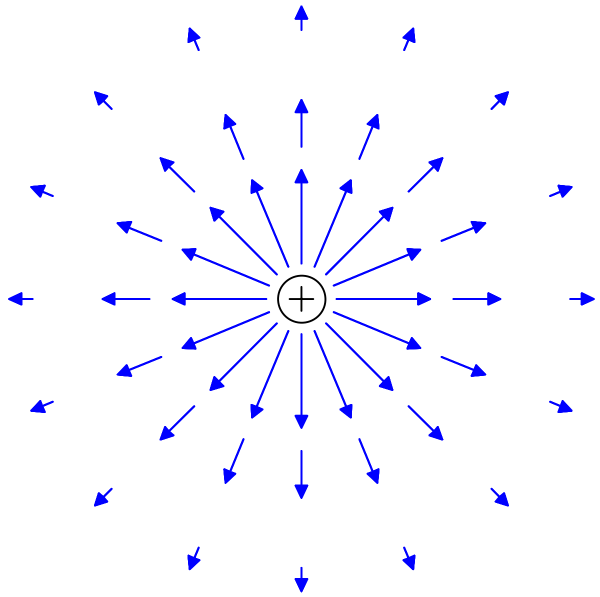
1.7 Das radialsymmetrische elektrische Feld

Die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ des Feldes einer mit der Ladung Q aufgeladenen Metallkugel hat in jedem Punkt im Abstand r vom Mittelpunkt der Kugel den Betrag

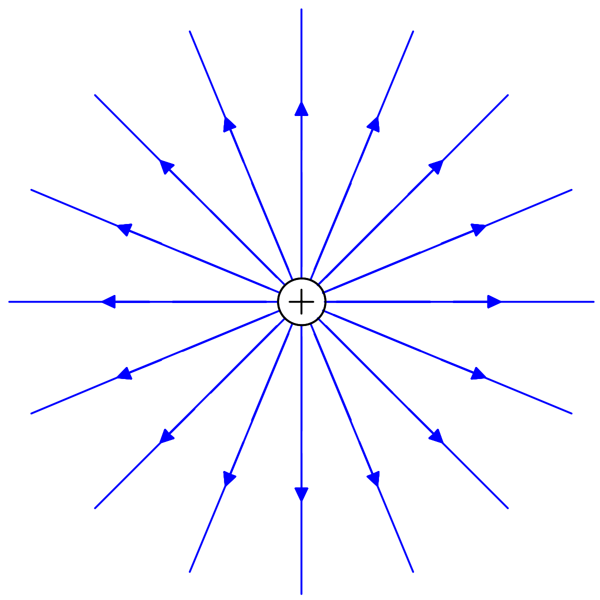
$$\boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q}{r^2}}$$

Ist Q eine positive Ladung, dann zeigt die Feldstärke radial nach außen, ist Q negativ, dann zeigt die Feldstärke zum Mittelpunkt der Kugel.

Das elektrische Feld einer positiv geladenen Kugel

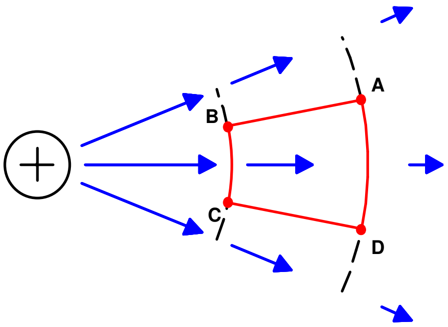


Darstellung des radialsymmetrischen Feldes mit Feldlinien



Die von mehreren Punktladungen stammenden Feldstärken addieren sich vektoriell.

1.8 Arbeit im radialsymmetrischen elektrischen Feld



Bewegt man oder bewegt sich eine Punktladung q entlang einer Feldlinien einer geladenen Metallkugel, dann wird Arbeit verrichtet.

Für die auf einer kleinen radiale Strecke Δr an der Ladung verrichtete Arbeit ΔW gilt

$$\Delta W = -q \cdot E \cdot \Delta r$$

Ist die Probeladung positiv und bewegt sie sich in Feldrichtung, dann ist $\Delta W < 0$ und die potenzielle Energie der Ladung im Feld nimmt ab.

Ist die Probeladung negativ und bewegt sie sich in Feldrichtung, dann ist $\Delta W > 0$ und an der Ladung muss Arbeit verrichtet führt werden. Die potentielle Energie der Ladung im Feld nimmt zu.

Ist die Probeladung positiv und bewegt sie sich entgegen der Feldrichtung, dann ist $\Delta W > 0$ und die potentielle Energie der Ladung im Feld nimmt zu.

Ist die Probeladung negativ und bewegt sie sich entgegen der Feldrichtung, dann ist $\Delta W < 0$ und die potentielle Energie der Ladung im Feld nimmt ab.

Da die Feldstärke E im radialsymmetrischen Feld einer geladenen Metallkugel von r abhängig ist, muss integriert werden

Für die Bewegung der Ladung vom Punkt A zum Punkt B

$$\boxed{W_{AB} = -\int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} dr = \frac{Q \cdot q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right)}$$

Die potentielle Energie der Ladung q ändert sich dann um diesen Wert.

Für die Bewegung der Ladung auf einem Kreisbogen von B nach C gilt

$$\boxed{W_{BC} = 0}$$

und bei der Bewegung von C nach D ergibt sich

$$\boxed{W_{CD} = \frac{Q \cdot q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{r_d} \right) = -W_{AB}}$$

Und schließlich ist $W_{DA} = 0$

Allgemein gilt :

a) Die Arbeit an einer Punktladung q im elektrischen Feld hängt nur vom von der Anfangs- und Endposition der Ladung ab, nicht dagegen vom Weg, auf dem sich die Ladung bewegt.

b) Bewegt sich eine Ladung auf einem geschlossenen Weg in einem statischen elektrischen Feld dann geschieht dies ohne das Arbeit verrichtet wird.

1.7 Das elektrische Potential im radialsymmetrischen elektrischen Feld
==

Für das radialsymmetrische Feld einer geladenen Metallkugel wählt man einen unendlich fernen Punkt als Bezugspunkt. Für das Potenzial φ in der Entfernung r vom Mittelpunkt der Kugel gilt dann

$$\boxed{\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}} \qquad [\varphi] = 1\ \mathrm{V}$$

Das Potential im Feld einer positiven Ladung Q ist also größer Null - eine positive Probeladung ist ein diesem Feld ungebunden

Das Potential im Feld einer negativen Ladung Q ist negativ - eine positive Probeladung ist in diesem Feld gebunden

Das Potential eines Punktes in einem radialsymmetrischen Feld einer geladenen Metallkugel ist also die potenzielle Energie, die eine Ladung von 1 C erhält, wenn sie von einem "unendlich fernen Punkt" in die Entfernung r zum Mittelpunkt der Kugel bringt.

Die Äquipotentialflächen eines radialsymmetrischen Feldes sind Kugeln, die von den Feldlinien orthogonal durchdrungen werden.

Die Potentialdifferenz $\varphi(r_b) - \varphi(r_a)$ ist die Spannung U zwischen den Punkten A und B.
