

Im letzten Kapitel haben wir gelernt, elektrische Felder durch Bilder darzustellen. Um zu quantifizieren, wie stark ein Feld ist, führen wir die physikalische Größe Feldstärke ein. Wir nutzen hierzu eine Überlegung (Gedankenexperiment).

Folgere die Kraft auf die zwei Ladungen zusammen im zweiten Beispiel und verallgemeinere deine Folgerung. Welche typische mathematische Eigenschaft ergibt sich daraus für die Größen q und F ?

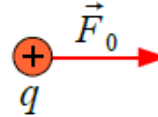
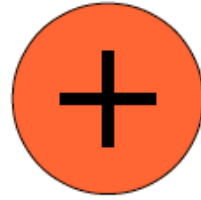
Wir nutzen diese Folgerung für eine Definition unserer Zielgröße Feldstärke.

Vorsicht: Der Großbuchstabe E bietet Verwechslungsgefahr mit der Größe "Energie".

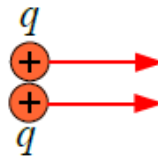
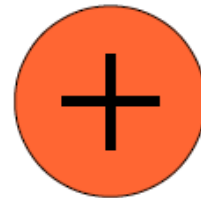
In der Definition sind zwei verschiedene Einheiten für die Feldstärke angegeben, man kann sie ineinander umrechnen.

3.2 Elektrische Feldstärke

Gedankenversuch zur Kraft auf Probeladungen



In die Nähe einer großen Ladung, die um sich herum ein Feld erzeugt, bringen wir zum Testen des Feldes eine kleine Probeladung q und messen an ihr eine elektrostatische Kraft F_0 .



Nun bringen wir eine zweite, identische Probeladung q in den gleichen Abstand zur feldgebenden Ladung und binden die beiden zusammen (sie würden sich sonst abstoßen). Die gesamte Kraft auf das Bündel beträgt dann

Verallgemeinerung

Definition:

Wir verwenden den konstanten **Quotienten aus der Ladung q und der Kraft F** , die auf diese Ladung q wirkt, als Maß für die **elektrische Feldstärke E** . Diese hat dieselbe **Richtung**, in die F wirkt.

Bemerkung: Diese Definition funktioniert im inhomogenen Feld ebenso wie im homogenen Feld.

Einheitenumrechnung in obiger Definition

$$1 \frac{N}{C} = 1 \frac{\frac{J}{m}}{As} = 1 \frac{\frac{Ws}{m}}{As} = 1 \frac{\frac{VAs}{m}}{As} = 1 \frac{V}{m}$$

Ein typischer Wert für die Feldstärke in unserem Plattenkondensator ist 2000 V/cm. Auf kleine Kugeln können wir etwa 25 nC aufbringen. Berechne daraus die Kraft auf eine Kugel im Kondensator.

Übungsaufgabe: Berechnung der elektrostatischen Kraft •

Mit dieser Formel lässt sich ganz leicht die Feldstärke in einem Plattenkondensator ermitteln. Eine Herleitung dazu findest du im Phlott-Skript 12 der klassischen Physik.

Feldstärke im homogenen Feld des Plattenkondensators

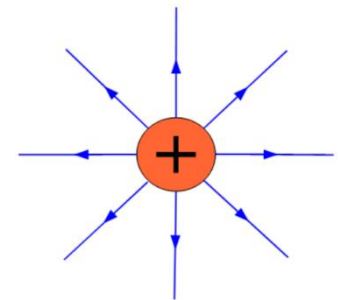


Auch diese Formel kann hier nur angegeben werden.

Feldstärke im radialen Feld



mit der elektrischen Feldkonstante
 $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$



Woher der Faktor $\frac{1}{4\pi r^2}$ stammt, lässt sich mit Hilfe einer fiktiven Kugeloberfläche erklären. Dieses Konzept wird dir in der Astrophysik wieder begegnen.

Betrachtet wird ein Elektron in einem waagrecht angeordneten Plattenkondensator mit einem Plattenabstand von 10 cm. Die obere Platte ist positiv geladen.

a) Berechne die elektrische Kraft, die auf das Elektron wirkt, wenn eine Spannung von 15 kV angelegt wird.

b) Berechne die Spannung, die angelegt werden müsste, damit sich die elektrische Kraft und die Gewichtskraft gegenseitig aufheben würden.

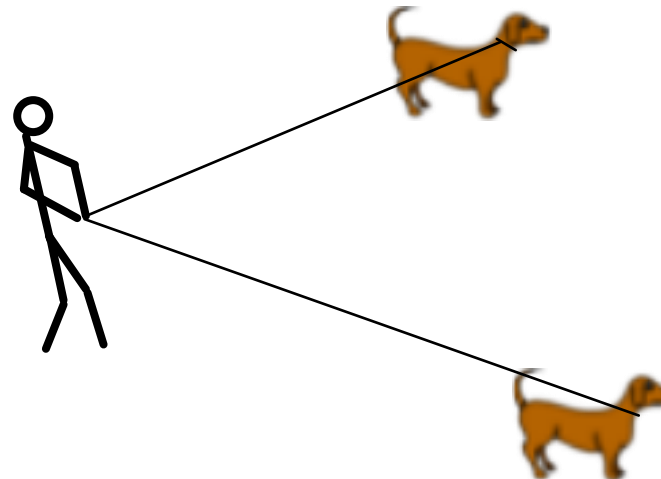
Das Superpositionsprinzip ist ein allgemeines Prinzip in der Physik, das Du schon mehrfach kennengelernt hast. Bei der Interferenz überlagern sich z.B. zwei Wellen, Wellenberge addieren sich, Berge und Täler löschen sich aus. Auch die Addition von Kräften war ein Beispiel für Superposition.

Der obere Hund zieht mit 20 N, der untere mit 30 N, konstruiere die Gesamtkraft.

Übungsaufgabe: Plattenkondensator ●●

Das Superpositionsprinzip

Die gleichartiger physikalischer Größen, die sich dabei nicht , heißt **Superposition**.



Die geometrische Addition von Pfeilen (Vektoren) können wir auch bei Feldstärken nutzen.

Die Ladungen Q_1 und Q_2 erzeugen jeweils Felder, die sich überlagern. Die Feldstärken an den gezeichneten Punkten betragen:

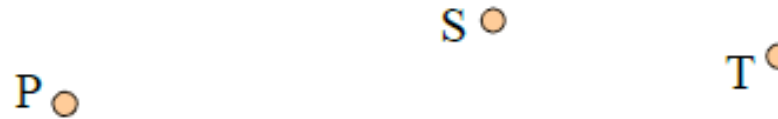
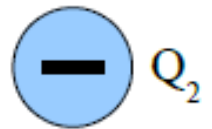
$$E_{P1} = 30 \text{ V/m}, E_{P2} = 6 \text{ V/m},$$

$$E_{S1} = 8 \text{ V/m}, E_{S2} = 13 \text{ V/m},$$

$$E_{T1} = 4 \text{ V/m}, E_{T2} = 28 \text{ V/m}.$$

a) Konstruiere jeweils die Gesamtfeldstärke an Punkte P, S und T.

b) Der Punkt P ist genau 3,0 cm von der Ladung Q_1 entfernt. Berechne damit die Ladung Q_1 .



Superposition von Feldstärken bei zwei Punktladungen