

Physik-Übung * Jahrgangsstufe 11 * Eigenschaften elektrischer Felder

Mit Hilfe der drei Programme „Elektrisches Feld“ (efeld0.html), „Elektrisches Feld zweier Ladungen“ (efeld01.html) und „Feld mehrerer Ladungen“ (efeld2.html) in Ihrem Verzeichnis können Sie die Eigenschaften elektrischer Felder untersuchen.

[Quelle: Physlets von W. Christian auf <http://www.schulphysik.de/java/physlet/index.html>]

A) „Elektrisches Feld“

Das Physlet „Elektrisches Feld“ zeigt das Feld von einer bzw. zwei Ladungen (gleichen Betrags) sowie die Kraft auf eine positive Probeladung. Alle Ladungen lassen sich mit der Maus auf der Zeichenfläche beliebig bewegen und fixieren. Mit Anklicken von „Start“ wird die Probeladung losgelassen; sie bewegt sich nun frei aufgrund der wirkenden Kräfte. Kläre die folgenden Fragen schriftlich:

- 1) Feldlinien erhalten mit Hilfe von Pfeilen eine Orientierung. Wie ist diese festgelegt?
- 2) Gibt es Anfangs- bzw. Endpunkte von Feldlinien?
- 3) Der Betrag der Probeladung ist vernachlässigbar klein.
 - Welche Beobachtung zeigt die Richtigkeit dieser Aussage?
 - Warum ist es sinnvoll, die Probeladung so klein zu wählen?
- 4) Peter behauptet: Die sich selbst überlassene Probeladung bewegt sich genau längs einer Feldlinie. Stimmt Peters Behauptung. Unterscheiden Sie gegebenenfalls Fälle.
- 5) Kann man die frei bewegliche Probeladung zwischen zwei Ladungen so anbringen, dass sie sich nicht wesentlich entfernt und auch nicht auf eine der beiden Ladungen „abstürzt“?
- 6) Die Länge des Kraftpfeils gibt den Betrag der Kraft auf die Probeladung q an. Finden Sie näherungsweise heraus, wie die elektrische Kraft einer Ladung Q auf eine Probeladung q vom Abstand r der beiden Ladungen abhängt!

B) „Elektrisches Feld zweier Ladungen“

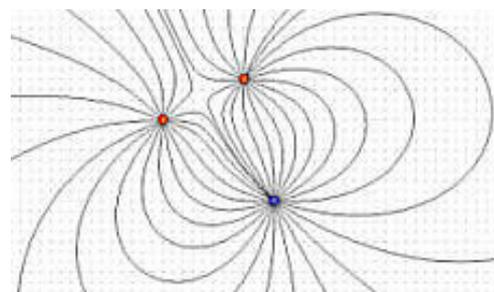
Untersuchen Sie zunächst das elektrische Feld der beiden Ladungen $Q = 1 \text{ nC}$ und $q = -3 \text{ nC}$. Verändern Sie dabei auch den Abstand der beiden Ladungen voneinander.

- 1) Welche Bedeutung hat das „n“ bei der Einheit 1 nC ?
- 2) Wie sieht das elektrische Feld in sehr großer Entfernung von den beiden Ladungen aus? Welche Orientierung haben die Feldlinien dort?
- 3) Wie sieht das elektrische Feld ganz dicht bei den beiden Ladungen aus? Welche Orientierung haben die Feldlinien dort und wie berücksichtigt man die unterschiedlichen Beträge der Ladung dabei?
- 4) Welche Symmetrie zeigt das Feldlinienbild?
- 5) Gibt es Stellen, an denen eine Probeladung keine Kraft „spürt“?
- 6) Skizzieren Sie das zugehörige Feldlinienbild qualitativ.

Für Experten und Schnelldenker: Beantworten Sie die 6 Fragen auch für die beiden Ladungen $Q = 3 \text{ nC}$ und $q = -3 \text{ nC}$ bzw. $Q = -3 \text{ nC}$ und $q = -3 \text{ nC}$ bzw. $Q = -3 \text{ nC}$ und $q = 3 \text{ nC}$.

C) Felder mehrerer Ladungen

- 1) Finden Sie möglichst „schöne“ (symmetrische) Feldlinienbilder für mindestens drei Ladungen! Skizzieren Sie diese Felder.
- 2) Schaffen Sie es, dass eine frei bewegliche Probeladung im Feld von drei (vier) Ladungen gefangen bleibt und trotzdem nicht auf eine dieser Ladungen „abstürzt“. Unterscheiden Sie Fälle mit gleich- bzw. ungleichnamigen Ladungen.



Antworten zur Physikübung „Eigenschaften elektrischer Felder“

A)

1. Die Pfeile geben die Krafrichtung auf eine **positive** Probeladung an.
2. Elektrische Feldlinien beginnen auf positiven Ladungen, enden auf negativen Ladungen oder im „Unendlichen“.
 - Probeladungen verändern ersichtlich nicht das Feldlinienbild der gegebenen Ladungsverteilung; Probeladungen sind also offensichtlich sehr klein.
 - Wählt man die Probeladungen sehr klein, so kann man ihren Einfluss auf die gegebene Ladungsverteilung vernachlässigen, kann aber trotzdem die Kraftwirkung auf Ladungen veranschaulichen.
3. Peters Behauptung ist falsch. Nur im radialsymmetrischen Feld einer Ladung bewegt sich eine zunächst ruhende Ladung genau in Richtung der Feldlinien, denn die Kraft und die Momentangeschwindigkeit der Probeladung haben stets die gleiche Richtung. Im Feld zweier Ladungen dagegen bewegt sich die Probeladung nicht längs der Feldlinien, denn Krafrichtung und Geschwindigkeitsrichtung liegen nur beim Start parallel.
4. Genau zwischen zwei gleichnamigen und gleich großen Ladungen befindet sich ein Ort, an dem sich die elektrischen Kräfte auf die Probeladung aufheben. Deshalb ruht eine genau an dieser Stelle platzierte Probeladung. Allerdings ist diese Lage sehr instabil. Bringt man auf der Mittelsenkrechten zwischen zwei negativen Ladungen die Probeladung an, so schwingt sie hin und her. Zwischen einer positiven und negativen Ladung kann man die Probeladung um die negative Ladung hin und her schwingen lassen.
5. Bringt man eine Ladung am z.B. linken Rand des Bildausschnitts an, dann kann man über einen größeren Abstand die Kraftpfeillänge an der Probeladung sehen und auch messen. Dabei erkennt man, dass sich beim Halbieren des Abstands von Ladung und Probeladung die Länge des Kraftpfeils vervierfacht. Offensichtlich gilt also, dass die elektrische Kraft F umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes r zwischen den Ladungen ist.

$$\text{Also } F_{el} \sim \frac{1}{r^2} .$$

B)

1. Das n ist die Vorsilbe nano, also 10^{-9} ;
1 nC bedeutet also ein Nanocoulomb bzw. ein Milliardstel Coulomb.
2. In sehr großer Entfernung (bringen Sie dazu die beiden Ladungen ganz nah aneinander) sieht das elektrische Feld näherungsweise so aus wie das Feld von nur einer Ladung mit -2 nC. Die Feldlinien weisen deshalb alle nach Innen und verlaufen etwa radial.
3. Ganz dicht an den Ladungen verlaufen die Feldlinien radial, bei positiven Ladungen von der Ladung weg, bei negativen Ladungen zur Ladung hin. Je größer der Betrag der Ladung ist, umso mehr Feldlinien zeichnet man ein.
4. Das Feldlinienbild ist achsensymmetrisch zur Verbindungsgeraden durch die beiden Ladungen. (Im Raum entsprechend rotationssymmetrisch zu dieser Geraden.)
5. Auf der Verbindungsgeraden der beiden Ladungen (die zugleich auch eine Feldlinie ist) muss sich auf der Seite der betragsmäßig kleineren Ladung ($Q = 1$ nC) eine solche Stelle befinden. Denn nahe bei Q zeigt die Feldlinie von Q weg, weit weg dagegen zeigt diese Feldlinie (siehe Punkt 2) zu Q hin. Die Stelle selbst kann man sogar rechnerisch genau ermitteln, wenn man zusätzlich zum Kraftgesetz aus A) annimmt, dass F_{el} auch zur Ladung proportional ist. An der gesuchten Stelle heben sich die von Q und q auf die Probeladung ausgeübten Kräfte gerade auf.

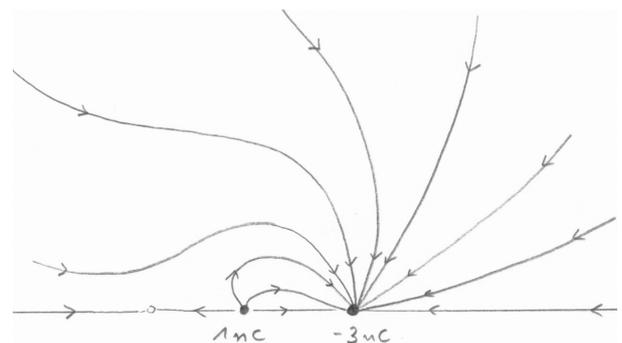


Bild zu Aufgabe 6.