

Übung 7 Elektrisches Feld Elektrischer Feldvektor, Skalarfeld/Vektorfeld, Elektrische Feldlinien

Lernziele

- den Zusammenhang zwischen den Richtungen der elektrostatischen Kraft und des elektrischen Feldvektors verstehen.
- die Richtung und den Betrag eines Feldvektors im elektrischen Feld einer einfacheren Ladungsverteilung bestimmen können.
- die mathematische Darstellung eines Skalarfeldes, Vektorfeldes verstehen.
- die Regeln zum Zeichnen von Feldlinien kennen.
- das Feldlinienbild für das elektrische Feld einer Punktladung, eines Dipols kennen und verstehen.
- Feldlinienbilder für elektrische Felder von Ladungsverteilungen verstehen, die aus mehreren Punktladungen bestehen.
- verstehen, dass sich elektrische Feldlinien nie kreuzen.
- verstehen, dass im Innern eines elektrischen Leiters kein elektrisches Feld möglich ist.
- verstehen, dass elektrische Feldlinien immer senkrecht auf Leiteroberflächen stehen.
- eine neue Problemstellung bearbeiten können.

Aufgaben

Elektrischer Feldvektor

1. Ein Probekörper mit der Probeladung q befinde sich an irgend einer Stelle in einem elektrischen Feld.
 F_{el} sei die resultierende elektrostatische Kraft, die auf den Probekörper wirkt, und E sei die elektrische Feldstärke am Ort des Probekörpers.
Beurteilen Sie mit schlüssigen Begründungen, unter welcher/welchen Bedingung/en
 - i) F_{el} und E die gleiche Richtung haben.
 - ii) F_{el} und E entgegengesetzte Richtungen haben.
 - iii) F_{el} und E weder gleich noch entgegengesetzt gerichtet sind.
2. Betrachten Sie das elektrische Feld einer **positiven** Punktladung Q .
 - a) Zeichnen Sie die Punktladung Q und im Abstand r davon einen Feldvektor E mit korrekter Richtung.
 - b) Drücken Sie den Betrag E des unter a) gezeichneten Feldvektors E durch Q und r aus.
 - c) Geben Sie den geometrischen Ort aller Punkte an, in welchen alle Feldvektoren den gleichen Betrag haben.
 - d) Zeichnen Sie noch einmal die Punktladung Q und in ihrer Umgebung einige Feldvektoren mit korrekter Richtung und qualitativ richtiger Länge.
3. Betrachten Sie nun das elektrische Feld einer **negativen** Punktladung Q , und lösen Sie die gleichen Teilaufgaben a) bis d) wie in der Aufgabe 2.

4. An einer Ecke eines Rechtecks mit den Kantenlängen $a = 2.0 \text{ cm}$ und $b = 4.0 \text{ cm}$ befindet sich eine elektrische Punktladung $Q_1 = 3.0 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, an der diagonal gegenüberliegenden Ecke eine Punktladung $Q_2 = -4.0 \cdot 10^{-8} \text{ C}$.
- Wie gross sind die Beträge der elektrischen Feldstärken E_1 und E_2 an den beiden anderen Ecken des Rechtecks?
 - Bestimmen Sie die Richtungen der Feldvektoren E_1 und E_2 , indem Sie geeignete Winkel angeben.
 - An welchen Orten verschwindet die elektrische Feldstärke, d.h. wo gilt $E = 0$?

Skalarfeld/Vektorfeld

5. Ein **Skalarfeld** werde durch die folgende Feldgrösse $A(x,y,z)$ beschrieben:

$$A(x,y,z) := (x^2+y^2)z$$

Jedem Punkt $P(x | y | z)$ im 3-dimensionalen Raum wird also eine Zahl A zugeordnet, die von den Koordinaten x , y und z des Punktes P abhängen.

Bestimmen Sie die Zahl A im Punkt P .

- $P_1 (1 | 0 | 0)$
 - $P_2 (0 | -2 | 1)$
 - $P_3 (-1 | 1 | 2)$
6. Ein **Vektorfeld** werde durch den folgenden Feldvektor $A(x,y,z)$ beschrieben:

$$A(x,y,z) = \begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} \frac{yz}{x^2+y^2+z^2} \\ \frac{xz}{x^2+y^2+z^2} \\ \frac{1}{x^2+y^2+z^2} \end{pmatrix}$$

Jedem Punkt $P(x | y | z)$ im 3-dimensionalen Raum wird also ein 3-dimensionaler Vektor A zugeordnet, dessen Komponenten A_x , A_y und A_z je von den Koordinaten x , y und z des Punktes P abhängen.

Bestimmen Sie den Feldvektor A im Punkt P , und zeichnen Sie A in einem 3-dimensionalen kartesischen Koordinatensystem im entsprechenden Punkt P ein.

- $P_1 (1 | 0 | 0)$
- $P_2 (0 | -2 | 1)$
- $P_3 (-1 | 1 | 2)$

Elektrische Feldlinien

7. Erklären Sie,
- worin der **Unterschied** zwischen dem Feldlinienbild einer **positiven** und dem Feldlinienbild einer **negativen** Punktladung besteht.
 - warum sich elektrische Feldlinien **nie kreuzen**.
 - warum es im Innern eines elektrischen Leiters keine elektrischen Feldlinien geben kann.
 - warum Feldlinien immer **senkrecht** auf Leiteroberflächen stehen.
8. Beurteilen Sie mit Begründung, ob die folgende Aussage wahr oder falsch ist:
"Feldlinien sind **Bahnkurven** von positiv geladenen Probekörpern in einem elektrischen Feld."
9. (siehe Seite 3)

9. Studieren Sie auf einem Computer die Java-Applets "Elektrisches Feld von zwei Ladungen" und "Elektrisches Feld von beliebig vielen Ladungen".

Links auf die Applets finden Sie unter
<http://telecom.tlab.ch/~borer> Physik Unterlagen (...)

Betrachten Sie die Feldlinienbilder für die folgenden Ladungsverteilungen:

- 1 Punktladung
- 2 Punktladungen
- mehrere Punktladungen

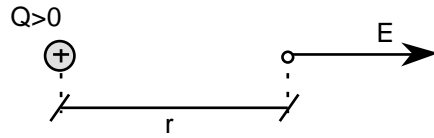
Variieren Sie jeweils die Art (positiv, negativ) und die Stärke (± 1 , ± 2 etc.) der Ladungen.

Versuchen Sie, die auf dem Bildschirm dargestellten Feldlinienbilder zu verstehen. Überlegen Sie sich dazu jeweils, warum die Feldlinienbilder so aussehen und nicht anders.

Lösungen

1. ...

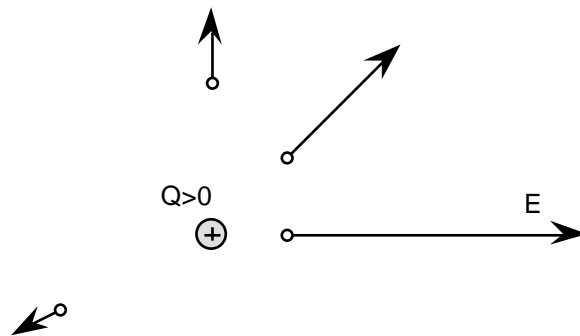
2. a)



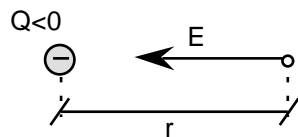
b)
$$E = \frac{F_{el}}{|q|} = \frac{\frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{|Q| \cdot |q|}{r^2}}{|q|} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{|Q|}{r^2}$$

c) Kugel mit dem Radius r und dem Mittelpunkt am Ort der Punktladung Q

d)



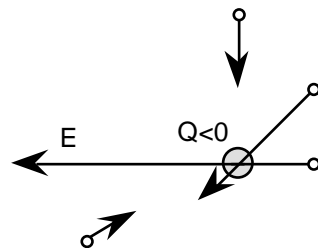
3. a)



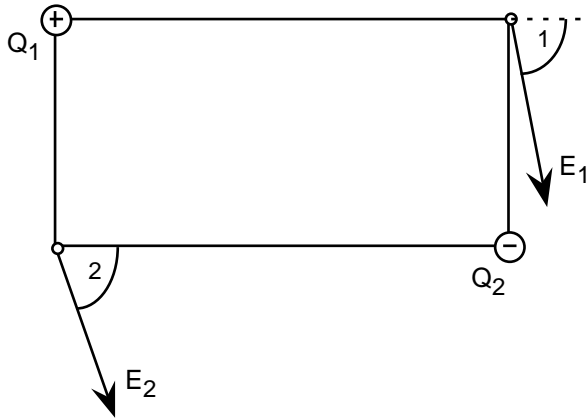
b)
$$E = \frac{F_{el}}{|q|} = \frac{\frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{|Q| \cdot |q|}{r^2}}{|q|} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{|Q|}{r^2}$$

c) Kugel mit dem Radius r und dem Mittelpunkt am Ort der Punktladung Q

d)



4.



- a) $E_1 = 9.1 \cdot 10^5 \text{ N/C}$ $E_2 = 7.1 \cdot 10^5 \text{ N/C}$
 b) $\alpha_1 = 79^\circ$ $\alpha_2 = 72^\circ$
 c) an keinem Ort

5. a) $A(1,0,0) = (1^2+0^2) \cdot 0 = 0$
 b) $A(0,-2,1) = (0^2+(-2)^2) \cdot 1 = 4$
 c) $A(-1,1,2) = ((-1)^2+1^2) \cdot 2 = 4$

6. a)
$$A(1,0,0) = \frac{\frac{0 \cdot 0}{1^2+0^2+0^2}}{\frac{1 \cdot 0}{1^2+0^2+0^2}} = \frac{0}{1}$$

b)
$$A(0,-2,1) = \frac{\frac{(-2) \cdot 1}{0^2+(-2)^2+1^2}}{\frac{0 \cdot 1}{0^2+(-2)^2+1^2}} = \frac{-\frac{2}{5}}{\frac{1}{5}}$$

c)
$$A(-1,1,2) = \frac{\frac{1 \cdot 2}{(-1)^2+1^2+2^2}}{\frac{-1 \cdot 2}{(-1)^2+1^2+2^2}} = \frac{\frac{1}{3}}{-\frac{1}{3}}$$

7. ...

8. ...

9. ...