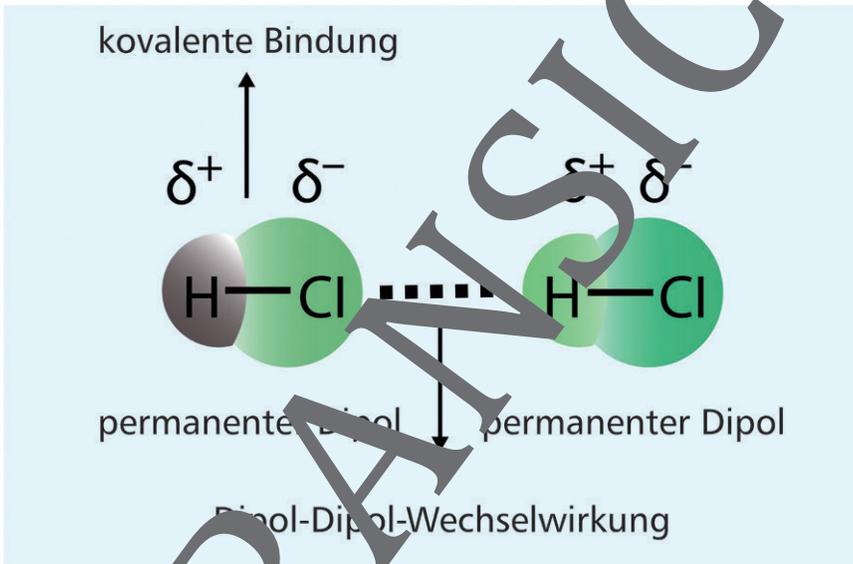


Das elektrische Wechselfeld eines rotierenden Dipols – Übungsaufgaben

Gerhard Deyke, Hamburg
Illustrationen von Gerhard Deyke



© Education/istock.com Images/veer, übersetzt von Dr. W. Zettlmeier

Elektrische Dipole spielen in der Technik (Funk, Fernsehen etc.) eine entscheidende Rolle. Der rotierende elektrische Dipol sendet ein elektrisches Feldstärke-Signal aus, das periodisch schwankt. Länge, Ladung und Rotationsgeschwindigkeit des Dipols werden ermittelt und der zeitliche Verlauf des Signals mithilfe der Methoden der Vektorgeometrie beschrieben. Die Übungsaufgaben vertiefen das erworbene Wissen.

Das elektrische Wechselfeld eines rotierenden Dipols – Übungsaufgaben

Oberstufe (Niveau)

Gerhard Deyke, Hamburg

Illustrationen von Gerhard Deyke

Hinweise	1
M 1 Das Feld eines elektrischen Dipols – Aufgaben	2
Lösungen	4

Die Schüler lernen:

den periodisch wiederkehrenden zeitlichen Verlauf des elektrischen Feldstärke-Signals eines rotierenden elektrischen Dipols mit einfachen Mitteln aus der Vektorgeometrie zu berechnen. Sie gewinnen dabei das Verständnis für die „Form“ dieses Signals und seine Abhängigkeit von charakteristischen Größen des Dipols wie *Länge*, *Ladung* und *Rotationsgeschwindigkeit*.

VORANSICHT

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

Ab = Arbeitsblatt

Thema	Material	Methode
Das Feld eines elektrischen Dipols – Aufgaben	M1	Ab

Erklärung zu Differenzierungssymbolen

		
einfaches Niveau	mittleres Niveau	schwieriges Niveau
	Dieses Symbol markiert Zusatzaufgaben.	

Kompetenzprofil:

Inhalt: Coulomb-Gesetz für Punktladungen; Berechnung der elektrischen Feldstärke von elektrischen Dipolen; Berechnung unter Verwendung der Linearen Algebra; zur Berechnung der Rotation ist die Verwendung einer Abbildungsmatrix vorteilhaft

Medien: GTR/CAI, GeoGebra

Kompetenzen: über Basiswissen verfügen (F1); Probleme lösen (F3); Wissen kontextbezogen anwenden (F4); Phänomene beschreiben (E1); Formeln anwenden (E4); Idealisierungen vornehmen (E5); Daten auswerten (E9)

Hinweise

Unter einem (statischen) elektrischen Dipol verstehen wir ein Paar elektrischer Punktladungen (Q_1 ; Q_2) mit dem unveränderlichen kleinen Abstand ℓ und $Q_1 = -Q_2$. Ein solches Ladungssystem erzeugt in seiner Umgebung ein elektrisches Feld als Überlagerung der beiden von den Punktladungen herrührenden Radialfelder. In großem Abstand r vom Mittelpunkt des Dipols nimmt die Feldstärke dieses Feldes mit $1/r^3$ ab.

Im Folgenden werden wir Dipole betrachten, welche um eine ihrer Ladungen mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω rotieren. Das Ladungspaar *Proton-Elektron* im Wasserstoffatom kann nach der Bohr'schen Theorie als derartiges System betrachtet werden. Die Bewegung sorgt für eine periodische Schwankung der elektrischen Feldstärke in der Umgebung.

Unser erster Dipol sei ein Ladungspaar $(+Q; -Q)$ mit $Q = 7,8 \cdot 10^{-9} \text{ As}$ und $\ell = 8,0 \text{ cm}$. Dieser Dipol liege auf der y -Achse eines 2-dimensionalen kartesischen Koordinatensystems; seine positive Ladung liege in dessen Ursprung 0 (siehe Abb. 1).

© RAABE 2021

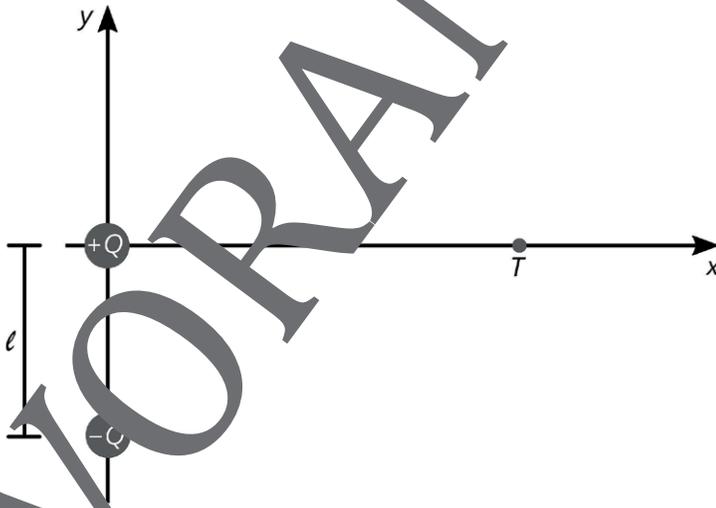


Abb.1, © Gerhard Deyke, bearbeitet von Dr. Stefan Völker

M 1 Das Feld eines elektrischen Dipols – Aufgaben

Die Feldstärke E ist für jeden Feldpunkt in der x - y -Ebene ein Vektor in dieser Ebene, da alle auftretenden Coulomb-Kräfte in dieser Ebene liegen, was dann auch für die zugehörigen Feldstärken gilt.

Aufgaben

1. Zunächst ruhe dieser Dipol.

Berechnen Sie im Punkt $T(0,90 \text{ m} \mid 0)$ die Feldstärke \vec{E} als die Vektorsumme der von den Ladungen $+Q$ und $-Q$ hervorgerufenen Feldstärken. Kommentieren Sie Ihr Ergebnis.

2. Ab jetzt rotiere der Dipol aus Aufgabe 1 mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 10/\text{s}$ um seine positive Ladung im Gegenuhrzeigersinn. Zur Zeit $t = 0$ befinde sich seine negative Ladung $-Q$ in der Position $(0, \ell)$.

Anmerkung: Der Ortsvektor \vec{OP} rotiert um den Ursprung. Sie benötigen daher seinen Bildvektor bei einer Drehung um einen Winkel $\Delta\varphi = \omega \cdot i \cdot \Delta t$ bei dem Zeitschritt $i \cdot \Delta t$ ($i = 0, 1, \dots$). Aus der Linearen Algebra ist bekannt, dass eine solche Drehung durch die Abbildungsmatrix

$$M(\Delta\varphi) = \begin{pmatrix} \cos \Delta\varphi & -\sin \Delta\varphi \\ \sin \Delta\varphi & \cos \Delta\varphi \end{pmatrix} \quad (1)$$

beschrieben wird. Für den Bildvektor \vec{OP}_1 gilt dann:

$$\vec{OP}_1 = M(\Delta\varphi) \cdot \vec{OP} \quad (2)$$

Berechnen Sie den Betrag E der Feldstärke \vec{E} im Punkt T (siehe Aufgabe 1) für die Zeiten $t = 0 + i \Delta t$ ($i = 0, 1, 2, \dots, 12$), wobei $\Delta t = 1/12$ der Periode des rotierenden Dipols sei. Halten Sie Ihre Ergebnisse tabellarisch fest. Tragen Sie auch in einem Diagramm E über der Zeit t auf und interpretieren Sie dieses Diagramm.

Sie wollen mehr für Ihr Fach? Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



- ✓ **Über 4.000 Unterrichtseinheiten** sofort zum Download verfügbar
- ✓ **Sichere Zahlung** per Rechnung, PayPal & Kreditkarte
- ✓ **Exklusive Vorteile für Grundwerks-Abonent*innen**
 - 20% Rabatt auf Unterrichtsmaterial für Ihr bereits abonniertes Fach
 - 10% Rabatt auf weitere Grundwerke

Jetzt entdecken:
www.raabe.de