



**MEHR  
ERFAHREN**

**ABITUR-TRAINING**

Gymnasium

# Physik 1

Elektromagnetisches Feld

Relativitätstheorie



**STARK**

# Inhalt

Vorwort

## Statisches elektrisches Feld ..... 1

1	Elektrische Ladung .....	2
2	Elektrisches Feld und elektrische Feldstärke .....	5
3	Elektrisches Potenzial und elektrische Spannung .....	10
4	Potenzial und Feldstärke im homogenen elektrischen Feld .....	13
5	Der Plattenkondensator als Ladungsspeicher .....	17
6	Das elektrische Feld als Energiespeicher .....	21
 7	Das radialsymmetrische Feld .....	23
8	Überlagerung elektrischer Felder .....	27
9	Anwendungen in Natur und Technik .....	30

## Statisches magnetisches Feld ..... 33

10	Magnetismus von Dauermagneten .....	34
11	Magnetfelder stromdurchflossener Leiter .....	37
 12	Magnetische Flussdichte .....	42
13	Überlagerung magnetischer Felder .....	47
 14	Lorentzkraft .....	48
15	Vergleich zwischen elektrostatischem und magnetostatischem Feld .....	50
16	Anwendungen in Natur und Technik .....	52

## Bewegung geladener Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern ..... 55

17	Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Längsfeld .....	56
18	Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Querfeld .....	62
 19	Bewegung geladener Teilchen in homogenen magnetischen Feldern .....	66
20	Anwendungen in Natur und Technik .....	69

## Einblick in die spezielle Relativitätstheorie ..... 75

21	Relativistische Kinematik .....	76
22	Relativistische Masse .....	80
 23	Relativistische Energie .....	84
24	Anwendungen in Natur und Technik .....	86

	<b>Elektromagnetische Induktion</b> .....	<b>89</b>
	25 Induktion in geraden Leitern .....	90
	26 Magnetischer Fluss und Induktionsgesetz .....	92
	27 Die Lenz'sche Regel .....	98
	28 Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen .....	100
	29 Selbstinduktion .....	102
	30 Das Magnetfeld als Energiespeicher .....	108
	31 Anwendungen in Natur und Technik .....	110
	<b>Elektromagnetische Schwingungen</b> .....	<b>113</b>
	32 Ungedämpfte elektromagnetische Schwingungen .....	114
	33 Vergleich von mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen .....	122
	34 Erzeugung und Nachweis ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen .....	123
	35 Anwendungen in der Technik .....	125
	<b>Elektromagnetische Wellen</b> .....	<b>129</b>
	36 Elektrische Dipol-schwingungen .....	130
	37 Dipolstrahlung .....	136
	38 Nachweis und Begründung von Wellenphänomenen bei der Dipolstrahlung .....	138
	39 Anwendungen in der Technik .....	145
	<b>Licht als Welle</b> .....	<b>149</b>
	40 Kohärenz und Interferenz .....	150
	41 Interferenz am Doppelspalt .....	153
	42 Beugungsgitter .....	157
	43 Elektromagnetisches Spektrum .....	163
	44 Anwendungen in Natur und Technik .....	165
	<b>Lösungen</b> .....	<b>167</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>251</b>

**Autor:** Horst Lautenschlager



Im Hinblick auf eine eventuelle Begrenzung des Datenvolumens wird empfohlen, dass Sie sich beim Ansehen der Videos im WLAN befinden. Haben Sie keine Möglichkeit, den QR-Code zu scannen, finden Sie die Lernvideos auch unter:  
<http://qrcode.stark-verlag.de/943028V>

# Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

das elektromagnetische Feld und die Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie bilden im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe einen thematischen Schwerpunkt. Mit dem vorliegenden Trainingsband halten Sie ein Buch in Händen, das Sie bei der Vorbereitung auf Unterricht, Klausuren und die schriftliche Abiturprüfung im Fach Physik unterstützt.

Bei der Aufbereitung des Unterrichtsstoffs wurde berücksichtigt, dass in den Prüfungsaufgaben neben dem „physikalischen Rechnen“ das „physikalische Denken“ an Bedeutung gewonnen hat – Sie sollen also in der Lage sein, physikalische Zusammenhänge zu erkennen, zu bewerten und fachsprachlich zu beschreiben.

Ihre Arbeit mit dem Buch wird durch folgende strukturelle Maßnahmen erleichtert:

- Die wichtigen **Begriffe** und **Definitionen** eines Lernabschnitts sind in farbig getönten, **Regeln, Lehr-** und **Merksätze** in farbig umrandeten Kästen abgelegt.
- An jeden Theorieteil schließen passgenaue und kommentierte **Beispielaufgaben** an, die Ihnen den gerade behandelten Stoff unmittelbar anhand einer konkreten Problemstellung veranschaulichen.
- Zu wichtigen Themenbereichen gibt es **Lernvideos**, in denen typische Aufgabenstellungen erläutert und Schritt für Schritt gelöst werden. An den entsprechenden Stellen im Buch befindet sich ein QR-Code, den Sie mithilfe Ihres Smartphones oder Tablets scannen können – Sie gelangen so schnell und einfach zum zugehörigen Lernvideo. 
- Jeder Lernabschnitt schließt mit **Übungsaufgaben**. Zur Selbstkontrolle finden Sie die zugehörigen **Lösungen** am Ende des Buchs vollständig ausgearbeitet und kommentiert.
- Den Abschluss eines jeden Hauptkapitels bildet ein Kapitel mit **Anwendungsaufgaben**, die den behandelten Stoff in Bezug zu physikalischen Fragestellungen aus der Praxis setzen. Sie lernen dadurch, Naturphänomene und technische Anwendungen zu verstehen und zu erklären, indem Sie auf das theoretische Wissen zurückgreifen, das Sie im Hauptkapitel erarbeitet haben.

Viel Erfolg wünscht Ihnen



Horst Lautenschlager



## Elektromagnetische Induktion



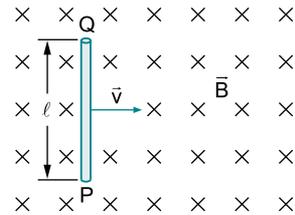
Wie lassen sich zukünftig Elektroautos schnell und komfortabel aufladen? Vielleicht so (Foto): Eine vollständig im Boden versenkte Spule, die Primärspule, bildet die Verbindung zum öffentlichen Energienetz. Unten am Auto ist eine Sekundärspule angebracht. Startet der Fahrer das Laden, wird die Primärspule von Strom durchflossen. Als Folge baut sich ein Magnetfeld auf, das Strom in die Sekundärspule induziert und die Batterie auflädt.

„Convert magnetism into electricity.“ Seit 1820 hatte Michael Faraday versucht, diese in seinem Laborbuch notierte Aufgabe in die Tat umzusetzen und damit das Ergebnis des Ørsted-Versuchs umzukehren, bei dem ein elektrischer Strom ein Magnetfeld erzeugt. 1831 konnte Faraday der Royal Society den lang ersehnten Erfolg vermelden – die elektromagnetische Induktion war entdeckt.

## 25 Induktion in geraden Leitern

Viele Versuchsergebnisse zur elektromagnetischen Induktion kann man durch Lorentzkräfte auf Elektronen in elektrischen Leitern erklären. Besonders übersichtlich wird die Situation, wenn sich ein gerader Leiter durch ein Magnetfeld bewegt.

Betrachten Sie einen geraden Leiter der Länge  $\ell$ , der wie in der Skizze rechts mit der konstanten Geschwindigkeit  $\vec{v}$  senkrecht zu den Feldlinien durch ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte  $\vec{B}$  gezogen wird. Auf die frei beweglichen Elektronen im Leiter wirkt dann eine Lorentzkraft in Richtung  $\overline{QP}$ . Bei P entsteht so ein Überschuss, bei Q ein Mangel an Elektronen. Dieses Konzentrationsgefälle von Ladungsträgern erzeugt im Leiterinneren ein elektrisches Feld, dessen Feldkraft auf die Elektronen parallel, aber entgegengesetzt zur Lorentzkraft wirkt. Hat sich das Konzentrationsgefälle so stark ausgebildet, dass sich elektrische und Lorentzkraft gegenseitig aufheben ( $F_{el} = F_L$ ), so findet keine weitere Verschiebung von Elektronen im Leiter statt, die Spannung  $U$  zwischen Q und P ist konstant.  $U$  lässt sich mithilfe von  $B$ ,  $\ell$  und  $v$  ausdrücken:



$$F_{el} = F_L \Leftrightarrow e \cdot E = e \cdot B \cdot v \Rightarrow E = B \cdot v \Rightarrow \frac{U}{\ell} = B \cdot v \Rightarrow U = B \cdot \ell \cdot v$$

Regel

### **B-ℓ-v-Regel**

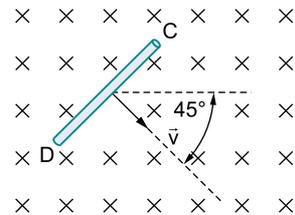
Wird ein gerader Leiter der Länge  $\ell$  mit konstanter Geschwindigkeit  $\vec{v}$  so durch ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte  $B$  gezogen, dass  $\vec{v}$  auf dem Leiter und auf  $B$  senkrecht steht, so entsteht zwischen den Leiterenden die Spannung

$$U = B \cdot \ell \cdot v.$$

Ist  $\vec{v}$  parallel zum Leiter oder zu den Feldlinien gerichtet, entsteht keine Spannung zwischen den Leiterenden.

Beispiel

Ein gerader Leiter der Länge  $\ell = 10,0 \text{ cm}$  bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}$ ,  $v = 1,0 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ , durch ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte  $B = 1,0 \text{ mT}$  (Skizze).



- Berechnen Sie die Spannung, die zwischen den Leiterenden entsteht.
- Ermitteln Sie, an welchem Leiterende man einen Mangel bzw. einen Überschuss an Elektronen findet.

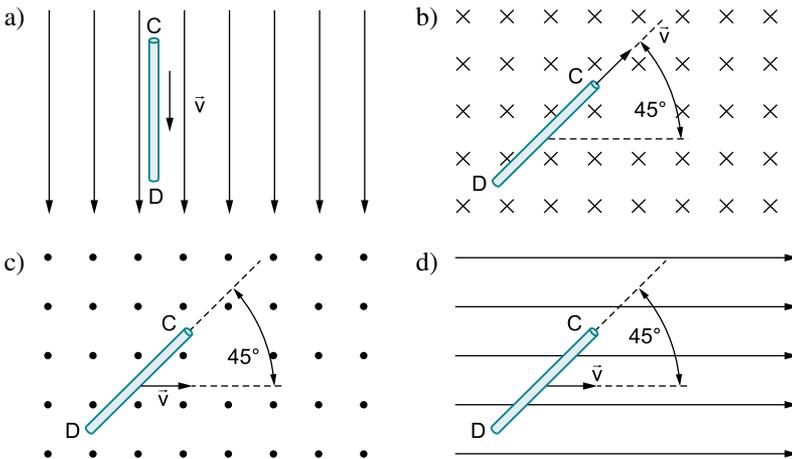
Lösung:

- a) Lassen Sie sich nicht täuschen!  $v$  steht senkrecht auf den Feldlinien und auf dem Leiter. Nach der B- $\ell$ -v-Regel gilt für die Spannung zwischen den Leiterenden:

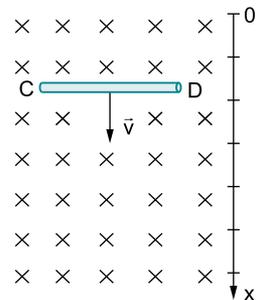
$$U = B \cdot \ell \cdot v = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 0,100 \text{ m} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = \mathbf{1,0 \cdot 10^{-6} \text{ V} = 1,0 \mu\text{V}}$$

- b) Mit der Drei-Finger-Regel für die Lorentzkraft finden Sie die Ladungsverteilung: Bei C herrscht Elektronenmangel, bei D Elektronenüberschuss.

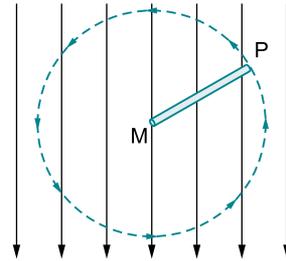
**Aufgaben 100.** Ein gerader Leiter der Länge  $\ell = 10,0 \text{ cm}$  wird jeweils mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}$ ,  $v = 1,0 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ , in der angegebenen Richtung durch ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte,  $B = 1,0 \text{ mT}$ , gezogen (siehe Skizzen). Geben Sie für jede der Bewegungen an, ob Spannung induziert wird, wie groß der Betrag dieser Spannung ist und an welchem Leiterende ein Mangel bzw. ein Überschuss an Elektronen entsteht.



- 101.** Ein  $12,5 \text{ cm}$  langer, gerader Kupferstab wird zum Zeitpunkt  $t = 0 \text{ s}$  im Ursprung eines Koordinatensystems losgelassen und fällt dann in einem räumlich hinreichend ausgedehnten homogenen Magnetfeld nur unter dem Einfluss der Schwerkraft nach unten (Flussdichte  $B = 26,4 \text{ mT}$ ). Während des gesamten Falls gilt  $CD \perp \vec{v}$  und  $CD \perp \vec{B}$ . Berechnen Sie die Fallstrecke  $x$ , nach der die Spannung zwischen den Stabenden  $U_{CD} = 5,70 \text{ mV}$  beträgt.



- 102.** Ein Metallstab rotiert in einem homogenen Magnetfeld um M. Entscheiden Sie begründet, ob dabei eine Spannung zwischen M und P induziert wird.



## 26 Magnetischer Fluss und Induktionsgesetz

1831 entdeckten Michael Faraday und Joseph Henry unabhängig von einander, dass die zeitliche Veränderung eines Magnetfelds ein elektrisches Feld erzeugt. Dieses Phänomen lässt sich durch Einführung einer neuen Größe, des magnetischen Flusses, mathematisch elegant beschreiben.

Definition

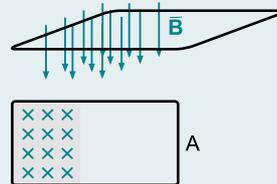
### Magnetischer Fluss

Wird die Fläche A einer ebenen Leiterschleife **senkrecht** von den Feldlinien eines homogenen Magnetfelds der Flussdichte  $\vec{B}$  durchsetzt, so versteht man unter dem magnetischen Fluss  $\Phi$  durch die Leiterschleife das Produkt

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}.$$

Die Einheit des magnetischen Flusses ist das **Weber (Wb)**:

$$[\Phi] = [\vec{B} \cdot \vec{A}] = \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^2 = \text{V} \cdot \text{s} = \text{Wb}$$

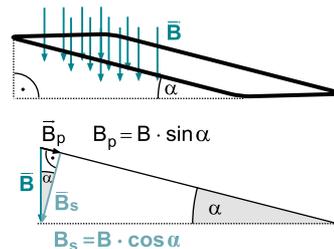


Regel

### Wirksame Flussdichte

Durchsetzen die Feldlinien die Leiterebene **nicht senkrecht**, zerlegt man den Vektor  $\vec{B}$  in Komponenten  $\vec{B}_p$  bzw.  $\vec{B}_s$  parallel bzw. senkrecht zu A. Der magnetische Fluss durch die Leiterschleife ist dann durch die wirksame Flussdichte  $\vec{B}_s$  bestimmt und beträgt

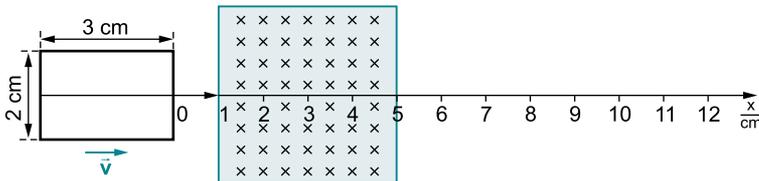
$$\Phi = \vec{B}_s \cdot \vec{A} = \vec{B} \cdot \vec{A} \cdot \cos \alpha.$$



Bei Bildern magnetischer Feldlinien treten im Allgemeinen durch eine zur Feldrichtung senkrechte Einheitsfläche nur so viele Feldlinien, wie der Vektor  $\vec{B}$  an dieser Stelle Einheiten besitzt. In diesem Sinn lässt sich der magnetische Fluss  $\Phi$  durch eine Leiterschleife anschaulich deuten als die Zahl der Feldlinien, die ihre Fläche durchsetzen.

Beispiel

Durch ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte  $B = 4,0 \text{ mT}$  wird ein rechteckiger Leiterrahmen mit der konstanten Geschwindigkeit  $v = 1 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$  gezogen. Zum Zeitpunkt  $t=0 \text{ s}$  befindet sich seine vordere Seite bei  $x=0 \text{ cm}$ . Die Bewegung wird so lange betrachtet, bis er das Magnetfeld wieder vollständig verlassen hat.



- Berechnen Sie den magnetischen Fluss  $\Phi$  durch den Leiterrahmen, wenn sich dieser vollständig im Magnetfeld befindet.
- Zeigen Sie durch Rechnung, dass der Graph der Funktion  $\Phi$  während des Eintritts ins bzw. des Austritts aus dem Magnetfeld eine Gerade ist.
- Zeichnen Sie den Graphen der Funktion  $\Phi(t)$ .

Lösung:

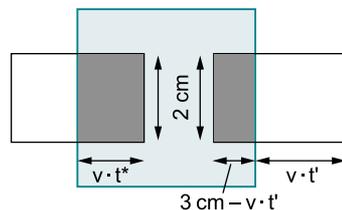
- Befindet sich der Leiterrahmen vollständig im Magnetfeld, so beträgt der magnetische Fluss durch ihn:

$$\Phi = B \cdot A = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m} = \mathbf{2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}}$$

- Bezeichnen  $t^*$  bzw.  $t'$  die Zeiten seit dem Eintritt des Leiterrahmens ins Magnetfeld bzw. seit seinem Austritt aus dem Magnetfeld, so haben die dunkelgrauen Flächen die Inhalte  $v \cdot t^* \cdot 2 \text{ cm}$  bzw.  $(3 \text{ cm} - v \cdot t') \cdot 2 \text{ cm}$ . Daher gilt für den magnetischen Fluss durch den Leiterrahmen beim Eintritt:

$$\Phi(t^*) = B \cdot v \cdot 2 \text{ cm} \cdot t^*$$

$$= 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot t^* = \mathbf{8,0 \cdot 10^{-7} \text{ V} \cdot t^*}$$



Der Graph dieser Funktion im  $t^*$ - $\Phi$ -Diagramm ist eine Ursprungsgerade mit der Steigung  $8,0 \cdot 10^{-7} \text{ V}$ .

Entsprechend gilt beim Austritt:

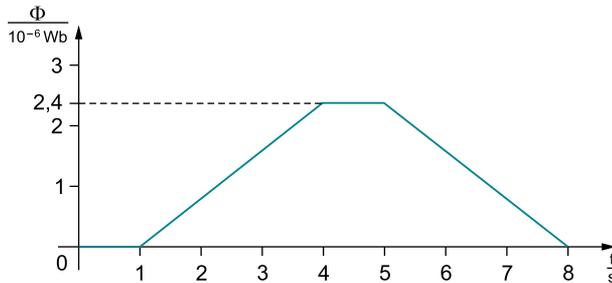
$$\begin{aligned}\Phi(t') &= B \cdot (3 \text{ cm} - v \cdot t') \cdot 2 \text{ cm} \\ &= 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot \left(3 \cdot 10^{-2} \text{ m} - 1 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t'\right) \cdot 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ &= \mathbf{2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Wb} - 8,0 \cdot 10^{-7} \text{ V} \cdot t'}\end{aligned}$$

Der Graph dieser Funktion ist eine Gerade, welche die  $\Phi$ -Achse bei  $2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}$  schneidet und die Steigung  $-8,0 \cdot 10^{-7} \text{ V}$  besitzt.

c) Weil der

- Eintritt ins Magnetfeld zum Zeitpunkt  $t = 1 \text{ s}$  beginnt und zum Zeitpunkt  $t = 4 \text{ s}$  beendet ist,
- der Austritt aus dem Magnetfeld zum Zeitpunkt  $t = 5 \text{ s}$  beginnt und zum Zeitpunkt  $t = 8 \text{ s}$  beendet ist,

erhält man unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Teilaufgabe b das folgende  $t$ - $\Phi$ -Diagramm:



Faradays Entdeckung ist Ausdruck eines grundlegenden Zusammenhangs zwischen dem zeitlich veränderlichen magnetischen Fluss durch eine Leiterschleife und der elektrischen Spannung, die in der Schleife dabei erzeugt wird. Man bezeichnet diesen Vorgang als **elektromagnetische Induktion**.

Regel

### Induktionsgesetz

Jede Änderung des magnetischen Flusses durch eine Spule mit  $N$  Windungen ruft zwischen den Spulenden die Induktionsspannung

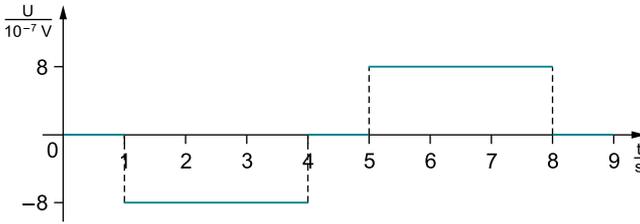
$$U_{\text{ind}}(t) = -N \cdot \dot{\Phi}(t)$$

hervor.  $\dot{\Phi}(t)$  bezeichnet dabei die Ableitung  $\frac{d\Phi}{dt}$  der Flussfunktion nach der Zeit.

Beispiel

Stellen Sie mithilfe des Induktionsgesetzes die im vorigen Beispiel beschriebene induzierte Spannung als Funktion der Zeit grafisch dar und begründen Sie Ihre Zeichnung.

Lösung:



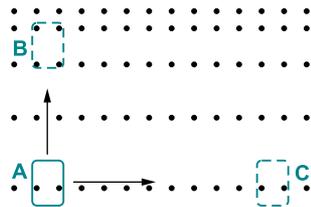
Begründung: Da der Rahmen nur ein Windung besitzt, gilt  $U_{\text{ind}}(t) = -\dot{\Phi}(t)$ . Die induzierte Spannung ist daher die jeweils mit  $-1$  multiplizierte Steigung der Geraden im  $t$ - $\Phi$ -Diagramm.



Spannung wird in einem Leiterraum zu einem Zeitpunkt  $t$  nur dann induziert, wenn  $\dot{\Phi}(t) \neq 0$ , wenn sich also die „Anzahl“ der magnetischen Feldlinien durch den Leiterraum ändert.

Beispiel

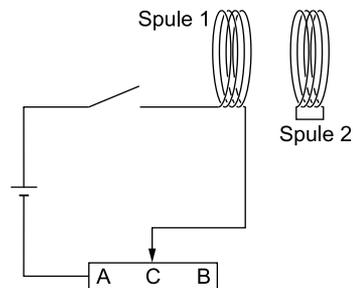
Ein geschlossener Leiterraum wird mit konstanter Geschwindigkeit durch ein nicht homogenes Magnetfeld gezogen, einmal von Position A nach Position B, ein anderes Mal von A nach C. Bei welcher dieser Bewegungen wird im Leiterraum Spannung induziert? Begründen Sie Ihre Antwort.



Lösung

Bei der Bewegung von A nach C ändert sich die „Anzahl“ der Feldlinien, die den Rahmen durchsetzen, nicht. Daher wird keine Spannung induziert. Bei der Bewegung von A nach B nimmt die „Anzahl“ der Feldlinien, die den Rahmen durchsetzen, zu. Daher wird Spannung induziert.

**Aufgaben 103.** Die Enden der Spule 1 sind mit den Polen einer Gleichspannungsquelle verbunden. Im Stromkreis befinden sich auch ein Schalter und ein Schiebewiderstand. Die Enden der Spule 2 sind miteinander verbunden. Geben Sie 9 Möglichkeiten an, wie man mit der skizzierten Versuchsanordnung in der Spule 2 Spannung induzieren kann.





## Lösungen



Auf den folgenden Seiten finden Sie die vollständigen Lösungen zu allen Aufgaben im Buch, inklusive ausführlicher Kommentierung des Lösungsweges und der Rechnungen.

1. Da 3,6 g Radium in einer Sekunde  $3,6 \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 2$  Elementarladungen auf die Aluminiumfolie abstrahlen und der Ladungsbetrag einer Elementarladung  $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  beträgt, nimmt die Folie in einer Sekunde die Ladung

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{3,6 \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ s}} = 4,3 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{s}}$$

auf. Die Zeit  $t$  zum Aufladen der Folie auf  $Q = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  beträgt folglich

$$t = \frac{Q}{\frac{\Delta Q}{\Delta t}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{4,27 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{s}}} = 23 \text{ s.}$$

2. a) Weil sich die Gesamtladung  $Q_1 + Q_2$  durch die Verbindung auf beide Kugeln gleichmäßig verteilt, befindet sich auf jeder Kugel die Ladung

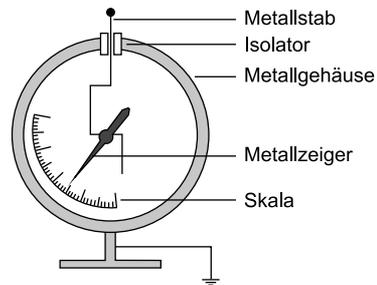
$$\frac{Q_1 + Q_2}{2} = \frac{-6,0 \cdot 10^{-9} \text{ C} + 3,0 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{2} = -1,5 \cdot 10^{-9} \text{ C.}$$

- b) Die negative Ladungsmenge auf  $K_1$  hat sich von  $-6,0 \text{ nC}$  auf  $-1,5 \text{ nC}$  verringert. Daher ist durch den Verbindungsdraht die Ladungsmenge  $Q = -6,0 \text{ nC} - (-1,5 \text{ nC}) = -4,5 \text{ nC}$  geflossen. Weil ein Elektron die Ladung  $-1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  trägt, sind

$$\frac{-4,5 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{-1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 2,8 \cdot 10^{10}$$

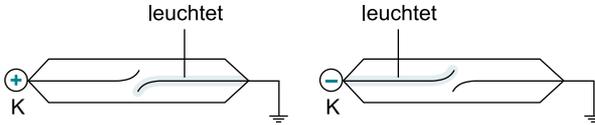
Elektronen durch den Verbindungsdraht geflossen.

3. a) An einem Metallstab ist ein Metallzeiger oberhalb seines Schwerpunkts drehbar befestigt. Fließen Ladungen auf Stab und Zeiger, so schlägt der Zeiger aus, weil sich gleichartig geladene Körper abstoßen. Die Größe des Ausschlags ist ein Maß für die aufgeladene Ladungsmenge.

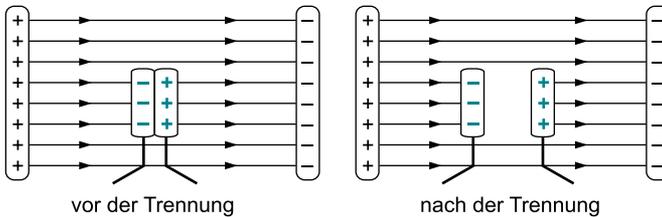


- b) Elektroskope sind für die Messung kleinerer Ladungsbeträge zu ungenau und zeigen die Ladungsart nicht an. Außerdem fließt bei Verbindung des Zeigersystems mit dem Körper, dessen Ladung gemessen werden soll, nicht dessen gesamte Ladung auf das Elektroskop über.
4. Die negative Ladung des Stabes drückt, wenn er sich nahe genug bei der Kugel befindet, frei bewegliche Elektronen des Leitersystems Zeiger–Kugel von der Kugel weg in Richtung Zeiger. Dadurch wächst die negative Ladung auf Stab und Zeiger des Elektroskops, der Ausschlag nimmt zu.

5. Berührt man einen hinreichend stark geladenen Körper K mit einer einseitig geerdeten Glimmlampe, ergibt sich die Ladungsart aus dem Umstand, *welche* der beiden Elektroden aufleuchtet (siehe Skizze).



6. Auf der Platte, die der positiv geladenen Kondensatorplatte zugewandt ist, sammelt sich negative, auf der anderen positive Ladung an. Diese Ladung bleibt nach der Trennung auf jeder Platte erhalten.



7. Die eigentliche Ursache für die Erzeugung von Ladung durch Reibung ist nicht der Reibungsvorgang selbst, sondern die durch die stoffliche Verschiedenheit bedingten unterschiedlichen Anziehungskräfte des einen Körpers auf die Elektronen des anderen. Zieht z. B.  $K_1$  die Elektronen von  $K_2$  stärker an als umgekehrt, so wandern bei innigem Kontakt insgesamt mehr Elektronen von  $K_2$  zu  $K_1$ .  $K_1$  ist nach der Trennung negativ,  $K_2$  positiv geladen. Die Reibung bewirkt nur, dass nacheinander mehr und mehr Stellen der beiden Körper in innige Berührung gebracht und wieder getrennt werden.

$$8. E_e = \frac{\text{Kraft auf das Alphateilchen}}{\text{Ladung des Alphateilchens}} = \frac{F}{2e}$$

$$= \frac{4,6 \cdot 10^{-8} \text{ N}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1,4 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Feldstärke des vom Elektron am Ort des Alphateilchens erzeugten Felds

$$E_\alpha = \frac{\text{Kraft auf das Elektron}}{\text{Ladung des Elektrons}} = \frac{F}{e}$$

$$= \frac{4,6 \cdot 10^{-8} \text{ N}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 2,9 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Feldstärke des vom Alphateilchen am Ort des Elektrons erzeugten Felds



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)

[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.

**STARK**