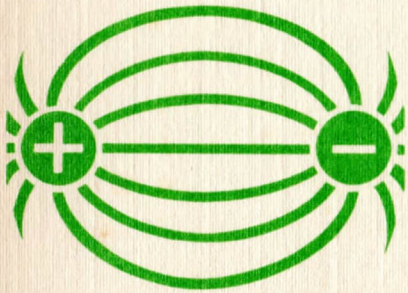
Programmiertes
Lehrmaterial

Elektrisches Feld

Klasse 9



ELEKTRISCHES FELD

Programmiertes Lehrmaterial für Klasse 9

VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN
1977

Herausgegeben von der
Akademie der Pädagogischen Wissenschaften der DDR
Institut für Didaktik

Autor: Dr. Klaus Karl

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch bestätigt.

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin 1977
1. Auflage
Lizenz-Nr. 203/1000/77 (E 02 09 06-1)
LSV 0681
Zeichnungen: Ingrid Schäfer
Einband: Atelier VWV
Printed in the German Democratic Republic
Reproduktion und Druck: BS "Rudi Arndt" Berlin
Redaktionsschluß: 6. 12. 1976
Bestell-Nr.: 730 679 5
Schulpreis DDR: 2,10

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zur Arbeit mit dem programmierten Lehrmaterial	I
Abschnitt 1: Elektrische Ladung und elektrisches Feld	1
Abschnitt 2: Die elektrische Feldstärke	8
Abschnitt 3: Arbeit und Energie im elektrischen Feld	14
Abschnitt 4: Ladungsausgleich, elektrischer Strom	20
Abschnitt 5: Laden und Entladen eines Kondensators	24
Abschnitt 6: Der Zusammenhang zwischen Ladung und Spannung bei einem Kondensator	28
Lösungen zu den Aufgaben	32
Muster für Versuchsprotokolle	39
Kontrollaufgaben	42

Zur Arbeit mit dem programmierten Lehrmaterial

Das vorliegende Arbeitsmaterial soll Sie bei der Aneignung physikalischer Grundkenntnisse, bei der Festigung Ihres Könnens im Auswerten von Experimenten und beim Lösen vielfältiger physikalischer Aufgaben unterstützen.

Es ist in erster Linie für die selbständige Lernarbeit im Unterricht und in der Hausarbeit gedacht. Dabei ist zu beachten, daß nicht der gesamte Lehrplanstoff zum Stoffgebiet "Elektrisches Feld" in diesem Material dargestellt ist. Ihr Fachlehrer wird festlegen, wann und wie Sie mit dem Programm arbeiten.

Das Material enthält verschiedene Bestandteile.
Grundbestandteil sind programmierte Lehrtexte, in die Arbeitsblätter, Muster für Versuchsprotokolle und Zusammenfassungen eingegliedert sind.

Die programmierten Lehrtexte enthalten neben den zu wiederholenden oder neu zu lernenden Begriffen, Gesetzen usw. zahlreiche Aufgaben und Fragen, die Sie schriftlich in einem Arbeitsheft lösen bzw. beantworten sollen.
Wenn Sie die Lösung erarbeitet haben, können Sie im Lösungsteil (S. 32 - 38) deren Richtigkeit überprüfen.

Damit Sie sich auf den einzelnen Seiten zurechtfinden, ist jedes Feld einer Seite in der l i n k e n Spalte durch einen Großbuchstaben gekennzeichnet. In der r e c h t e n Spalte ist angegeben, zu welchem Feld welcher Seite Sie als nächstes zu gehen haben.

Folgende Symbole werden verwendet:

▶ Merksatz

● Aufgabe, Frage, Auftrag

└ Melden Sie sich beim Lehrer!

Arbeitsblätter (Symbol AB) finden Sie auf den Seiten 2, 4, 6, 17, 26. Sie enthalten Aufgaben, die Sie selbständig ohne Nachschlagen der Lösung (Bewertung durch den Lehrer!) bearbeiten sollen. Günstig ist es, Transparentpapier oder Schreibfolie aufzulegen.

II

Die ersten drei Arbeitsblätter befinden sich im Abschnitt 1, einem reinen Wiederholungsabschnitt; deshalb befindet sich vor Ihnen ein längerer zusammenfassender Text.

Muster von Versuchsprotokollen (Symbol VP) enthält das Material für drei Experimente auf den Seiten 39, 40 und 41. Es empfiehlt sich, diese Muster auf Bogen zum Abheften zu übertragen.

Zusammenfassungen (Symbol Z) finden Sie am Ende der Abschnitte 1, 3, 5 und 6, und zwar auf den Seiten 7, 19, 27 und 31. Sie sind in Form von Lückentexten aufgebaut, die Sie, wenn Sie den Stoff gut durchgearbeitet haben, sicher ohne Schwierigkeiten ergänzen können.
Ihr Lehrer wird entscheiden, ob und wann Sie diese Zusammenfassungen ergänzen und in Ihren Hefter übernehmen.

Kontrollaufgaben befinden sich auf der letzten Seite dieses Heftes. Sie sind zur Wiederholung und Vertiefung des Stoffes gedacht. Wenn Sie einmal etwas schneller bei der Arbeit mit dem Programm vorangekommen sind, können Sie sich selbst die eine oder andere Aufgabe auswählen.

Viel Erfolg!

A

Abschnitt 1

Elektrische Ladung und elektrisches Feld
(Wiederholung)

Bei der Behandlung des Stoffes aus Klasse 8 wurde bereits über elektrische Ladungen und elektrische Felder gesprochen. Vor der weiteren Vertiefung Ihrer Kenntnisse soll zunächst das Wichtigste zusammengefaßt werden. Dazu dienen der folgende Text und einige Arbeitsblätter.

B

1. Aufbau der Atome - elektrische Ladung

Das Atom besteht aus Protonen und Neutronen im Atomkern und Elektronen in der Atomhülle. Die Anzahl der Elektronen ist gleich der Anzahl der Protonen. Die Protonen sind Träger der positiven Elementarladung, die Elektronen sind Träger der negativen Elementarladung. Die Neutronen sind elektrisch neutral.

Die Summe der positiven Elementarladungen im Atomkern ist gleich der Summe der negativen Elementarladungen in der Atomhülle. Dadurch wirkt das Atom nach außen elektrisch neutral.

C

2. Ladungstrennung

Wenn man zwei ungeladene Körper aus verschiedenen Stoffen in innige Berührung bringt und sie wieder voneinander entfernt, dann kann man anschließend feststellen, daß sie entgegengesetzt geladen sind. Offensichtlich fand eine Ladungstrennung statt.

Eine Ladungstrennung erfolgt zum Beispiel beim Kämmen des Haares oder beim Abwischen einer Schallplatte. Der elektronenaufnehmende Körper wird dabei negativ, der elektronenabgebende Körper wird positiv geladen.

Lösen Sie nun die Aufgaben auf dem ersten Arbeitsblatt!

AB 1	Arbeitsblatt 1	Name:	Klasse:
	Elektrische Ladung (Wiederholung zum Stoff aus Klasse 8)		

1. Aufbau der Atome und elektrische Ladung

Aufgabe: Vervollständigen Sie die Tabelle!

	Atom		
Bestandteile	Kern		
Bestandteile	Protonen		
Ladungsart		neutral	
Vergleichen Sie die Anzahl der Elementarladungen in Kern u. Hülle!			
Nennen Sie die Anzahl der Elektronen!	im Wasserstoffatom:		
	im Sauerstoffatom:		

2. Ladungstrennung

Aufgabe: Nennen Sie Körper, bei deren Berührung eine Ladungstrennung erfolgt!

Glasstab	und	
	und	
	und	

Aufgabe: Ordnen Sie die Begriffe "Elektronenüberschuß" und "Elektronenmangel" richtig zu!

positiv geladener Körper	
negativ geladener Körper	

A

3. Die Kraft zwischen elektrischen Ladungen - Übertragung von Ladungen

Aus dem Stoff der Klasse 8 ist Ihnen bereits folgende einprägsame Gesetzmäßigkeit bekannt:

▶ Zwischen gleichartig geladenen Körpern wirkt eine Abstoßungskraft. Zwischen ungleichartig geladenen Körpern wirkt eine Anziehungskraft.

B

Aus Klasse 8 wissen Sie ebenfalls:

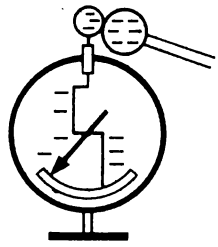
Wenn man mit einem geladenen Körper einen ungeladenen Körper berührt (zum Beispiel mit einem geriebenen Hartgummistab eine Metallkugel), so findet eine Ladungsübertragung statt.

▶ Elektrische Ladungen lassen sich von einem geladenen Körper auf andere Körper übertragen.

C

Die Übertragung von Ladungen und die oben genannte Gesetzmäßigkeit finden beim Elektrometer Anwendung:

Wenn man die negativ geladene Metallkugel eines Bandgenerators mit der Kugelelektrode des Elektrometers in Berührung bringt, geht ein Teil der Ladung der Metallkugel unter dem Einfluß der Kraft zwischen den frei beweglichen Elektronen auf das Meßgerät über.

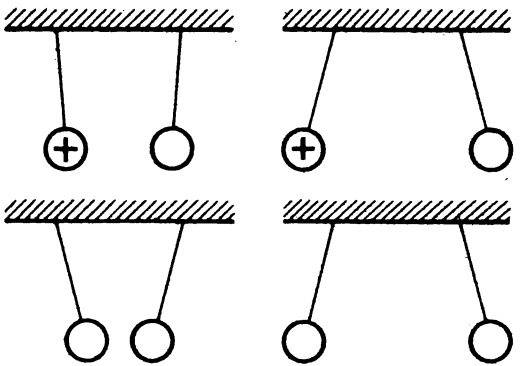


● Lösen Sie nun die Aufgaben auf dem nächsten Arbeitsblatt!

AB 2	Arbeitsblatt 2	Name:	Klasse:
	Elektrische Ladung (Wiederholung zum Stoff aus Klasse 8)		

1. Die Kraft zwischen elektrischen Ladungen

Aufgaben: a) Tragen Sie in die einzelnen Kugeln das Zeichen + oder - ein!



b) Formulieren Sie die zugrunde liegende Gesetzmäßigkeit!

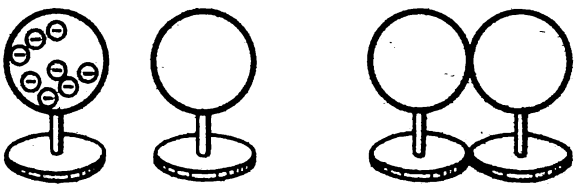
.....

.....

.....

2. Ladungsübertragung

Aufgabe: Skizzieren Sie die Verteilung der negativen elektrischen Ladungen, nachdem die beiden leitenden Kugeln zur Berührung gebracht wurden (Gedankenexperiment)!



3. Notieren Sie (s. auch Lehrbuch S. 68):

Formelzeichen für die elektrische Ladung	
Name der Einheit der elektrischen Ladung	
Kurzzeichen der Einheit	

A

4. Das elektrische Feld

Die Beobachtung, daß zwischen geladenen Körpern Kräfte wirken, führt zu der Frage, wie die Kraftübertragung zwischen den Körpern vor sich geht. Im Unterschied zur Mechanik kommt es zwischen geladenen Körpern auch ohne Hilfsmittel zu einer Kraftübertragung.

Um eine Antwort auf diese Frage zu finden, kann man einen kleinen geladenen Körper ("Probekörper") zwischen die entgegengesetzt geladenen Platten eines Kondensators bringen.

Beobachtung: Der Probekörper wird von einer der Platten angezogen, gleich, an welcher Stelle des Raumes zwischen den Platten er sich befindet.

B

Der Raum zwischen den Platten erhält durch deren Aufladung eine Eigenschaft, die er bei ungeladenen Platten nicht besitzt.

Wichtig ist: Auch der Raum um andere Körper wird, wenn diese Körper elektrisch geladen sind, in dieser nicht sichtbaren Weise beeinflußt.

▶ Im Raum um jeden geladenen Körper wirkt eine Kraft auf dort befindliche Probekörper. Man sagt: In diesem Raum besteht ein elektrisches Feld. Erst an der Kraftwirkung auf Ladungsträger erkennt man das Vorhandensein eines elektrischen Feldes.

C

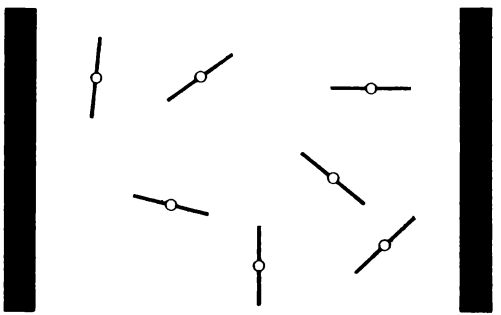
Wenn wir viele kleine Körper (z. B. kleine drehbare Papierfähnchen) zwischen die Platten eines Kondensators bringen und diese auflagen, so ordnen sich die Teilchen unter dem Einfluß der Kraft im Feld angenähert längs einzelner Linien. Sind die Teilchen leicht beweglich, wie z. B. Wattestückchen zwischen den Polen eines Bandgenerators, so bewegen sie sich auf bestimmten Bahnen zwischen den Polen hin und her.

▶ Diese Linien bzw. Bahnen, die uns eine Vorstellung vom Aufbau des elektrischen Feldes vermitteln, heißen elektrische Feldlinien.

● Gehen Sie nun zum folgenden Arbeitsblatt über!

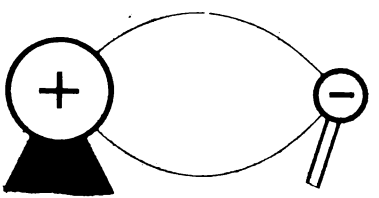
AB 3	Arbeitsblatt 3	Name:	Klasse:
	Elektrische Feldlinien (Wiederholung zum Stoff aus Klasse 8)		

Aufgabe: Zeichnen Sie die Stellung der Papierfähnchen nach entgegengesetzter Aufladung der Kondensatorplatten ein!



Aufgabe: Skizzieren Sie einige Feldlinien zwischen den Kondensatorplatten!

Zusatzaufgabe: Ergänze weitere Feldlinien!



Z 1

Z u s a m m e n f a s s u n g zum Abschnitt 1

A

Elektrische Ladung und elektrisches Feld
(Wiederholung zum Stoff aus Klasse 8)

Die Atome bestehen aus ..... und ..... . Die Atomhülle besteht aus ..... , die elektrisch ..... geladen sind. Der Betrag der Ladung eines Elektrons wird ..... genannt.
Der Betrag der ..... im Atomkern ist genauso groß wie in der ..... .

B

Durch die enge Berührung und die darauffolgende Entfernung zweier Körper aus verschiedenen ..... erfolgt eine ..... .
Der eine Körper besitzt einen Elektronenüberschuß; er ist somit ..... geladen.
Der andere Körper weist ..... auf, er ist ..... geladen.

C

Die Einheit der elektrischen Ladung ist das ..... (1 ... = 1 ...).

D

Elektrisch geladene Körper üben Kräfte aufeinander aus. Körper mit gleichartigen ..... stößen einander ab; Körper mit ..... Ladungen ..... .

E

Im Raum um jeden ..... Körper wirken Kräfte auf hineingebrachte Ladungsträger.
Man sagt: In diesem ..... besteht ein ..... .
Der Aufbau des elektrischen Feldes kann durch die .....
veranschaulicht werden.

8 A

A

Abschnitt 2

Die elektrische Feldstärke

Im vorangegangenen Abschnitt wurden wichtige Grundbegriffe aus Klasse 8 wiederholt; der für die folgenden Überlegungen wichtigste ist der Begriff "elektrisches Feld". Bisher haben wir elektrische Felder im wesentlichen von der Anschauung her, noch nicht messend, untersucht.

B

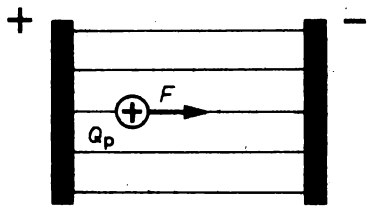
Im folgenden geht es uns um ein neues Problem, bei dem das **Messen** an elektrischen Feldern in den Vordergrund tritt. Sie wissen, daß das Fernsehbild durch schnell bewegte Elektronen entsteht, die auf dem Bildschirm auftreffen. Die zu ihrer Beschleunigung erforderliche Kraft wirkt auf sie beim Durchlaufen eines elektrischen Feldes, das im Hals der Bildröhre erzeugt wird.

Eine technische Beherrschung derartiger Bewegungsvorgänge ist nicht möglich, wenn der **Zusammenhang zwischen der Ladung des betrachteten Ladungsträgers und der auf ihn wirkenden Kraft** nicht genau bekannt und berechenbar ist.

C

Dieser Zusammenhang kann experimentell ermittelt werden. Unsere Fragestellung lautet also:

> Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Ladung Q_p eines Probekörpers und der in einem Punkt des elektrischen Feldes auf ihn wirkenden Kraft?



A

Zu Beginn ist eine einfache Überlegung zu einem geeigneten Meßverfahren angebracht.

Zunächst eine Frage zur Messung der Größen:

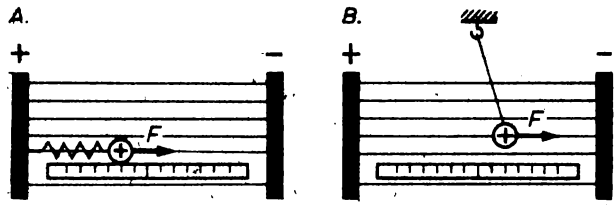
Welche Größen müssen entsprechend unserer Fragestellung von Seite 80 in der Meßwerttabelle erfaßt werden? (Erst überlegen und unter den drei folgenden Antworten auswählen, dann nachschlagen!

a) Die Kraft F in Abhängigkeit von der Ladung Q_p in einem bestimmten Punkt des Feldes.
b) Die Kraft F in verschiedenen Punkten des Feldes bei konstanter Ladung Q_p.
c) Die Kraft F in Abhängigkeit von der Ladung Q auf den Kondensatorplatten in einem bestimmten Punkt des Feldes.

32 A

B

Folgende Meßverfahren könnten für unser Experiment ins Auge gefaßt werden:



Welches Verfahren halten Sie unter Berücksichtigung der Isolation, der Reibung, des Betrags der Auslenkung und anderer Faktoren für günstiger? Begründen Sie Ihre Wahl stichwortartig!

32 B

A

Das zweite Verfahren (B) erweist sich also als günstiger, wenngleich es in dieser einfachen Form bei ungünstigen Bedingungen (z. B. Luftfeuchtigkeit) oft ungenaue Resultate bringt.

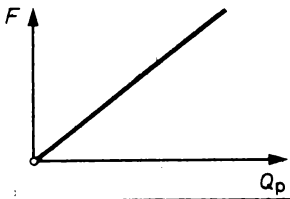
Die experimentelle Untersuchung unseres Problems ist - wie Sie sehen - nicht einfach. Falls Sie das Experiment im Unterricht vorgeführt bekommen, können Sie das Versuchsprotokoll VP 1 auf Seite 39 benutzen.
Melden Sie sich nun beim Lehrer! L

▼ LEHRERDEMONSTRATIONSEXPERIMENT 1

B

Die grafische Auswertung der Meßergebnisse aus unserem Experiment liefert folgendes Ergebnis:

Der Zusammenhang zwischen der Ladung Q_p und der in einem bestimmten Punkt des elektrischen Feldes auf den Probekörper wirkenden Kraft F wird in der grafischen Darstellung durch eine Gerade wiedergegeben, die durch den Ursprung verläuft.



(Auch wenn wir die Messungen im Plattenkondensator an anderen Punkten des Feldes durchgeführt hätten, wären wir zum gleichen Ergebnis gekommen; die Geraden würden den gleichen Anstieg aufweisen.)

● Wie lautet eine andere mathematische Formulierung dieses Ergebnisses? 32 C

A

Wenden Sie Ihre Kenntnisse an:

Auf einen Probekörper mit der Ladung Q_p wird in einem bestimmten Punkt eines elektrischen Feldes eine Kraft F ausgeübt. Wie ändert sich diese Kraft, wenn die Hälfte der Ladung des Probekörpers abgetrennt wird!

a) Die Kraft F verdoppelt sich.
b) Die Kraft F verringert sich auf die Hälfte des ursprünglichen Betrages.

33 C

B

Wiederholen Sie nochmals die gewonnene Erkenntnis und ergänzen Sie schriftlich folgenden Satz:

Die im ..... auf einen Probekörper ..... ist der ..... des Probekörpers proportional.
....

Vergleichen Sie im LB S. 71 Mitte!

C

Aus einer Reihe anderer Beispiele wissen Sie: Wenn zwei Größen x und y einander proportional sind, so ist der Quotient zusammengehöriger Meßwerte konstant. Dies gilt auch für die Proportionalität zwischen Q_p und F.

Aus $F \sim Q_p$ folgt also:

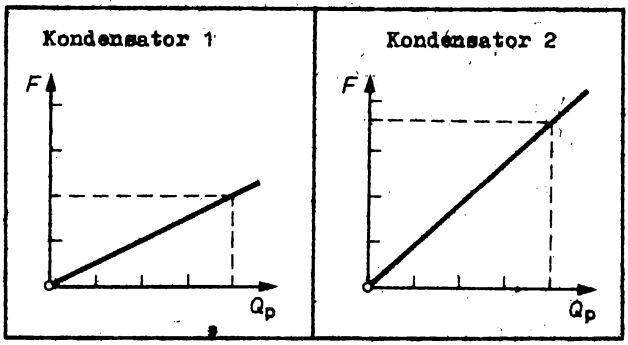
$$\frac{F}{Q_p} = \text{konstant}$$

Dieser Quotient $\frac{F}{Q_p}$ spielt für die quantitative (zahlenmäßige) Beschreibung elektrischer Felder eine wichtige Rolle.

12 A

A

Wir stellen uns vor, daß das eben erörterte Experiment an zwei Kondensatoren mit verschiedenen Feldern durchgeführt worden sei, d. h., es seien zwei Meßreihen und zwei grafische Darstellungen entstanden. Dies zeigt folgende Gegenüberstellung:



● Überlegen Sie anhand der beiden grafischen Darstellungen, bei welchem Kondensator der Quotient $\frac{F}{Q_p}$ größer ist.

34 C

B

Mit Hilfe der Quotienten $\frac{F}{Q_p}$ können wir also die beiden elektrischen Felder hinsichtlich der in ihnen auftretenden Kraftwirkungen miteinander vergleichen!

● Ergänzen Sie folgenden Satz:

Im Kondensator 2 ist das Feld "stärker" als im Kondensator 1, denn auf den gleichen Probekörper mit der Ladung Q_p wirkt im Kondensator 2 eine ..... Kraft F als im Kondensator 1.

34 D

A

Verallgemeinernd kann gesagt werden:

Für jeden Punkt eines beliebigen elektrischen Feldes kann der Quotient $\frac{F}{Q_p}$, mit dessen Hilfe ein Vergleich der "Stärke" des elektrischen Feldes möglich ist, angegeben werden.

Es ist daher zweckmäßig, den Quotienten $\frac{F}{Q_p}$ als elektrische Feldstärke zu definieren.
Diese neue physikalische Größe hat das Formelzeichen E.

Definition: Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes ist der Quotient aus der Kraft F auf einen geladenen Probekörper und der Ladung Q des Probekörpers	$E = \frac{F}{Q}$
Einheit: $1\ \frac{N}{As}$ oder $1\ \frac{V}{m}$.	

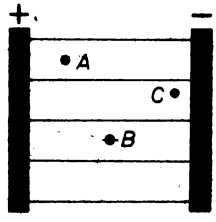
B

Übungsaufgaben zur elektrischen Feldstärke

Man bringt einen geladenen Körper nacheinander an die Punkte A, B und C im Feld eines Plattenkondensators.

Überlegen Sie anhand der Definitionsgleichung für die Feldstärke, ob in den drei Punkten
a) die gleiche Feldstärke,
b) unterschiedliche Feldstärke
herrscht!

(Eine Aussage über den Betrag der Kraft F an verschiedenen Punkten im Feld eines Plattenkondensators können Sie der Seite 10 B entnehmen.)



33 D

C

An drei Punkten A, B und C eines anderen elektrischen Feldes werden drei Probekörper mit verschiedenen Ladungen gebracht. Für die Ladungen gilt die Ungleichung $Q_B > Q_A > Q_C$.
Auf alle drei Probekörper wirkt die gleiche Kraft.
An welchem Punkte des Feldes ist die Feldstärke am größten und in welchem am kleinsten?

35 A

A

Abschnitt 3

Arbeit und Energie im elektrischen Feld

▶ **Das elektrische Feld ist Träger von Energie**

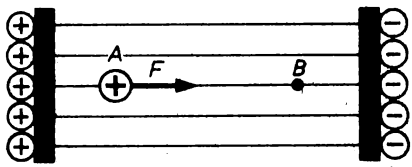
Diese Erkenntnis, die Sie bereits in Klasse 8 gewonnen haben, gilt es, im folgenden Abschnitt zu vertiefen.

Uns interessiert vor allem, wie elektrische Felder an Energieumwandlungen beteiligt sind. (Zu dieser Frage gelangt man, wenn man sich vergegenwärtigt, daß z. B. ein gehobener Körper als Träger potentieller Energie beim Herabfallen ebenfalls an Energieumwandlungen beteiligt ist.)

B

Beschäftigen wir uns mit einem Gedankenexperiment:

Eine geladene Probekugel werde an den Punkt A eines elektrischen Feldes gebracht. Unter dem Einfluß des Feldes bewege sie sich von A nach B.



● Welche Aussage(n) ist (sind) hierzu richtig?

a) Bei der Bewegung der Kugel von A nach B wird mechanische Arbeit gewonnen

b) Um die Kugel von A nach B zu bewegen, muß an ihr durch äußere Einwirkung mechanische Arbeit verrichtet werden.

c) Das Feld verrichtet, indem die Kugel von A nach B bewegt wird, mechanische Arbeit.

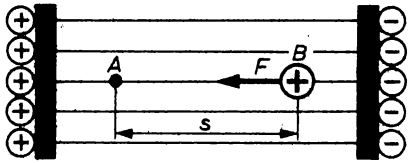
35 B

A

Die gewonnene mechanische Arbeit wird der Energie des elektrischen Feldes entnommen.

Wie groß ist diese gewonnene Arbeit?
Die gewonnene Arbeit oder - was wir dafür setzen können - die dem Feld entnommene Energie ist gleich der mechanischen Arbeit, die notwendig ist, um dieselbe Kugel in umgekehrter Richtung, also von B nach A, zu verschieben.

Die zur Verschiebung von B nach A erforderliche Arbeit heit Verschiebungsarbeit $W = F \cdot s$.



B ●

Wie verändert sich die Verschiebungsarbeit in unserem Beispiel, wenn folgende Größen geändert werden? (Setzen Sie die Wörter "wächst" oder "nimmt ab" oder "bleibt konstant" ein!)

geänderte Größe	Verschiebungsarbeit
Abstand zwischen A und B wird verringert	...
Ladung der Kugel wird vergrößert	...
Ladung der Kondensatorplatten wird verringert	...

35 C

C ▶

Die elektrische Spannung

Das Verständnis dieser wichtigen Größe bereitet oft Kopfzerbrechen. Am besten ist, man hält sich zunächst an die Definitionsgleichung:

Elektrische Spannung = $\frac{\text{Verschiebungsarbeit}}{\text{Ladung}}$	$U = \frac{W}{Q}$
Einheit: Das Volt (V), $1V = \frac{1\ Ws}{1\ As} = \frac{1\ W}{1\ A}$	

A

Die elektrische Spannung kann als Maß für die Verschiebungsarbeit betrachtet werden, die ich an einem Probekörper mit einer bestimmten Ladung Q in einem elektrischen Feld verrichten müßte, um ihn von einem bestimmten Punkt des Feldes zu einem anderen Punkt zu bewegen.

Diese Erkenntnis brauchen Sie zur Beantwortung der Frage, welche Aussage ist wahr?

a) Die Spannung wird immer zwischen zwei Punkten eines elektrischen Feldes bestimmt. → 36 A

b) Die Spannung kann für jeden Punkt eines elektrischen Feldes angegeben werden → 37 A

c) Bei der Angabe einer Spannung ist es nicht erforderlich, bestimmte Punkte des elektrischen Feldes zu nennen → 35 D

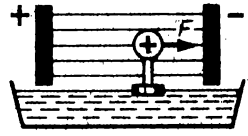
B

Gehen Sie nun an die Lösung der Aufgaben im nächsten Arbeitsblatt! → 17 dann 16 C

C

Abschließend betrachten wir noch ein Experiment. Es soll uns die eingangs gestellte Frage nach den Energieumwandlungen im elektrischen Feld beantworten helfen. Gehen Sie nochmals zu Seite 14B und vergegenwärtigen Sie sich das Gedankenexperiment! Wir können es in folgender Weise verwirklichen:

Der Probekörper ist eine leichte leitende Kugel, die - wie es die folgende Skizze zeigt - auf einer Flüssigkeit zwischen zwei Kondensatorplatten schwimmt. Zunächst wird die Kugel mit der positiv geladenen Platte in Berührung gebracht und losgelassen. Infolge der Einwirkung der Kraft F bewegt sich die Kugel zur negativ geladenen Platte.



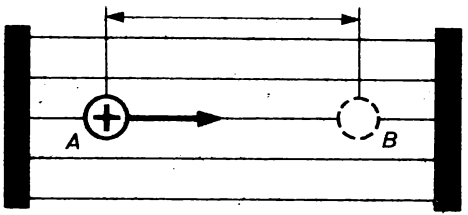
Überlegen Sie sich den voraussichtlichen weiteren Bewegungsablauf und vergleichen Sie mit Ihren anschließenden Beobachtungen! → L

AB 4	Arbeitsblatt 4	Name:	Klasse:
	Verschiebungsarbeit im elektrischen Feld / Elektrische Spannung (Wiederholung zum Stoff aus Klasse 8)		

Ein Probekörper mit der positiven Ladung Q wird im elektrischen Feld eines Plattenkondensators durch äußere Einwirkung um die Strecke s von A nach B längs einer Feldlinie verschoben. Dabei muß die Kraft F aufgewendet werden.

Aufgaben:

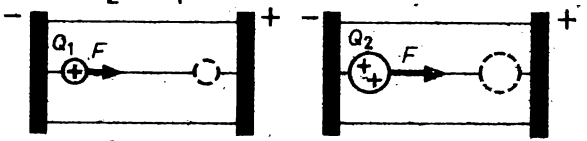
a) Tragen Sie die Zeichen F, s, + und - in die Skizze für dieses Gedankenexperiment ein!



b) Wie lautet die Gleichung für die Verschiebungsarbeit?

c) Wie lautet die Definitionsgleichung für die elektrische Spannung, die zwischen A und B herrscht?

d) Vergleichen Sie die Beträge der Verschiebungsarbeit und der Spannung! (In beiden Fällen liegt das gleiche Feld vor, jedoch ist $Q_2 > Q_1$; s = konstant)



Fall 1 *Fall 2*

Kreuzen Sie an!

	größer	kleiner	gleich
Verschiebungsarbeit im Fall 2 im Vergleich zu Fall 1			
Spannung im Fall 2 im Vergleich zu Fall 1			

LEHRERDEMONSTRATIONSEXPERIMENT 2

A

Sie konnten beobachten, daß die Kugel, während sie sich einige Male zwischen den Platten hin und her bewegte, allmählich zur Ruhe kam.

In Übereinstimmung mit Ihren Überlegungen, die Sie zur Aufgabe auf Seite 14B angestellt haben, kommen wir zu folgendem Ergebnis des Experiments:

1. Der Schwimmkörper wird im elektrischen Feld in Bewegung gesetzt, d. h. an ihm wird mechanische Arbeit verrichtet.
2. Beim Verrichten von Arbeit gehen stets Energieumwandlungen vor sich. Im vorliegenden Falle erhält der Schwimmkörper mechanische (kinetische) Energie, die dem elektrischen Feld entnommen wird. Die Energie des Feldes nimmt allmählich ab.
3. Infolge weiterer Energieumwandlungen verliert auch der Schwimmkörper seine Energie.

B

Welche Energieumwandlungen gehen im vorliegenden Experiment vor sich? (Ergänzen Sie das Schema!)

Energie des elektrischen Feldes ⇨	..... des Schwimmkörpers
..... des Schwimmkörpers ⇨	..... infolge Reibung zwischen ..... und .....

35 E

C

Letzten Endes also die Feldenergie durch Reibung in Wärmeenergie umgewandelt. Der Satz von der Erhaltung der Energie bestätigt sich auch hier.

Diese Ergebnisse unseres Experiments werden in der folgenden Zusammenfassung in verallgemeinerter Form nochmals dargestellt

19

Z 2 — Z u s a m m e n f a s s u n g zum Abschnitt 2/3

A

Die elektrische Feldstärke

Die im ..... auf einen geladenen Probekörper ausgeübte ..... ist der ..... des Probekörpers proportional.

B

Die elektrische Feldstärke E in einem Punkt eines ..... ist der ..... aus der Kraft auf einen geladenen Probekörper und der ..... des Probekörpers.

▶ .... E = ...

C

Die Einheit der elektrischen Feldstärke ist ..... oder ..... .

D

Arbeit und Energie im elektrischen Feld

Ein frei beweglicher geladener Körper wird im ..... in Bewegung gesetzt. Das Feld verrichtet dabei Arbeit. Beim Verrichten von Arbeit gehen stets Energieumwandlungen vor sich. Auch die am geladenen Körper (Ladungsträger) im elektrischen Feld verrichtete Arbeit ist mit ..... verbunden. Dem Ladungsträger wird .... zugeführt. Diese Energie muß dem ..... entnommen worden sein.

Das bedeutet:

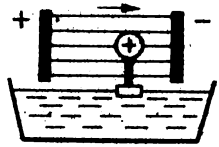
▶ Das .... ist Träger ..... .

Abschnitt 4

Ladungsausgleich, elektrischer Strom

A

Erinnern Sie sich an das Experiment mit der schwimmenden Kugel zwischen den Kondensatorplatten?



Anhand Ihrer Beobachtungen sollen Sie die folgende Aufgabe lösen!

Welchen Ladungszustand besitzen beide Kondensatorplatten, nachdem die Kugel einige Male zwischen ihnen hin- und hergeschwommen und zur Ruhe gekommen ist?

a) Beide Platten sind nun elektrisch neutral.

b) Die vorher positive Platte ist jetzt negativ geladen, die vorher negative Platte dagegen positiv.

c) Die positiv geladene Platte ist immer noch positiv, jedoch ist ihre Ladung jetzt kleiner als vorher; das gleiche gilt für die negative Platte.

36 B

B

Die Kugel transportiert auf dem Wege von der negativen zur positiven Platte negative elektrische Ladungen (freie Elektronen). Bei diesem Vorgang erfolgt ein teilweiser Ladungsausgleich, weil sich dabei ein Teil der Ladung des Kondensators "ausgeglichen" hat.

Wir hatten erkannt:

Die für die Bewegung der Kugel und damit für den Ladungsausgleich notwendige Energie wird dem elektrischen Feld entnommen. Dadurch nimmt die Feldstärke ab; die Bewegung der Kugel wird langsamer.

21 A

A

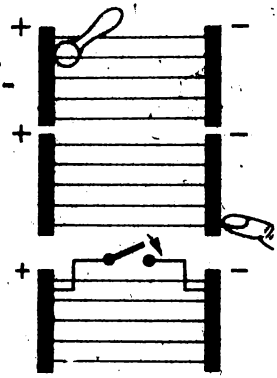
Wir können beim gleichen Kondensator auch einen vollständigen Ladungsausgleich herbeiführen.

Durch welche der folgenden Maßnahmen läßt sich das erreichen?

a) Durch vielmaliges wechselseitiges Berühren der Platten mit einem "Ladungslöffel" (das ist eine Metallscheibe an einem isolierenden Griff).

b) Durch Berühren einer der Platten mit dem Finger (keine der Platten soll vorher geerdet sein).

c) Durch Verbinden der Platten mit einem metallischen Leiter.



36 C

B

Die Verbindung der Platten mit einem metallischen Leiter führt dazu, daß unter dem Einfluß der Kräfte im elektrischen Feld die überschüssigen freien Elektronen durch den Leiter von der negativen Platte abwandern. Die positiv geladene andere Platte wird dadurch neutralisiert - es erfolgt ein Ladungsausgleich. Zugleich nimmt - wie auch der "Kugelversuch" zeigte - die Energie des Feldes ab. Ohne elektrisches Feld ist folglich kein elektrischer Strom möglich!

C

Die beim Ladungsausgleich im Leiter stattfindende Bewegung von Ladungsträgern (bei Metallen von Elektronen) nennt man den elektrischen Strom.

Auch den Transport von Elektronen in unserem "Kugelversuch" von der negativen zur positiven Platte können wir somit als einfaches Modell des elektrischen Stromes betrachten.

22 A

A

Richtung des Elektronenstroms und elektrische Stromrichtung

Wir wollen uns aus dem Experiment mit der schwimmenden Kugel eine wichtige Beobachtung in die Erinnerung zurückrufen:

●

Ergänzen Sie in Gedanken die fehlenden Wörter und Symbole!

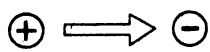
Fall A:	Fall B:
Wenn die Kugel negativ geladen ist (Elektronenüberschuß), bewegt sie sich unter dem Einfluß des elektrischen Feldes vom .... zum .... Pol.	Wenn die Kugel positiv geladen ist (Elektronenmangel), bewegt sie sich unter dem Einfluß des elektrischen Feldes vom .... zum .... Pol.

36 D

B

Ladungsträger können sich daher im elektrischen Feld je nach dem Vorzeichen der Ladung (+ oder -) in zwei einander entgegengesetzten Richtungen bewegen.

Aus praktischen Gründen ist es erforderlich, eine Dieser Richtungen als e l e k t r i s c h e S t r o m r i c h t u n g festzulegen. Die Festlegung lautet:

Man bezeichnet die Richtung vom positiven zum negativen Pol als elektrische Stromrichtung.	elektrische Stromrichtung 

▶

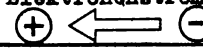
●

In welchem der Fälle A und B bewegt sich die Kugel entsprechend der elektrischen Stromrichtung?

36 E

C

Wie Sie bereits wissen, bewegen sich die freien Elektronen in einem Leiter unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes vom negativen zum positiven Pol.

Die Elektronen bewegen sich vom negativen zum positiven Pol.	Richtung des Elektronenstroms 

▶

●

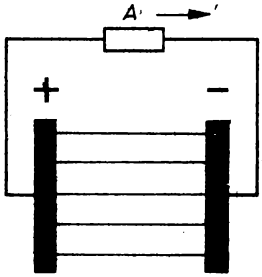
Welche Feststellung ergibt sich, wenn wir elektrische Stromrichtung und Richtung des Elektronenstroms vergleichen?

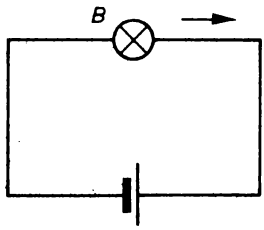
37 B

A

Übungsaufgaben:

In welchem der folgenden Schaltbilder ist die elektrische Stromrichtung falsch angegeben?



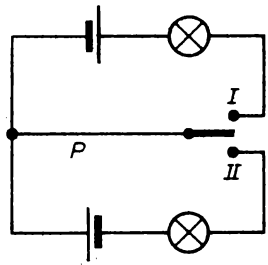


36 F

B

Übertragen Sie das folgende Schaltbild ins Heft und zeichnen Sie die elektrische Stromrichtung am Punkt P durch je einen Pfeil ein

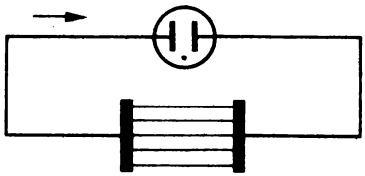
a) in Schalterstellung I,
b) in Schalterstellung II!



37 C

C

Geben Sie die Polung der Platten des Kondensators so an, daß der angegebene Pfeil der Richtung des Elektronenstroms beim Ladungsausgleich entspricht!



38 A

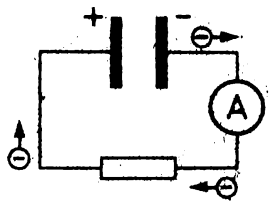
A

Abschnitt 5

Laden und Entladen eines Kondensators

Für viele technische Aufgaben ist es wichtig zu wissen, wie groß die Stromstärke im Leiter während des Entladens eines Kondensators ist. Diese Aufgabe soll durch ein Experiment gelöst werden. Wir veranschaulichen das Versuchsprinzip durch folgende Skizze:

Mit dem Strommesser soll die Stromstärke im Leiter während des Entladens ermittelt werden. Der Widerstand soll den Entladevorgang verlangsamen.



B

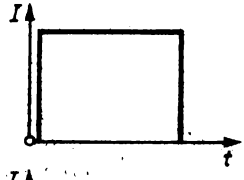
Unsere Aufgabenstellung lautet:

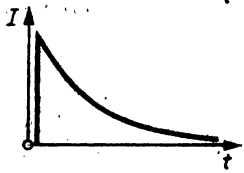
Es ist zu untersuchen, wie die Stromstärke beim Entladen eines Kondensators von der Zeit abhängt.

Welche Voraussage erscheint Ihnen als die bessere?

a) Die Stromstärke steigt im Moment des Einschaltens sofort auf einen bestimmten Wert, bleibt dann konstant und sinkt wieder auf den Wert Null.

b) Die Stromstärke steigt im Moment des Einschaltens auf einen bestimmten Wert und nimmt dann allmählich ab.



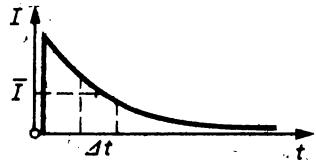


37 D

C

Für das Experiment können Sie das Versuchsprotokoll VP2 als Muster verwenden (Seite 40). Melden Sie sich beim Lehrer!

L

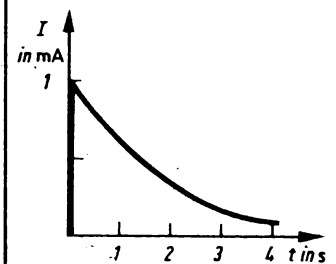
		LEHRERDEMONSTRATIONSEXPERIMENT 3	
A		**Definition der elektrischen Stromstärke** Im Falle einer konstanten Stromstärke ist die in jeder Sekunde durch den Leiterquerschnitt transportierte Ladung die gleiche. Deshalb können wir die zur Zeit herrschende Stromstärke nach der Gleichung $$I = \frac{Q}{t}$$ berechnen. Diese Gleichung haben Sie ebenfalls schon in Klasse 8 kennengelernt.	
B		Wie aber ist es im Falle einer zeitlich veränderlichen Stromstärke? In diesem Falle ist die in jeder Sekunde durch den Leiterquerschnitt transportierte Ladungsmenge eine andere. Sie kann - wie das vorangegangene Experiment gezeigt hat - zunehmen oder abnehmen. Man kann dann nur noch eine mittlere Stromstärke berechnen, die in einer bestimmten kleinen Zeitdifferenz Δt (sie kann wesentlich kleiner als eine Sekunde gewählt werden) vorhanden ist. Natürlich kann man dann nur noch die in dieser Zeitdifferenz Δt durch den Leiterquerschnitt transportierte Ladung ΔQ der Berechnung zugrunde legen.	
C	●	Versuchen Sie, mit Hilfe der Skizze die Gleichung für die mittlere Stromstärke $\bar{I}$ in der Zeitdifferenz Δt aufzustellen!  	38 B
D	●	Lösen Sie nun die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt AB 5!	26

AB 5	Arbeitsblatt 5 Ladungsausgleich	Name:	Klasse:

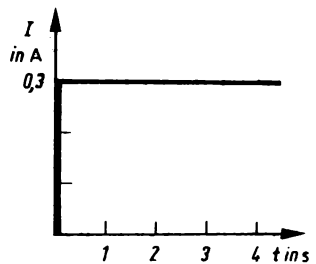
Ladungsausgleich

Vergleichen Sie das I-t-Diagramm beim Entladen eines Kondensators mit dem I-t-Diagramm des Stroms in einer Taschenleuchte:

I-t-Diagramm des Stroms beim Entladen eines Kondensators



I-t-Diagramm des Stroms in einer Taschenleuchte



Aufgabe:
Welche der nebenstehenden Aussagen treffen für den Kondensator zu und welche für die Taschenleuchte? (Kreuzen Sie die entsprechenden Felder in der Tabelle an!)

	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Kondensator						
Taschenleuchte						

a) Die Stromstärke ist zeitlich veränderlich, sie nimmt anfangs schnell, dann immer langsamer ab.

b) Die Anzahl der Elektronen, die den Leiter an einer bestimmten Stelle durchfließen, ist in der 1. Sekunde nach dem Einschalten so groß wie in der 2. Sekunde.

c) Die Stromstärke ist konstant.

d) Die Anzahl der Elektronen, die den Leiter an einer bestimmten Stelle durchfließen, ist in der 1. Sekunde wesentlich größer als in der 2. Sekunde.

e) Die durch den Leiter transportierte Ladung ist in jeder Sekunde die gleiche.

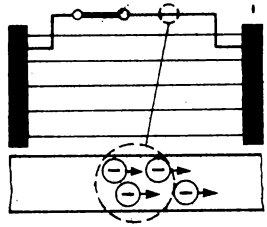
f) Die durch den Leiter transportierte Ladung ist in der 1. Sekunde größer als in der 2., in der 2. größer als in der 3. usw.

Z 3	Z u s a m m e n f a s s u n g zum Abschnitt 4/5

Ladungsausgleich und elektrischer Strom

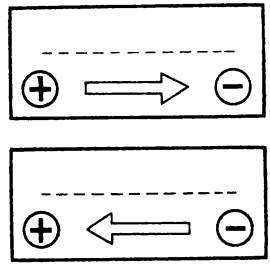
Jeder Ladungsausgleich ist mit der Bewegung von L..... (Elektronen, Ionen) verbunden. Diese beim Ladungsausgleich stattfindende Bewegung von Ladungsträgern nennt man den ..... . Beim Ladungsausgleich (beim Fließen des elektrischen Stroms) wird dem .... Energie entzogen, so daß es immer schwächer wird und schließlich ganz verschwindet.

Vervollständigen Sie die Skizze (Polung der Platten)!



Man bezeichnet die Richtung vom ..... zum ..... Pol als die elektrische .....; die Richtung vom ..... zum ..... Pol ist die Richtung des ..... . Die Elektronen bewegen sich somit .... zur elektrischen Stromrichtung! Das Vorhandensein eines .... ist eine notwendige Voraussetzung für das Fließen eines ....

Füllen Sie die Kästchen aus!

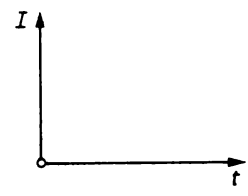


Laden und Entladen eines Kondensators

Das ..... für den Entladestrom bei einem Kondensator hat folgendes Aussehen (siehe nebenstehend!):

Die ..... nimmt erst schnell, dann immer langsamer ab. Die Anzahl der ....., die den Leiterquerschnitt in der Zeiteinheit an einer bestimmten Stelle durchfließen, wird mit zunehmender Zeit immer ..... . Bei zeitlich veränderlichen Strömen wie beim Entladestrom gilt für die mittlere Stromstärke in einem kleinen Zeitabschnitt die Gleichung ..... .

Zeichnen Sie das I-t-Diagramm!



A

Abschnitt 6

Der Zusammenhang zwischen Ladung und Spannung bei einem Kondensator

In jedem Rundfunk- oder Fernsehempfänger sind Kondensatoren verschiedener Typen eingebaut. Sie haben die Aufgabe, elektrische Ladung aufzunehmen, zu speichern und wieder abzugeben. Für die Berechnung der entsprechenden Schaltungen ist Voraussetzung, den Zusammenhang zwischen aufgenommener Ladung und der am Kondensator herrschenden Spannung zu kennen.
Es läßt sich vermuten, daß die Spannung mit zunehmender Ladung der Platten wächst. Begründung:
Je größer die Ladung ist, desto größer ist die Verschiebungsarbeit, die an einem Ladungsträger im Feld verrichtet werden muß. Je größer aber die Verschiebungsarbeit ist, desto größer muß nach der Definitionsgleichung auch die Spannung sein.

B

Diese Vermutung soll wiederum experimentell überprüft werden.
Unsere Fragestellung lautet:

> Welcher Zusammenhang besteht zwischen der von einem Kondensator aufgenommenen Ladung und der anliegenden Spannung?

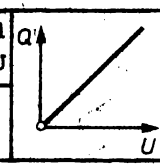
In diesem Experiment müssen wir folglich die Größen Ladung und Spannung messen. Über das Meßverfahren für die elektrische Ladung können Sie sich im Lehrbuch Seite 77 informieren.

Wenn Sie dieses Experiment im Unterricht durchführen, können Sie das Versuchsprotokoll VP3 (Seite 41) verwenden.

L

A

Für jeden beliebigen Kondensator gibt das Experiment auf die gestellte Frage folgende Antwort:

Bei einem Kondensator sind Ladung und Spannung einander proportional. $Q \sim U$	
Der Quotient aus Ladung und Spannung ist konstant. $\frac{Q}{U}$ = konstant	

B

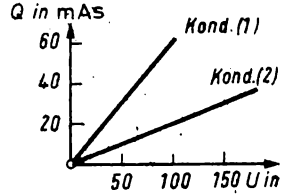
Die Definition der elektrischen Kapazität

Wenn der Quotient $\frac{Q}{U}$ für drei verschiedene Kondensatoren bestimmt würde, erhielte man drei verschiedene Werte für diesen Quotienten. Das legt den Gedanken nahe, $\frac{Q}{U}$ als eine für jeden Kondensator charakteristische Größe zu verwenden, d.h.:
Kondensator (1) wird charakterisiert durch $\left(\frac{Q}{U}\right)_1$,
Kondensator (2) wird charakterisiert durch $\left(\frac{Q}{U}\right)_2$
usw.

C

Um diesen Gedanken weiter zu verfolgen, betrachten wir die "Q - U - Diagramme" zweier Kondensatoren, wobei die Ladung in mAs angegeben ist.

Bei welchem Kondensator hat der Quotient $\frac{Q}{U}$ den größeren Betrag?



37 E

D

Wir können dieses Ergebnis auch noch anders deuten: Die vom Kondensator (1) aufgenommene Ladung ist bei der gleichen Spannung größer als die vom Kondensator (2) aufgenommene Ladung.

E

Lesen Sie aus den Diagrammen ab, welche Ladung die beiden Kondensatoren bei einer Spannung von 100 V aufnehmen!

38 C

A

Aus den Diagrammen auf Seite 29C geht hervor, daß auf Grund der Proportionalität zwischen Ladung und Spannung bei beiden Kondensatoren die Ladung auf die Hälfte sinkt, wenn die Spannung auf 50 V herabgesetzt wird.
Trotzdem behält der Quotient $\frac{Q}{U}$ den für den jeweiligen Kondensator charakteristischen Wert!

Der Quotient $\frac{Q}{U}$ gestattet es also, Kondensatoren hinsichtlich der Ladung zu vergleichen, die sie bei der gleichen Spannung aufnehmen.

B

Aus diesem Grunde ist folgende Definition zweckmäßig:

Der Quotient aus Ladung Q und Spannung U wird als Kapazität C eines Kondensators bezeichnet.	$C = \frac{Q}{U}$

Betrachten Sie nochmals die Diagramme auf Seite 28C! Welcher der beiden Kondensatoren hat die größere Kapazität?

38 D

C

Die Einheit der Kapazität ist das Farad.

$$1\ F = \frac{1\ As}{1\ V}$$

Gebräuchliche Einheiten sind:

1 μF = 10^{-6} F (1 Mikrofarad); 1000 μF = 1 F
1 nF = 10^{-9} F (1 Nanofarad); 1000 nF = 1 μF
1 pF = 10^{-12} F (1 Picofarad); 1000 pF = 1 nF

Ordnen Sie folgende Kapazitätswerte, beginnend beim kleinsten! Verändern Sie in der Rangreihe die Einheiten nicht!
20 μF, 5 nF, 6000 pF, 30 nF, 0,4 μF, 500 nF, 30 pF, 0,02 μF.
Also: 30 pF, ..., ...,

38 E

D

Abschließend erhalten Sie noch eine Zusammenfassung und einige Übungsaufgaben.
Über die technische Anwendung der Kondensatoren wird Sie Ihr Lehrer informieren.

31

Z 4 **Z u s a m m e n f a s s u n g zum Abschnitt 6**

A

Die elektrische Kapazität

Bei einem Kondensator sind ..... und ..... einander proportional.
Der Quotient aus Ladung und ..... ist die ..... eines Kondensators.

..... ~ ..... C = ...

B

Die Einheit der Kapazität ist das .....(..).
Kleinere Einheiten sind ..... (..), ...(..), und .....(..).

C

Übungsaufgaben:

Berechnen Sie die fehlenden Werte!

F	µF	nF	pF
$2 \cdot 10^{-12}$	-	-	
$4{,}2 \cdot 10^{-9}$	-		-
$0{,}8 \cdot 10^{-6}$		-	-
	2		
		4	
			6

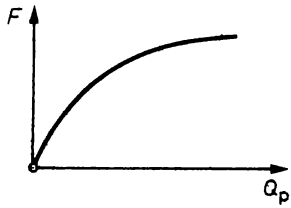
D

Ergänzen Sie folgende Tabelle!

physik. Größe	Formelzeichen	Definit.-Gleichung	Einheit
elektrische Feldstärke			
		$C = \frac{Q}{U}$	
		-	C, As
	U		
Stromstärke eines zeitl. veränderlichen Stromes	I		

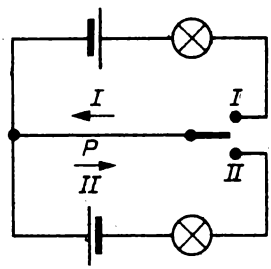
A von 9A		Lösungen zu den Aufgaben Richtig ist a)! Die Kraft F muß in Abhängigkeit von der Ladung Q_p in einem bestimmten Punkt des Feldes ermittelt werden. Antwort b) wäre falsch, denn die Ladung Q_p muß ja verändert werden, um ihren Einfluß auf die Kraft F bestimmen zu können. Der Ort der Messung darf sich nicht verändern! Ebenso wäre Antwort c) falsch. Zu untersuchen, wie F von der Ladung der Platten abhängt, wäre eine ganz andere Aufgabe als unsere.	9B
B von 9B		Verfahren B ist günstiger. Die Anwendung einer Feder hätte zwar den Vorteil, daß die Auslenkung der wirkenden Kraft proportional wäre, jedoch könnte man ein Abfließen der Ladung vom Probekörper kaum verhindern. Außerdem müßte eine außergewöhnlich leichte und empfindliche Feder zur Verfügung stehen. Auch die Reibung fiele ins Gewicht. Diese Nachteile weist Verfahren B nicht in gleichem Maße auf.	10A
C von 10B		Welche der folgenden Antworten haben Sie (sinngemäß formuliert? a) Ich habe keine Antwort und benötige Hilfe.	33A
		b) Die Kraft F ist der Ladung Q_p proportional, das heißt: $F \sim Q_p$.	34A
		c) Es gilt $F = k \cdot Q_p$, wobei k eine Konstante ist.	33B
		d) Mit zunehmender Ladung Q_p wächst auch die Kraft F.	34B

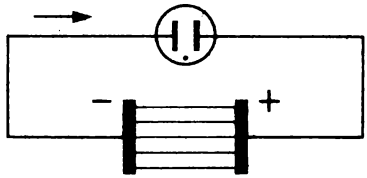
A von 32C		Hier eine kleine Hilfestellung: Die grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Q_p und F ergab eine Gerade, die durch den Ursprung verläuft. Im Physikunterricht ist Ihnen schon oft ein solcher Zusammenhang zwischen zwei Größen begegnet, z. B. zwischen Kraft und Beschleunigung in der Dynamik. Informieren Sie sich im Lehrbuch, Seite 31, wie dieser Zusammenhang mathematisch formuliert wurde! Gehen Sie dann zu 10B zurück!	10B
B von 32C		Das ist eine richtige Formulierung! Ihre Antwort zeigt, daß Sie gelernt haben, einfache physikalische Gesetze in eine mathematische Form zu bringen. Aus zahlreichen analogen Beispielen wissen Sie: Die Konstante k in der Gleichung $F = k \cdot Q_p$ (die Wahl des Buchstabens spielt keine Rolle) stellt einen Proportionalitätsfaktor dar. Durch Umformen der Gleichung erhält man $\frac{F}{Q_p} = k$. Die Konstante k bzw. der Quotient $\frac{F}{Q_p}$ spielt für die quantitative Beschreibung elektrischer Felder eine wichtige Rolle. Darüber mehr im folgenden Abschnitt.	11A
C von 11A		Richtig ist, daß sich die Kraft F auf die Hälfte verringert, also b). Dies geht unmittelbar aus der Proportionalität zwischen Q_p und F hervor. Antwort a) wäre falsch, denn hier läge umgekehrte Proportionalität vor.	11B
D von 13B		Die Feldstärke besitzt in allen drei Punkten den <u>gleichen</u> Betrag. Begründung: Ladung Q und Kraft F sind in allen drei Punkten gleich. Entsprechend der Definitionsgleichung $E = \frac{F}{Q}$ muß auch die Feldstärke gleich sein. Gehen Sie an die folgende Aufgabe ebenso heran!	13C

A von 32C		Richtig! Auf dieser Erkenntnis wollen wir weiter aufbauen.	11A
B von 32C		Mit dieser Antwort wollen wir uns noch nicht zufriedengeben, denn sie sagt weniger aus als aus der grafischen Darstellung zu erkennen ist. Ihre Antwort würde zum Beispiel auch für einen solchen Zusammenhang zutreffen, den das abgebildete Diagramm zeigt. Beachten Sie, daß Ladung und Kraft im gleichen Verhältnis wachsen! Lesen Sie Seite 10B nochmals aufmerksam durch!  	10B
C von 12A		Im Kondensator 2 wirkt auf die gleiche Probeladung eine größere Kraft als im Kondensator 1. Also ist der Quotient $\frac{F}{Q_p}$ für den Kondensator 2 größer als für den Kondensator 1: $$(\frac{F}{Q_p})_2 > (\frac{F}{Q_p})_1 .$$ Die Gerade mit dem größeren Anstieg entspricht dem größeren Quotienten $\frac{F}{Q_p}$.	12B
D von 12B		Vergleichen Sie: Im Kondensator 2 ist das Feld "stärker" als im Kondensator 1, denn auf den gleichen Probekörper mit der Ladung Q_p wirkt im Kondensator 2 eine größere Kraft als im Kondensator 1.	13A

A von 13C		Im Punkt C ist die Feldstärke E am größten, im Punkt B am kleinsten. Begründung: Da die Kraft F in allen drei Punkten gleich ist, bleibt der Zähler in $E = \frac{F}{Q}$ konstant. Dagegen verändert sich die Feldstärke im umgekehrten Verhältnis wie die Ladung Q. Also: Kleinste Ladung Q bei konstanter Kraft F ⟶ größte Feldstärke E.	14A
B von 14B		Die Aussagen a) und c) sind richtig. Man spricht von "Gewinnen" mechanischer Arbeit, weil durch den Einfluß des Feldes - nicht durch eine äußere Einwirkung - die Kugel in Bewegung gesetzt wird. Nicht durch äußere Einwirkung also, sondern durch das Feld selbst wird Arbeit verrichtet.	15A
C von 15B		In der Reihenfolge von oben nach unten: nimmt ab - wächst - nimmt ab. Den in der letzten Tabellenzeile genannten Zusammenhang können wir zunächst auf Grund von Beobachtungen nur vermuten: wachsende Aufladung der Platten ⟶ wachsende Kraft F ⟶ wachsende Verschiebungsarbeit W. Genaueres dazu im Abschnitt 6.	15C
B von 16A		Aussage c) ist nicht wahr! Informieren Sie sich nochmals über den Zusammenhang zwischen Spannung und Verschiebungsarbeit bei 15C und 16A! Suchen Sie dann die richtige Antwort!	15C
E von 18B		Energie des elektrischen Feldes ⟹ mechanische Energie des Schwimmkörpers mechanische Energie des Schwimmkörpers ⟹ Wärmeenergie infolge Reibung zwischen Körper und Wasser	18C

A von 16A		Richtig! Da die Spannung als Quotient aus Verschiebungsarbeit und Ladung definiert ist und die Verschiebungsarbeit für eine bestimmte Strecke angegeben wird, kann die Spannung nur zwischen den beiden Begrenzungspunkten dieser Strecke, d. h. zwischen zwei Punkten des Feldes, bestimmt werden.	16B
B von 20A		Die Antwort c) ist richtig. In der Tat bewegt sich die Kugel nach einiger Zeit nicht mehr, weil die im Feld auf sie wirkende Kraft zu klein geworden ist. Auf den Platten verbleibt jedoch noch eine bestimmte Restladung.	20B
C von 21A		Einen vollständigen Ladungsausgleich kann man nur durch die Maßnahme c) erreichen. Der Ausgleich mittels Ladungslöffel ähnelt unserem "Kugelversuch" und führt nur zu einer Annäherung an den entladenen Zustand. Durch Maßnahme b) erreicht man nur ein teilweises Entladen der berührten Platte.	21B
D von 22A		Fall A: vom negativen zum positiven Pol Fall B: vom positiven zum negativen Pol	22B
E von 22B		Im Fall B bewegt sich die Kugel entsprechend der elektrischen Stromrichtung, d. h. vom positiven zum negativen Pol.	22C
F von 23A		Im Fall B ist die elektrische Stromrichtung falsch angegeben!	23B

A von 16A		Aussage b) ist nicht wahr! Möglicherweise haben Sie zu sehr an die elektrische Feldstärke gedacht. Diese wird tatsächlich jeweils auf <u>einen</u> bestimmten Punkt des Feldes bezogen. Da aber die Spannung als Maß der Verschiebungsarbeit aufzufassen ist und diese für eine bestimmte <u>Strecke</u> angegeben wird, kann die Spannung nur zwischen den Begrenzungspunkten dieser Strecke, d. h. <u>zwischen zwei Punkten</u> des Feldes, bestimmt werden.	16B
B von 22C		Gewiß haben Sie erkannt, daß die elektrische Stromrichtung entgegengesetzt zur Richtung des Elektronenstroms festgelegt wurde. Diese Festlegung erfolgte zu einer Zeit, als das Wesen der Elektrizität noch nicht genügend erforscht war.	23A
C von 23B		Da derartige Aufgaben häufig vorkommen, müssen Sie sie sicher lösen können! Lösung:  	23C
D von 24B		Die Voraussage b) erscheint glaubwürdiger, da mit abnehmender Ladung die Kraft, die den Ladungsausgleich bewirkt, kleiner wird. Die Stromstärke müßte folglich allmählich abnehmen.	24C
E von 29C		Beim Kondensator (1) ist der Quotient $\frac{Q}{U}$ größer als beim Kondensator (2). Dies läßt sich auch unmittelbar aus dem größeren Anstieg der Geraden bei (1) ersehen.	29D

A von 23C		Die richtige Lösung:  	24A
B von 25C	▶	Die richtige Lösung: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ Diese Gleichung gilt unabhängig davon, wie die Stromstärke-Zeit-Kurve (man sagt auch: I-t-Diagramm) verläuft. Man schreibt allgemein: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ Dies ist die verallgemeinerte Definitionsgleichung für die Stromstärke	25D
C von 29E		Kondensator (1): Q = 60 mAs Kondensator (2): Q = 20 mAs	30A
D von 30B		Der Kondensator (1) hat die größere Kapazität, denn im Vergleich zum Kondensator (2) hat er den größeren Quotienten $C = \frac{Q}{U}$.	30C
E von 30C		Die Rangreihe lautet: 30 pF, 5 nF, 6000 pF, 0,02 µF, 30 nF, 0,4 µF, 500 nF, 20 µF	30D

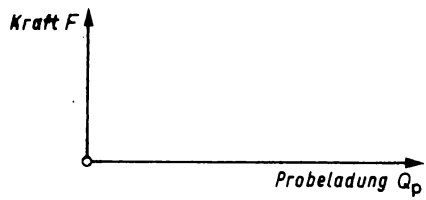
VP 1	Versuchsprotokoll (Muster) Kraft auf eine Probeladung im elektrischen Feld

Aufgabe:

Meßverfahren:

Beobachtungen:

	Ladung Q_p des Probekörpers	auf den Probekörper im Feld ausgeübte Kraft F
1. Messung	Q_o	F_o
2. Messung	$\frac{Q_o}{2}$	
3. Messung	$\frac{Q_o}{4}$	

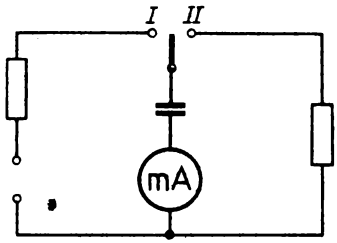


Ergebnis:

VP 2	Versuchsprotokoll (Muster) Entladen eines Kondensators

Aufgabe:

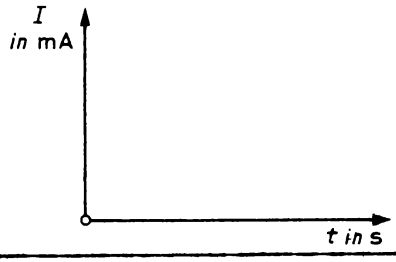
Schaltbild:



Wirkungsweise der Schaltung:

Meßwerte:

Zeit t in s	Stromstärke I in mA

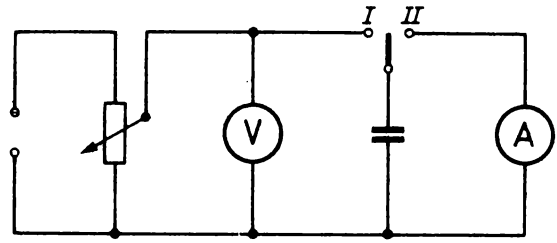


Ergebnis:

VP 3	Versuchsprotokoll (Muster) Ladung und Spannung beim Kondensator Die elektrische Kapazität

Aufgabe:

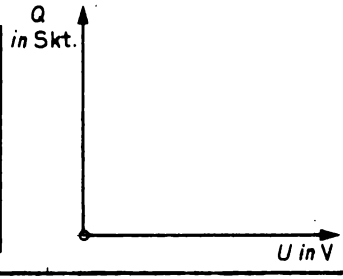
Schaltbild:



Wirkungsweise der Schaltung:

Meßwerte:

Spannung U in V	Ladung Q in Skt.	$\frac{Q}{U}$ in $\frac{\text{Skt.}}{\text{V}}$



Ergebnis:

K o n t r o l l a u f g a b e n

1. Wie heißt die Einheit der elektrischen Ladung? In welcher Beziehung steht sie zur Elementarladung? (Lehrbuch nutzen!)
2. Erläutern Sie den Begriff "Verschiebungsarbeit im elektrischen Feld"!
3. Wie ist die elektrische Spannung definiert? Warum muß von der elektrischen Spannung zwischen zwei Punkten eines elektrischen Feldes gesprochen werden?
4. Wie ist die elektrische Feldstärke definiert? Wie heißt ihre Einheit?
5. Begründen Sie anhand physikalischer Experimente oder technischer Beispiele die Aussage, daß das elektrische Feld Träger von Energie ist!
6. Welche Vorgänge vollziehen sich gleichzeitig, wenn die Platten eines geladenen Kondensators durch einen Leiter verbunden werden?
7. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Bewegungsrichtung der Elektronen in einer Bildröhre und

   a) der Richtung des Elektronenstroms,
   b) der elektrischen Stromrichtung?
8. Zeichnen Sie das I-t-Diagramm des Entladestroms eines Kondensators! Was kann man auf Grund des Kurvenverlaufs über die Anzahl der Elektronen aussagen, die sich in der Zeiteinheit durch den Querschnitt des Leiters bewegen?
9. Wie lautet die verallgemeinerte Definitionsgleichung für die elektrische Stromstärke? Warum machte sich eine solche Verallgemeinerung notwendig?
10. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Ladung und Spannung beim Kondensator?
11. Wie ist die elektrische Kapazität definiert? Nennen Sie ihre Einheit und ihre dezimalen Teile!

"Knobelaufgabe":

Ein ungeladener Körper K wird zwischen zwei geladenen Metallplatten im Gleichgewicht gehalten.

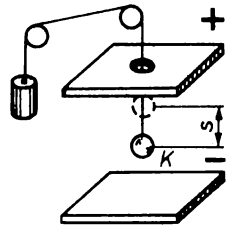
Was geschieht, wenn der Körper positiv geladen wird?

Was geschieht, wenn er negativ geladen wird?

In welchem Falle muß mehr Arbeit verrichtet werden:

a) beim Verschieben um die Strecke s, wenn K positiv geladen ist, oder

b) beim Verschieben um die Strecke s, wenn K negativ geladen ist?



Kurzwort: 02 09 06 Elektr. Feld 9
Schulpreis DDR : 2,10