Standardbeispiele zur Elektrizitätslehre

Jede Übung betrifft ein physikalisches Gesetz. Aus mehreren Übungen kann die Lehrperson dann eine komplexe Aufgabe zusammenstellen die in mehreren Schritten Gelöst wird.

Am Ende befindet sich die entsprechende Formelsammlung mit den Lösungen. Die Formelsammlung kann als Kartei ausgedruckt werden (Druckereinstellung 4 Seiten pro Blatt)

Elektrizität-Übungen zur Formelsammlung

1. Wieviele Elektronen laufen in zwei Minuten durch eine Taschenlampenglühbirne (Aufschrift „3,5V-0,2A“).?
   Die Elementarladung beträgt $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

2. Eine Kochplatte braucht einen Strom von 7,26 A bei einer Spannung von 230 V. Das Heizelement besteht aus einem Draht einer Kupfer-Nickel-Magnesium Legierung. Der Durchmesser des Drahtes beträgt **1** Millimeter. Der spezifische Widerstand der Legierung ist $5 \cdot 10^{-7}$ Ω.m .
Berechne die erforderliche Länge des Drahtes? Wie kann man so ein Draht in einem Kochherd unterbringen?

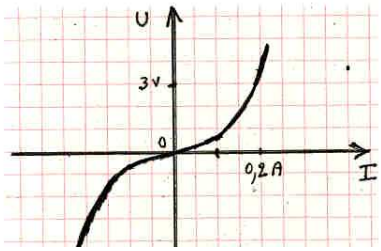
3. Bei der Untersuchung von einem „Kontrollämpchen“ ergeben sich folgende Werte:

U=	- 4 V	I=	-0,01mA
	+1,9V		+0,01mA
	2V		0,1mA
	2,1V		1 mA
	2,2V		10mA
	2,5V		30mA

   a) Mittels Schaltplänen erkläre wie man diese Werte messen konnte .
   b) Zeichne die Kennlinie.
   c) Identifiziere das „Kontrolllämpchen.

4. a) Bestimme den Widerstand eines Resistors, der mit der Aufschrift „3.5V-0,2A“ gekennzeichnet ist.
b)Mit der Annahme, dass der spezifische Widerstand konstant bleibt, bestimme die Stromstärke bei 0,5V.

5. Bestimme den Widerstand der Taschenlampenbirne anhand von folgendem Diagramm.
   a) bei 3,5V (ca. 2000°C helles leuchten)
   b) bei 0,5V (ca. 700°C kaum rotes glühen)
   c) Erkläre die Resultate.



6. Man schaltet 3 Resistoren von je 17,5Ω in Serie. Durch welchen Resistor könnte man sie ersetzen, damit der gleiche Energieverbrauch entsteht?

7. Man schaltet 3 Glühbirnen von je 17,5Ω gleichzeitig an eine passende Batterie. Durch welchen Resistor könnte man sie ersetzen, damit der gleiche Energieverbrauch entsteht?

cd1203

Cd0304

8. Eine Taschenlampenbatterie trägt die Aufschrift 4.5V. Wenn man (für einen ganz kurzen Augenblick) ein Amperemeter an diese Batterie anschliesst, schlägt der Zeiger bis 0,9A aus.

a) Gleichung der Kennlinie ?
b) Spannungsabfall bei 0,2A ?
c) Konsequenzen für den Betrieb einer Tachenlampe.

13. Eine 1,67kW Kochplatte ist an die Hausinstallation unter 230V angeschlossen. Wie stark muss die Sicherung sein, welche die entsprechende Leitung schützt?

16. Welche Leistung hat eine Taschenlampenglühbirne von 17,5 Ohm bei einem Strom von 300 Milliampere?

[17] Welche Leistung hat ein Heizwiderstand von 31,7 Ohm bei einer Spannung von 230 Volt?

ENERGIE

CD1208

9. Welche Menge Wasser bei 4°C kann man zum kochen bringen, mit 3,6MJ Wärmeenergie? (Die Wärmekapazität des Wassers ist 4180 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)

10. Welche Menge Wasser bei 100°C kann man verdampfen, mit 3,6MJ Wärmeenergie? (Die spezifische Verdampfungswärme von Wasser ist 2257 $kJ \cdot kg^{-1}$)

11. Wieviel elektrische Energie braucht die Herdplatte, um 3,6MJ Wärmeenergie an die Pfanne zu liefern, wenn man annimmt, dass der Wirkungsgrad der Wärmeübertragung von Platte zu Pfanne 60% bertägt ?

12. Wie lange Zeit muss ein Gerät von 1,67 kW eingeschaltet sein, um eine Energie von 6MJ umzusetzen?

14. Welche Menge wasser muss durch das Wasserkraftwerk fliessen, um 6MJ zu erzeugen. Der Stausee befindet sich in Steg (1300m üM), und die Turbine in Vaduz (460 m üM).

15. a)Wieviel chemische Energie verbraucht ein Notstromaggregat, um 6MJ elektrische Energie zu erzeugen? Der Ottomotor arbeitet bei 2330°C, die Abgase haben eine Temperatur von 700°C.
b) Wieviel Benzin braucht es ? (Heizwert 42 MJ/kg ; Dichte 780 kg/m^3 .)
c) Wie könnte man das Benzin effizienter einsetzen?

Aufgaben zur Formelsammlung 7.Kl

18 Zeichne das Oszillogramm für eine Wechselspannung von 50 Hz.

19 Mit welcher Frequenz schlägt der Puls bei einem Pulsschlag von 70 pro Minute?

20 Ein 50 kg schwerer Jugendliche setzt sich auf ein Stahlgerüst welches dabei om 0,1 Millimeter nachgibt. Welche Eigenfrequenz hat der so entstandene Schwinger? Warum merkt der Jugendliche sofort wenn irgendwo in der Nähe ein Transformator ans netz geschaltet wird?

21 Ein Fadenpendel von 1 Meter Länge schlägt genau die Sekunde. Bestimme den Ortsfaktor.

Aufgaben zur Formelsammlung. 8.Kl

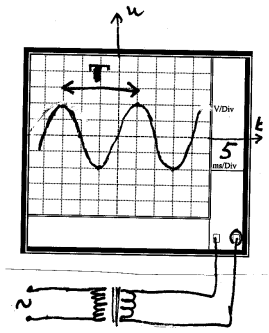
22. Zeichne die Bewegungsgleichung eines Körperchen der harmonisch schwingt mit einer Amplitude von 2 cm, einer Kreisfrequenz von 314 Rad/Sek, und einer Phasenverschiebung von (π /4)Rad.

23. Schreibe die Wellengleichung bei einer Periode des Erregers (harm.Schwinger) von 20 ms und einer Wellenlänge von 5cm. a) Zeichne dass Wellenbild zur Zeit **t=0,05s.**
b) Beschreibe die Schwingung am Ort **x= 3,75 . 10^{-2} m**.

24.Länge einer offenen Pfeife die den Ton a' erzeugt, und mit Luft gefüllt ist(c=340m/s) ?

25 Welche Wellenlänge haben die Schallwellen, die von einem Musikinstrument, welches die Note a' spielt, ausgeht? Die Schallgeschwindigkeit beträgt 340m/s.

26. Bestimme Periode und Frequenz anhand von folgendem Oszilloskopbild



27 Bestimme die Effektivspannung, die Periode , und die Frequenz wenn die Momentanspannung durch folgende Funktion beschreiben ist (Die Einheiten sind dabei: Volt, Radiant, Sekunde)
u = 325 sin 314 t

Aufgaben zur Formelsammlung : „Felder“ 20.11.2004
B

28. Berechne das Feld im Inneren einer Spule mit 10 Windungen auf 5 cm Länge. Es fliesst ein Strom von 4 A.
29. Ein Elektromagnet hat eine 6 cm lange Spule mit 500 Windungen. Er hat einen Anker (Kern) aus geblättertem Weicheisen, dieses Material hat eine Permeabilität von 100. Berechne die Flussdichte im Eisenkern wenn ein Strom von 0,4 A durch die Spule fliesst.
30. Ein Gleichstrom von 1 A fliesst durch einen nahezu unendlichen geraden Draht aus Kupfer. Welches Feld herrscht im Abstand von 1 Meter ? Anwendung?
31. Ein 1 m langes Stück Kupferdraht wird senkrecht zu den Feldlinien in ein magnetisches Feld von **$2 . 10^{-7}$ T** eingetaucht. Es erfährt eine Kraft von **$2 . 10^{-4}$ mN.** Welcher Strom fliesst durch das Drahtstück?
32. Berechne die Winkelgeschwindigkeit bei einer Drehzahl von 50 Umdrehungen pro Sekunde.
33. Welche Geschwindigkeit hat ein Satellit der dank einer Beschleunigung von **0,225 $m.s^{-2}$** in der Entfernung von **42000 km** zum Erdmittelpunkt um die Erde kreist?
34. Ein Permanentmagnet erzeugt ein Feld von 0,125 mT . In dieses Feld senkrecht zu den Feldlinien taucht man eine Spule ein. Die Spule hat 20 Tausend Windungen. Jede Windung hat die Form eines 4 cm breiten Quadrats . Berechne den Magnetischen Fluss durch die Spule.
35. Man baut einen Generator aus einer Spule und einem Magnet. Beim hineinschieben des Magnets in die Spule in 0,2 Sekunden, entsteht eine Spannung von 20 Millivolt. Beim schnellen herausziehen in 0,1 Sekunde, entsteht eine Spannung von 40 Millivolt. Berechne die Variation des magnetischen Flusses.
36. Man baut einen Generator indem man ein Kupferdraht von 2 cm Länge in einem homogenen magnetischen Feld von 50 Millitesla mit einer Geschwindigkeit von 10 cm/s senkrecht zu den Feldlinien bewegt. Welche Spannung entsteht an den Drahtenden ?

E

37. Ein geriebener Stab trägt eine Ladung von **$-3 . 10^{-9}$ C** an seiner Spitze. In welcher Entfernung herrscht ein elektrisches Feld von genau **10 kV/m** ?

38. Die Kugel von einem Probependel trägt die Ladung von **+ 2 nC** . Sie wird in ein elektrisches Feld **E** eingetaucht. Der Pendel nimmt eine schräge Gleichgewichtslage wobei die horizontale Komponente der Gewichtskraft **0,02 mN** beträgt. Bestimme E
39. Die Platten eines Demonstrationskondensators aus der Schulsammlung sind **7 cm** voneinander entfernt. Welche Spannung muss man anlegen, um zwischen den Platten ein Feld von **10 kV/m** zu erreichen.
40. Die runden Platten eines Demonstrationskondensators aus der Schulsammlung haben einen Durchmesser von **25,8 cm**. Der Abstand ist zwischen **1 cm** und **7 cm** einstellbar. Berechne die Kapazität dies Kondensators.
41. Welche Ladung tragen die Platten eines **46 pF** Demonstrationskondensators, wenn er mit einer Spannung von **700 V** geladen wurde?
42. Ein Elko von 70 Mikrofarad, besteht aus 2 Alufolien von je 1,1 Quadratmeter. Wie dick ist die Oxidschicht? Die Permittivität des Aluminiumoxids ist 10.

Definition der Stromstärke

Titel (Name des Gesetzes)

Formel

$$I = \frac{q}{t}$$

(Berenzungen)

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
I	Stromstärke	Ampere	A
q	elektr. Ladung	Coulomb	C
t	Zeit	sekunden	s

(Diagr.)

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Wieviel Elektronen laufen in 2 Minuten durch eine "3,5V 0,2A Glühbirne"?	• $q = ?$ $\quad q = t \cdot I \quad I = 0{,}2\,A \quad t = 2 \cdot 60 = 120\,s \quad q = 120 \cdot 0{,}2 = 24$ Coulomb
$Q_e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C$	• $N_e = ?$ $\quad q = N_e \cdot Q_e \Rightarrow N_e = \frac{q}{Q_e} = \frac{24}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 1{,}5 \cdot 10^{20}$
	« Es fliessen 150 000 000 000 000 000 000 Elektronen (das heisst 150 000 000 000 Milliarden) »

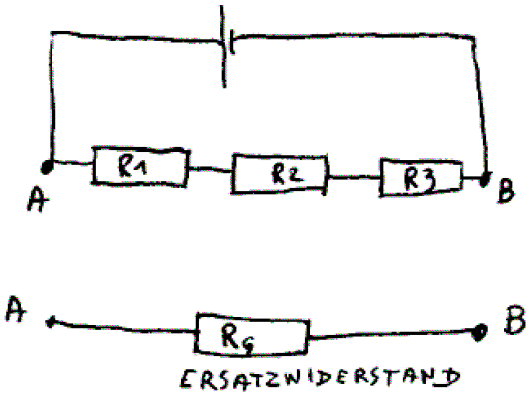
Ersatzwiderstand bei Serieschaltung

Formel

$$R_G = R_1 + R_2 + R_3$$

(Berenzungen)

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
R_G	Ersatzwiderstand	Ohm	Ω
R_1, R_2, R_3	Teilwiderstände	Ohm	Ω



(Diagr.)

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Man schaltet 3 17,5 Ω Glühbirnen in Serie Durch welchen Resistor könnte man sie ersetzen?	$R_G = 17{,}5 + 17{,}5 + 17{,}5 = 52{,}5\,\Omega$ Bemerkung: Gilt nur wenn der Widerstand jeder Birne konstant bleibt. Sonst wäre der Ersatzwiderstand Tiefer

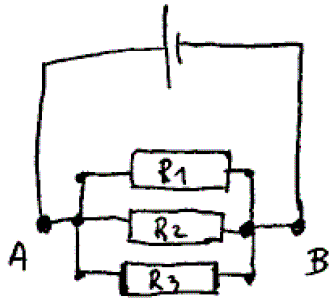
, DATUM, KLASSE

Ersatzwiderstand bei Parallelschaltung

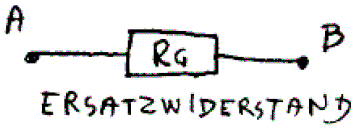
Formel

$$\boxed{\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

(Berenzungen)



Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
R_G	Ersatzwiderstand	Ohm	Ω
R_1, R_2, R_3	Teilwiderstände	Ohm	Ω



(Diagr.)

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Man schaltet 3 Glühbirnen zu 17,5 Ω gleichzeitig an einen Generator. Durch welchen Resistor könnte man sie ersetzen?	Die normale verwendung von Glühbirnen ist die Parallelschaltung $\frac{1}{R_G} = \frac{1}{17{,}5} + \frac{1}{17{,}5} + \frac{1}{17{,}5} = 0{,}17142$ $R_G = \frac{1}{0{,}17142} = 5{,}83\,\Omega$ Man kann die 3 Glühbirnen durch eine einzige von 5,83 Ω ersetzen (z.B. eine "3,5 V - 0,6 A - Birne" oder eine "3,5 V - 2,1 W - Birne")

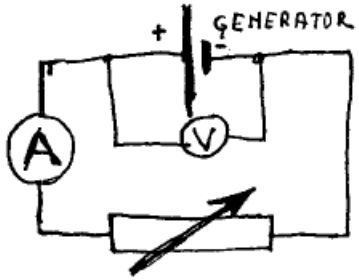
Kennlinie einer Spannungsquelle

Titel (Name des Gesetzes)

Kennlinie eines Gleichstromgenerators

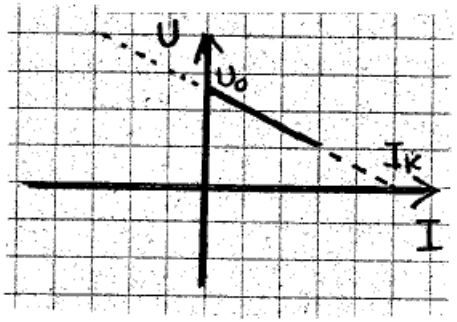
Formel

$$U = U_0 - r I$$



(Berenzungen)

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	SI-Einheit Symbol
U	Klemmenspannung	Volt	V
U_0	Urspannung (Quellenspannung)		
r	innere Widerstand des Generators	Ohm	Ω
I	Stromstärke	Ampere	A
I_K	Kurzschlussstrom		



Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Eine Taschenlampen-batterie hat eine Urspannung von 4,5V und einen Kurzschlussstrom von 0,9A ⓐ r=?	ⓐ Bei Kurzschluss $U = 0 \Rightarrow 0 = U_0 - r \cdot I_K \Rightarrow r = \frac{U_0}{I_K}$ $r = \frac{4,5}{0,9} = 5\,\Omega$
ⓑ Spannungsabfall bei 0,2A?	ⓑ $U = 4,5 - 5 \cdot 0,2 = 3,5$ Volt « Die Spannung bei 0,2 A beträgt 3,5 V, das ist ein Spannungsabfall von 1 volt »
ⓒ Anwendung in Taschenlampe	ⓒ Eine « 3,5V – 0,2A – Glühbirne » passt zu dieser "4,5 V-Batterie"

Kennlinie einer Diode

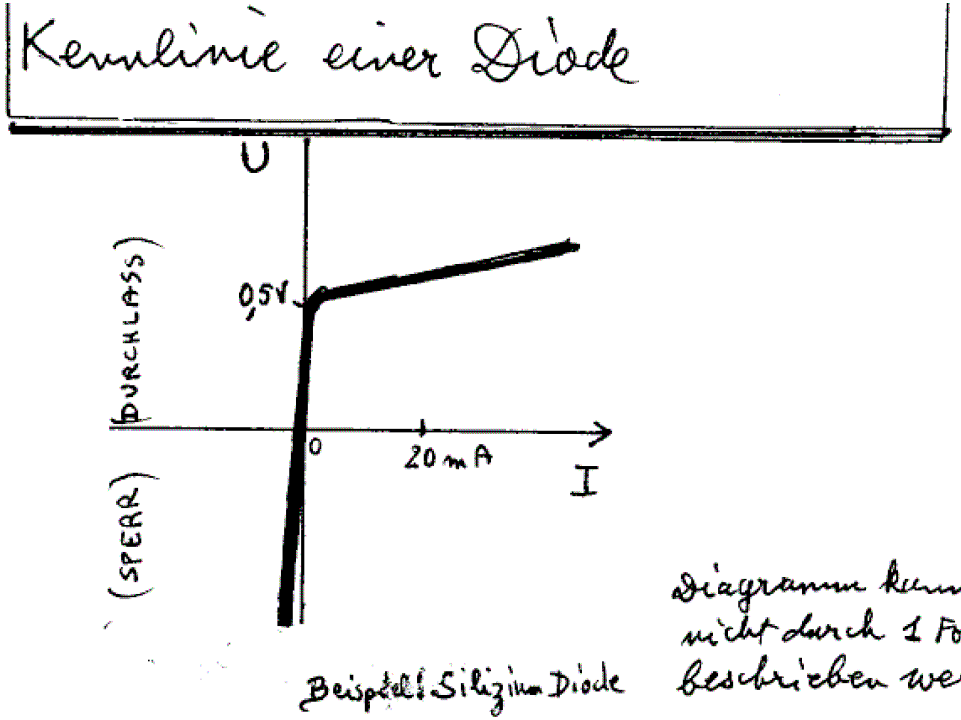
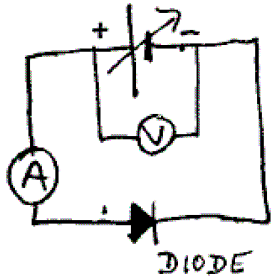
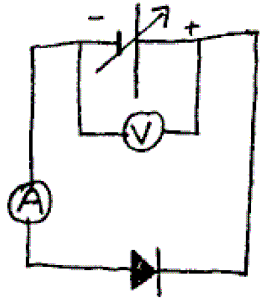


Diagramm kann nicht durch 1 Formel beschrieben werden



DURCHLASSRICHTUNG



SPERRRICHTUNG

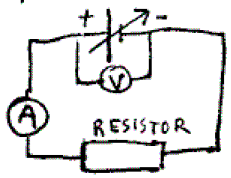
Kennlinie eines Resistors

Kennlinie eines Resistors (Ohm'sches Gesetz)

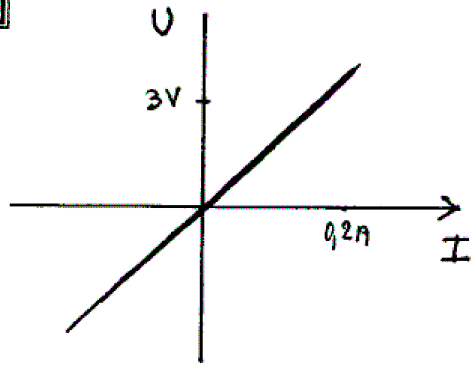
Titel (Name des Gesetzes)

Formel

$$U = R \cdot I$$



(Berenzungen)



Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	SI-Einheit Symbol
U	Spannung	Volt	V
R	Widerstand	Ohm	Ω
I	Stromstärke	Ampere	A

Nummerisches Beispiel

	Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
a	Bestimme den Widerstand einer «3,5 V-0,2 A-Birne»	(a) $U = RI \Longrightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{3,5}{0,2} = 17,5\,\Omega$
b	mit der Annahme dass der spezifische Widerst. konstant bleibt, bestimme die Stromstärke bei 0,5 V	(b) $\Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{0,5}{17,5} = 2,85 \cdot 10^{-2}\,A = 0,028\,A$

Bemerkung: da die Meisten Metalle keinen konstanten Spez. Widerst. haben ist der Strom in Wirklichkeit höher bei kaltem Resistor.

Kennlinie einer Glühbirne

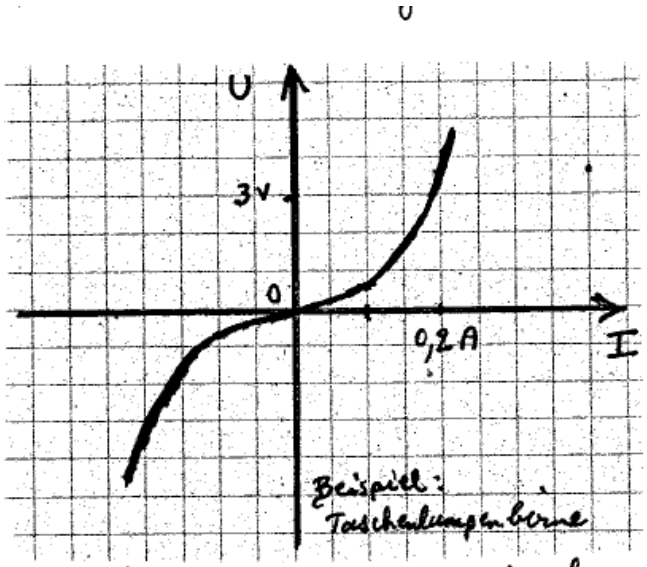
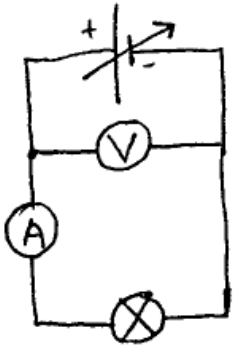


Diagramm kann nicht durch eine Formel beschrieben werden

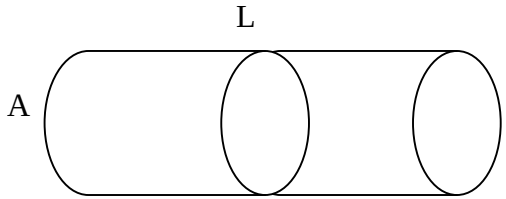


GLÜHBIRNE

Nummerisches Beispiel Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Bestimme den Widerstand der oben abgebildeten Taschenlampenbirne ⓐ bei 3,5 V (ca 2000 °C) ⓑ bei 0,5 V (ca 700 °C) ⓒ Kommentiere!	ⓐ Wir lesen auf dem Diagramm $U = 3{,}5\,V \Rightarrow I \simeq 0{,}2\,A$ $U = R \cdot I \Rightarrow R = \frac{U}{I} = 3{,}5/0{,}2 = 17{,}5\,\Omega$ ⓑ Wir lesen auf dem Diagramm $U = 0{,}5\,V \Rightarrow I \simeq 0{,}1\,A$ $R = \frac{0{,}5}{0{,}1} = 5\,\Omega$ ⓒ Kommentar: Der spezifische Widerstand von Wolfram steigt mit der Temperatur. Diese Glühbirne wird als «3,5 V – 0,2 A – Birne» verkauft.

Widerstand eines Metalldrahts

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$



Formelzeichen	Bedeutung	*SI Einheit*		Technische Einheit
		Name	*SI-Symbol*	
R	Widerstand des Drahts	Ohm	**Ω**	**Ω**
. ρ *(Aussprache Ro)*	Spezifischer Widerstand des Metalls *(das ist nicht die Dichte !)*	Ohm-meter	**Ω . m**	**Ω . mm² / m**
L	Länge des Drahts	Meter	**. m**	**. m**
A	Querschnitt - Fläche des Drahts	Quadratmeter	**. m²**	**. mm²**

1 **mm²** = **10⁻⁶ m²**

Nummerisches Beispiel

Eine Kochplatte braucht einen Strom von 7,26 A bei einer Spannung von 230V. Das Heizelement besteht aus einem Draht einer Cu-Ni-Mn-Legierung. Der Durchmesser des Drahtes ist 1 mm. Der spez. Widerstand der Legierung ist $5 \cdot 10^{-7}\,\Omega \cdot m$. Länge des Drahtes?

• R?

$U = R I \Rightarrow R = \frac{U}{I}$

$R = \frac{230}{7{,}26} = 31{,}68\,\Omega$

• A?

$A = \pi r^2$

$r = \frac{1}{2} d = 0{,}5\,mm = 5 \cdot 10^{-4}\,m$

$A = 3{,}14 \cdot (5 \cdot 10^{-4})^2 = 7{,}854 \cdot 10^{-7}\,m^2$

• l?

$R = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow l = \frac{RA}{\rho} = \frac{31{,}68 \cdot 7{,}854 \cdot 10^{-7}}{5 \cdot 10^{-7}}$

$\boxed{l = 49{,}76\,m}$

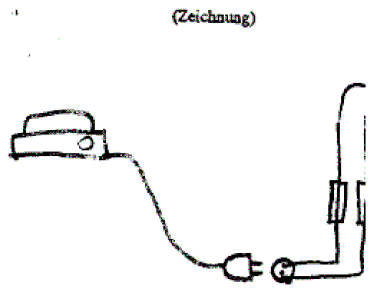
„Der Draht ist ca 50 m lang, er muss also spiralförmig gewickelt sein ».

Elektrische Leistung

$$P = U \cdot I$$

Formelzeichen	Bedeutung	SI Einheit	
		Name	SI-Symbol
P	Leistung	Watt	**W**
U	Spannung	Volt	**V**
I	Stromstärke	Amperer	**A**

Nummerisches Beispiel	
Aufgabenstellung	Lösung
Wie stark muss die Sicherung vor der 230V Steckdose sein, um eine Kochplatte mit 1,67 kW anschliessen zu können ?	Wir wissen, dass : P= UI Daraus folgt: I= P / U Hier: P= 1,67 kW = 1670 W U = 230 V Also P= 1670 / 230 = 7,26 Die Sicherung muss mehr als 7,26 Ampere durchlassen ; Zum Beispiel eine 10A Sicherung

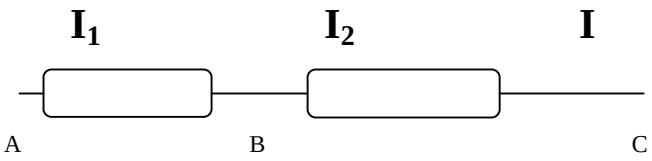


Kirchhoff - Gesetze (Serieschaltung)

Formel

$$I = I_n$$

$$U = \Sigma\ U_n$$



Beispiel für 2 Elemente in Serie: $I = I_1 = I_2$

$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$$

Formelzeichen	Bedeutung		
I	Gesamt Stromstärke		
I_n	Stromstärke im Element n		
I_1	Stromstärke im Element 1		
U	Spannung an beiden Enden		
U_n	Spannung an den Klemmen des Elements n		
U_{AB}	Spannung an den Klemmen des Elements 1 (d.h. zwischen A und B)		

Bemerkung :
Das Zeichen Σ (Sigma) bedeutet „Summe“

Nummerisches Beispiel	
Aufgabenstellung	Lösung

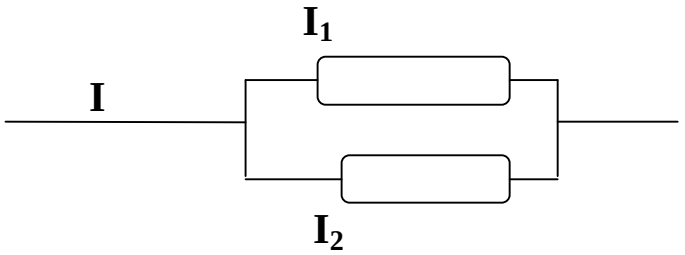
Kirchhoff - Gesetze

(Parallelschaltung)

Formel

$$I = \Sigma I_n$$

$$U = U_n$$



Beispiel für 2 Elemente in parallel:

$$I = I_1 + I_2$$

$$U = U_1 = U_2$$

Formelzeichen	Bedeutung		
I	Gesamt Stromstärke		
$\mathbf{I_n}$	Stromstärke im Element n		
$\mathbf{I_1}$	Stromstärke im Element 1		
U	Spannung an beiden Enden		
$\mathbf{U_n}$	Spannung an den Klemmen des Elements n		
$\mathbf{U_1}$	Spannung an den Klemmen des Elements 1		

Bemerkung :
Das Zeichen Σ (Sigma) bedeutet „Summe“

Nummerisches Beispiel	
Aufgabenstellung	Lösung

Herleitung der Lorentzformel

$$I = \frac{q}{t}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$\vec{F} = I \cdot \vec{s} \cdot \vec{B}$$ (Laplace-Formel)

Titel (Name des Gesetzes)

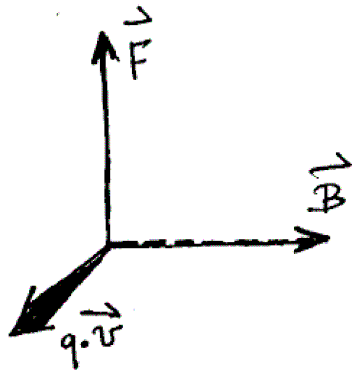
Kraft auf bewegte Ladung (Lorentzformel)

$$\boxed{\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}}$$

$\vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow |F| = q \cdot v \cdot B$

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	SI-Einheit Symbol
F	Kraft		N
q	Ladung		C
v	Geschwindigkeit		m/s
B	magn. Flussdichte		T

(Zeichnung)



Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung

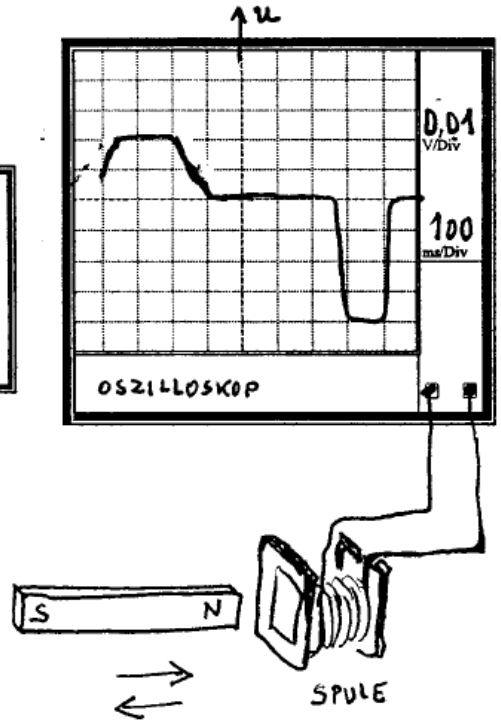
Induktion

Titel (Name des Gesetzes) Induzierte Spannung

Formel

$$U = -\frac{d\Phi}{dt}$$

(Berenzungen)



Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
U	indazierte Spannung	volt	V
Φ	magnetischer Fluss	Weber	Wb
t	Zeit	Sekunden	s

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Beim hineinschieben eines Magnets in eine Spule in 0,2 s entsteht eine Spannung von 20 mV. Beim schnellen herausziehen in 0,1 s entsteht eine Spannung von −40 mV. Berechne die Veränderung des mag. Flusses	wir nehmen an dass $\Delta\Phi = d\Phi$ und $\Delta t = dt$ $U = -\frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow d\Phi = -U\,dt$ ① $dt = 0{,}2\,s$ $U = 20 \cdot 10^{-3}\,V$ $d\Phi = -20 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}2 = -4 \cdot 10^{-3}\,Wb$ ② $dt = 0{,}1\,s$ $U = -40 \cdot 10^{-3}\,V$ $d\Phi = +40 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}1 = +4 \cdot 10^{-3}\,Wb$

Magnetischer Fluss

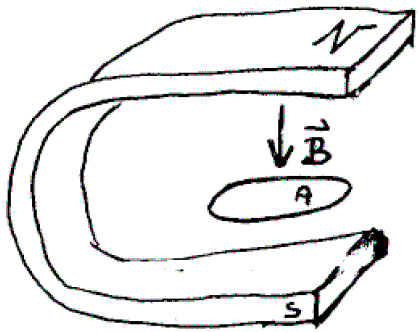
Titel (Name des Gesetzes): Magnetischer Fluss (Definition)

Formel:

$$\Phi = B \cdot A$$

(Berenzungen): nur gültig wenn $\vec{B}$ senkrecht zur Fläche A

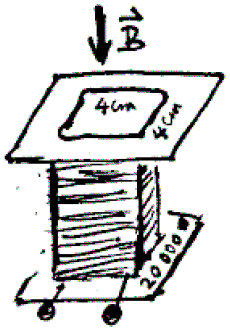
(Zeichnung)



Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	SI-Einheit Symbol
Φ	magnetischer Fluss	Weber	Wb
B	magnetische Feldstärke	Tesla	T
A	Fläche (durch $\vec{B}$ durchdringt)		m^2

Aussprache: Φ = Fi

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Ein Permanentmagnet steckt man in eine Spule mit 20 000 Wdg von 16 cm^2. Der Magnet erzeugt ein Feld von 0,125 mT im Durchschnitt. Berechne Φ	 • A? $16\ cm^2 = 16 \cdot 10^{-4} m$ $A = 16 \cdot 10^{-4} \cdot 20000 = 32\ m^2$ • Φ? $\Phi = 0{,}125 \cdot 10^{-3} \cdot 32 = 4 \cdot 10^{-3}$ Wb

Induktion

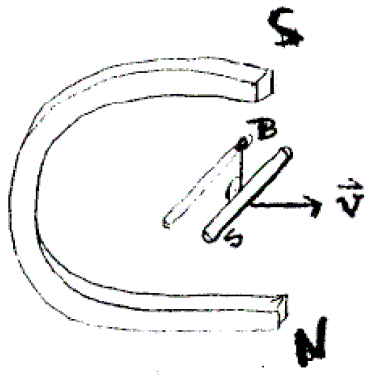
Titel (Name des Gesetzes): Induzierte Spannung in einem bewegten Leiter

Formel:

$$|U| = v \cdot B \cdot s$$

(Berenzungen): nur wenn: $\vec{B} \perp s$ $\vec{s} \perp \vec{v}$ $\vec{v} \perp B$

(Zeichnung)



Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	SI-Einheit Symbol
U	Spannung	Volt	V
v	Geschwindigkeit	Meter/sek.	m/s
B	magn. Feld	Tesla	T
s	Strecke/Länge des Stabs	Meter	m

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
$B = 50\,mT = 5 \cdot 10^{-2}\,T$ $v = 10\,cm/s = 0{,}1\,m/s$ $s = 2\,cm = 2 \cdot 10^{-2}\,m$ $U = ?$	$\lvert U \rvert = v \cdot B \cdot s$ $= 0{,}1 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-2} = \underline{\underline{0{,}00001\ V}}$

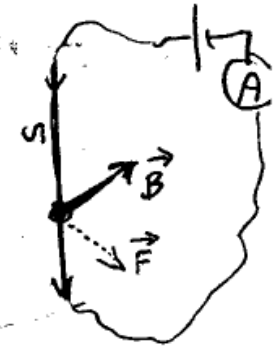
Lorentz-Kraft (Laplace-Formel)

Titel (Name des Gesetzes)

Formel

$$\vec{F} = I \cdot (\vec{s} \times \vec{B})$$

$$F = I \cdot s \cdot B \qquad \text{falls } \vec{s} \perp \vec{B}$$



(Berenzungen)

$\vec{s}$ wird nach der Stromrichtung gerichtet

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	SI-Einheit Symbol
F	Kraft	Newton	N
s	Länge des Leiters	Meter	m
B	magn. Flussdichte des Feldes	Tesla	T
I	Stromstärke	Ampere	A

• Skalarprodukt

X Vektorprodukt

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Ein 1 m langes Drahtstück wird in ein Magnetisches Feld von $2 \cdot 10^{-7}$ T eingetaucht. Es erfährt eine Kraft von $2 \cdot 10^{-4}$ mN. Welcher Strom fliesst durch das Drahtstück?	$F = I \cdot s \cdot B \Rightarrow I = \frac{F}{sB}$ $F = 2 \cdot 10^{-4}\,\text{mN} = 2 \cdot 10^{-7}\,\text{N}$ $I = \frac{2 \cdot 10^{-7}}{1 \cdot 2 \cdot 10^{-7}} = 1\,\text{A}$ Bemerkung: So wird im SI-Einheitensystem das Ampere definiert.

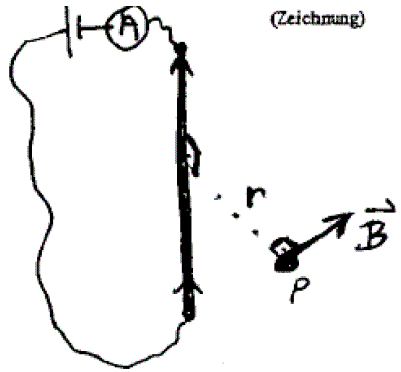
Magnetisches Feld eines geraden Leiters

Titel (Name des Gesetzes) Magnetisches Feld eines geraden Leiters

Formel

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}$$

(Zeichnung)



(Berenzungen)
Leiter unendlich Feld inhomogen. Formel bezieht sich auf 1 Punkt P

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
B	magn. Flussdichte	Tesla	T
I	Stromstärke im Leiter	Ampere	A
r	Abstand des ausgewählten Punktes zum Leiter	Meter	m

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ magn. Feldkonstante

Aussprache μ = MÜ

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Welches Feld herrscht in 1 Meter Abstand von einem Leiter durch den 1 A Fliesst? Anwendung?	$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{1}{1} = 2 \cdot 10^{-7}\ T$ Anwendung bei der Definition des Amperes (siehe Lorentzkraft)

Magnetisches Feld in der Spule ohne Kern

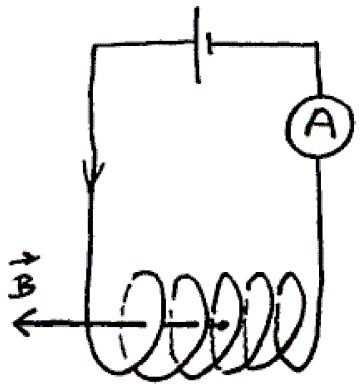
magn. Feld

Titel (Name des Gesetzes) (magnetische Flussdichte) schlanke Spule:

(Zeichnung)

Formel

$$B = \mu_0 \cdot \frac{n}{l} \cdot I$$



(Berenzungen) Schlanke Spule ohne Eisenkern. Feld Homogen

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	SI-Einheit Symbol
B	magn. Flussdichte	Tesla	T
n	Windungszahl } der Spule	–	–
l	Länge	Meter	m
I	Stromstärke	Ampere	A

Aussprache μ_0 = MÜ NULL

μ_0 magnetische Feldkonstante

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \text{SI}$$

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Eine Spule hat 10 Windungen für eine Länge von 5 cm. Es fliesst ein Strom von 4 A Bezeichne das Feld	$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10}{5 \cdot 10^{-2}} \cdot 4 = 1{,}005 \cdot 10^{-3}\ T$ $\boxed{B \simeq 1\ mT}$

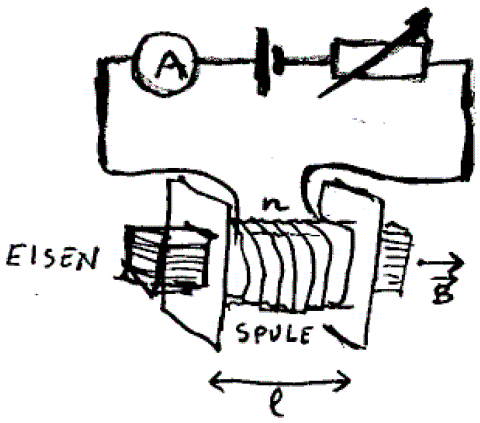
Magnetisches Feld in der Spule mit Kern

Formel

$$\boxed{|\vec{B}| = \mu_0 \mu \cdot \frac{n}{l} \cdot I}$$

(Berenzungen)

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
$\lvert\vec{B}\rvert$	Magn. Feld	Tesla	T
μ_0	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$	SI	
l	Länge der Spule	Meter	m
I	Stromstärke	Ampère	A
n	Windungen		
μ	Permeabilität des Eisens		



AUFGABE: Ein Elektromagnet hat 500 Windungen für eine Länge von 6 cm. $\mu_{Fe} = 100$.
Es fliesst ein Strom von 0,4 A Berechne die Flussdichte im Eisenkern

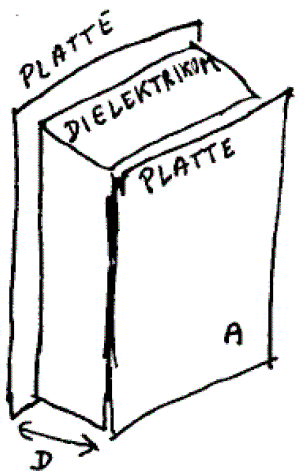
LÖSUNG:

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^{2} \cdot \frac{500}{6 \cdot 10^{-2}} \cdot 0{,}4 = 0{,}4188\ T \qquad \boxed{B \approx 420\ mT}$$

Kapazität eines Kondensators (mit Dielektrikum)

Formel

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$$



$\varepsilon \approx 1$ bei Luftkondensatoren

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
C	Kapazität	Farad	F
A	Fläche einer Platte	Quadratmeter	m^2
d	Abstand der beiden Platten	Meter	m
ε_0	elektr. Feldkonstante	$8{,}85 \cdot 10^{-12}$	
ε_r	permittivität des Dielektrikums		

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	

Ein Elko von 70µF besteht aus 2 Alufolien von je 1,1 m^2. Wie Dick ist die Al_2O_3-Schicht? $\varepsilon_{Al_2O_3} \approx 10$

LÖSUNG: $C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{A}{d} \Rightarrow d = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon A}{C} = \frac{8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 1{,}1}{70 \cdot 10^{-6}} = 1{,}39 \cdot 10^{-6}$

$\boxed{d \approx 1{,}4\,\mu m}$

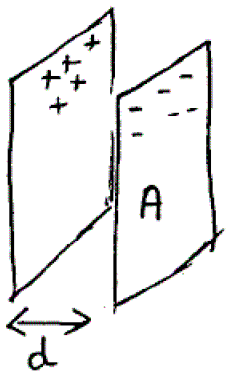
Kapazität eines Plattenkondensators

Titel (Name des Gesetzes)

Formel

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

(Zeichnung)



Bemerkungen

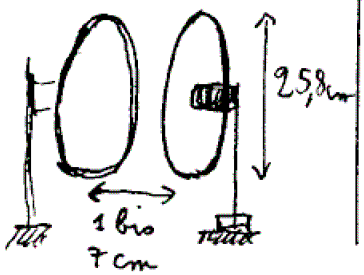
zwischen den Platten ist Vakuum

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	SI-Einheit Symbol
C	Kapazität des Kondensators	Farad	F
A	Fläche einer Platte	Quadratmeter	m^2
d	Distanz zw. den Platten	Meter	m
ε_0	elektr. Feldkonstante $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ F \cdot m^{-1}$		

Ausspruche ε_0 = EPSILON-NULL

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)



$C = ?$

Lösung

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{(25{,}8 \cdot 10^{-2})^2}{4} = 0{,}0522\ m^2$$

1) $d = 1\ cm = 10^{-2}\ m$

$$C = 8{,}85 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\pi \cdot (25{,}8 \cdot 10^{-2})^2}{4 \cdot 10^{-2}} = 46 \cdot 10^{-12}\ F = 46\ pF$$

(picoFarad)

2) $d = 7\ cm = 7 \cdot 10^{-2}\ m$

$$C = 8{,}85 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\pi \cdot (25{,}8 \cdot 10^{-2})^2}{4 \cdot 7 \cdot 10^{-2}} = 6{,}6 \cdot 10^{-12}\ F = 6{,}6\ pF$$

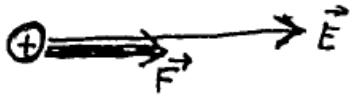
Die Kapazität variiert zwischen 6,6 und 46 Pikofarad

Coulomb-Kraft

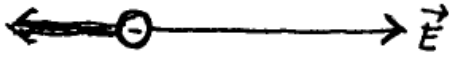
$$\boxed{\vec{F} = q \cdot \vec{E}}$$

(Zeichnung)

q positiv



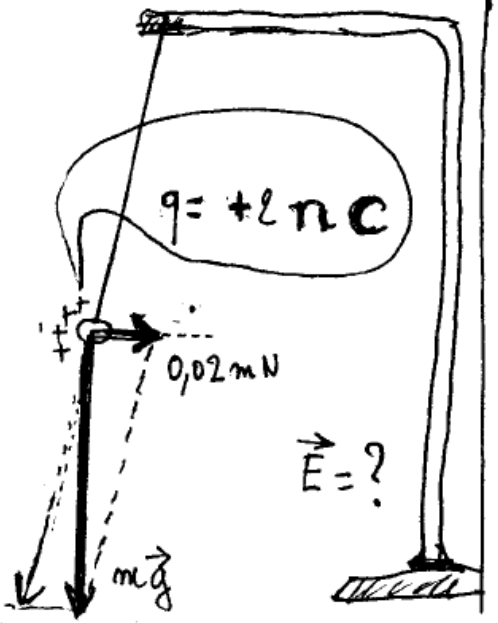
q negativ



Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	SI-Einheit Symbol
F	Kraft		N
q	Ladung		C
E	Elektr. Feldstärke		V/m

Numerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung

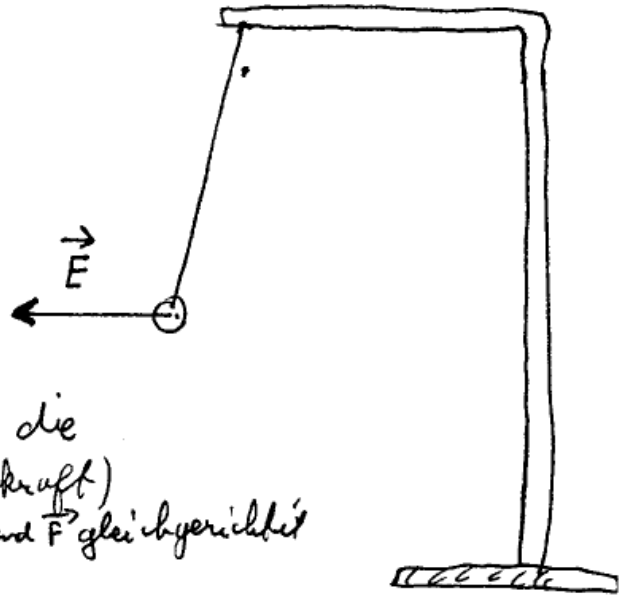


$$|\vec{F}| = q\,E \Rightarrow E = \frac{F}{q}$$

$$E = \frac{0{,}02 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-9}} = 1 \cdot 10^{4}$$

$$E = 10\,000\ \mathrm{V/m}$$

Die Coulomb-Kraft wirkt gegen die Rückstellkraft (Komponente der Gewichtskraft) d.h. nach links. Da $q > 0$ ist $\vec{E}$ und $\vec{F}$ gleichgerichtet



Wärme-Energie

Aussprache : η = Eta

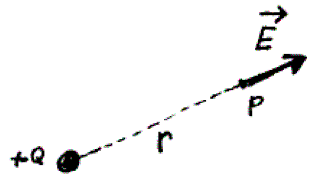
Feld einer punktförmigen Ladung

Formel

$$\boxed{|\vec{E}| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}}$$

Gilt auch für eine Kugel

(Zeichnung)



Symbol	Bedeutung	SI-Einheit Name	Symbol
E	elektr. Feldstärke		V/m
Q	Ladung		C
r	Entfernung		m

ε_0 = elektr. Feldkonstante

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \text{ SI}$$

Aussprache: EPSILON NULL

Numerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)

Ein geriebener Stab trägt eine Ladung $-3 \cdot 10^{-9}$ C an seiner Spitze. Wie nah muss ich einen Probependel bringen damit er in einem Feld von 10 kV/m eingetaucht ist?

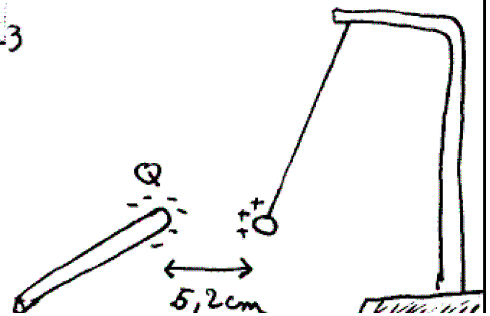
LÖSUNG

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{E} = r = \sqrt{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{E}}$$

$$\left.\begin{array}{l} E = 10^4 \text{ V/m} \\ Q = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C} \end{array}\right\} \Rightarrow r^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-9}}{10^4} = 2{,}697 \cdot 10^{-3}$$

$$r = \sqrt{r^2} = 5{,}193 \cdot 10^{-2} \text{ Meter}$$

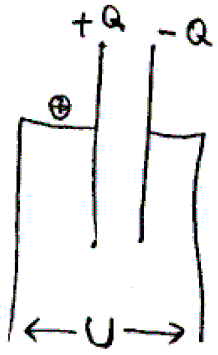
Der Probependel muss 5,2 cm nah sein



Ladung einer Platte des Kondensators

Formel

$$Q = C \cdot U$$



(Bezeichnungen)

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
Q	Ladung auf einer der Platten	Coulomb	C
C	Kapazität des Kondensators	Farad	F
U	Spannung zw. den Platten	Volt	V

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Welche Ladung tragen die Platten eines 46 pF Kondensators der mit 700 V geladen wurde	$Q = C \cdot U = 46 \cdot 10^{-12} \cdot 7 \cdot 10^{2} = 3{,}22 \cdot 10^{-8}$ Die eine Platte trägt die Ladung $+3{,}22 \cdot 10^{-8}$ Coulomb die andere Platte trägt die Ladung $-3{,}22 \cdot 10^{-8}$ Coulomb

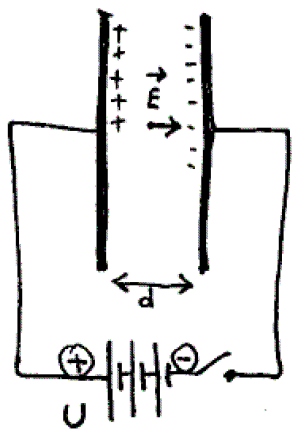
Feldstärke im Plattenkondensator

Titel (Name des Gesetzes)

Formel

$$\boxed{|\vec{E}| = \frac{U}{d}}$$

(Zeichnung)

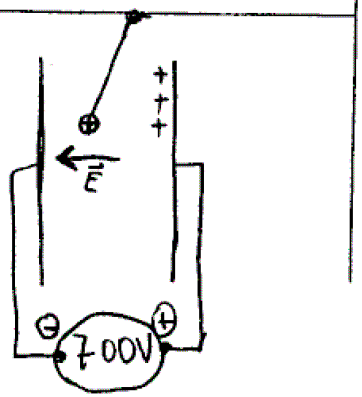


(Bezeichnungen)

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
E	elektrische Feldstärke	Volt pro Meter	V/m
U	Spannung zwischen den Platten		V
d	Distanz zwischen den Platten		m

Numerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
Die Platten eines Kondensators sind 7 cm voneinander entfernt. Welche Spannung muss man anlegen um ein Feld von 10 kV/m zu erzeugen?	$E = \frac{U}{d} \Rightarrow U = E \cdot d$ $U = 10^4 \cdot 7 \cdot 10^{-2}$ $U = 7 \cdot 10^2$ Volt



Herleitung des Coulomb-Gesetz

Q erzeugt das Feld

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

q erfährt die Kraft

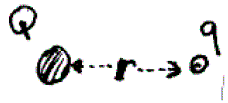
$$F = q \cdot E$$

Titel (Name des Gesetzes): Coulomb Gesetz

(Zeichnung)

Formel

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

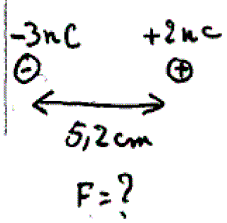


(Bezeichnungen)

Symbol	Bedeutung	SI-Einheit	
		Name	Symbol
F	Coulomb-Kraft	Newton	N
Q, q	Ladungen	Coulomb	C
r	Entfernung	Meter	m

(Diagr.)

Nummerisches Beispiel

Aufgabenstellung (mit Zeichnung)	Lösung
	$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{(-3 \cdot 10^{-9}) \cdot (+2 \cdot 10^{-9})}{(5{,}2 \cdot 10^{-2})^2}$ $= -1{,}9952 \cdot 10^{-5}$ $\lvert F \rvert \simeq 2 \cdot 10^{-5}\,N$ Anziehende Kraft 0,02 mN