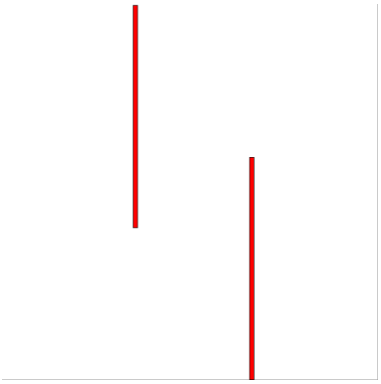
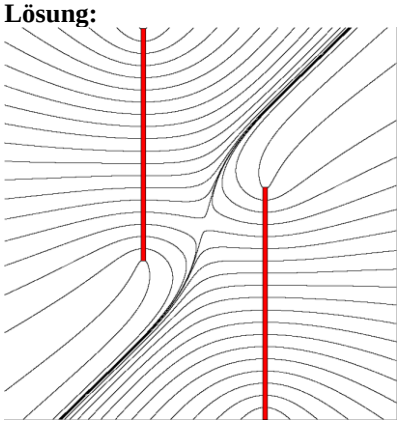
3.1. Prüfungsaufgaben zur Elektrostatik

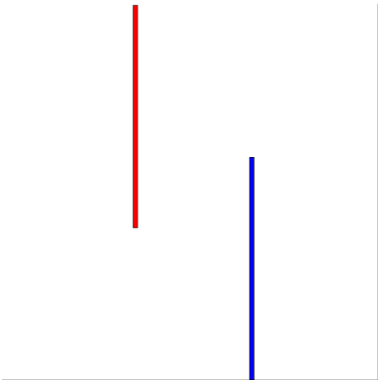
Aufgabe 1a: Feldlinien
Zeichne die Feldlinien für zwei verschoben parallel angeordnete **gleichnamig** geladenen Platten:



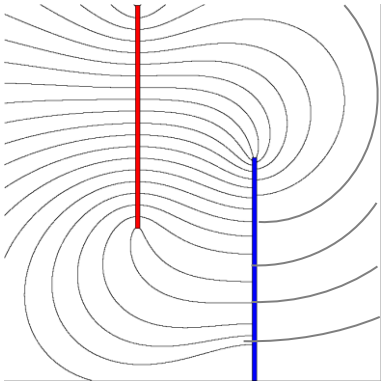
Lösung:



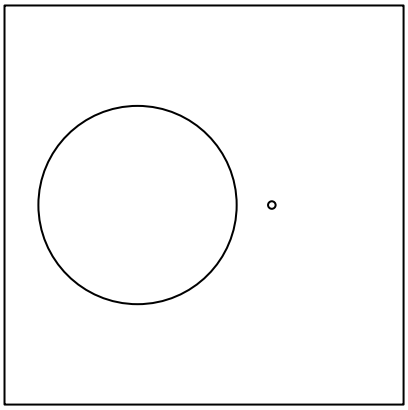
Aufgabe 1b: Feldlinien
Zeichne die Feldlinien für zwei verschoben parallel angeordnete **entgegengesetzt** geladenen Platten:



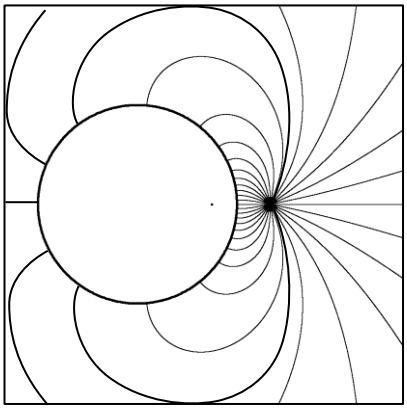
Lösung:



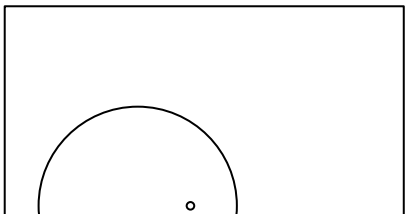
Aufgabe 1c (2)
Zeichne das Feldlinienbild für den Fall, dass die beiden Leiter **entgegengesetzt** geladen sind:



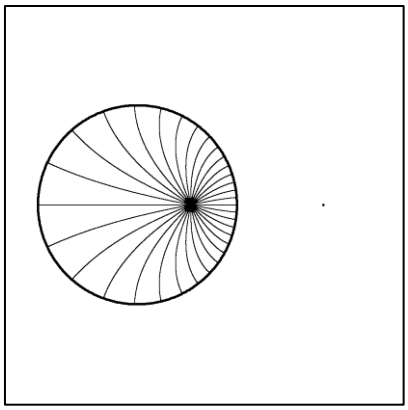
Lösung



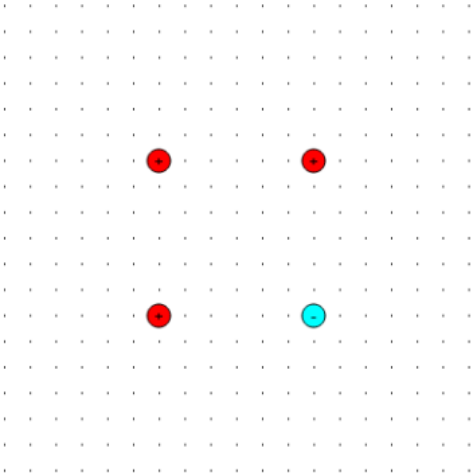
Aufgabe 1d (2)
Zeichne das Feldlinienbild für den Fall, dass die beiden Leiter **entgegengesetzt** geladen sind:



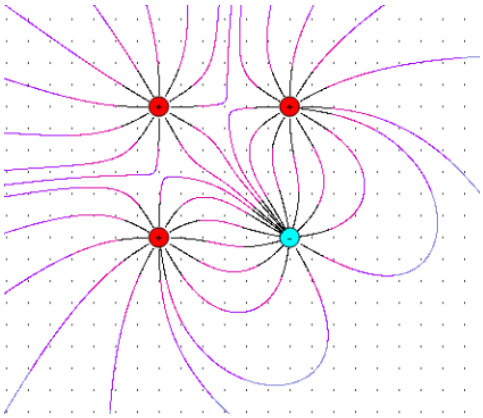
Lösung



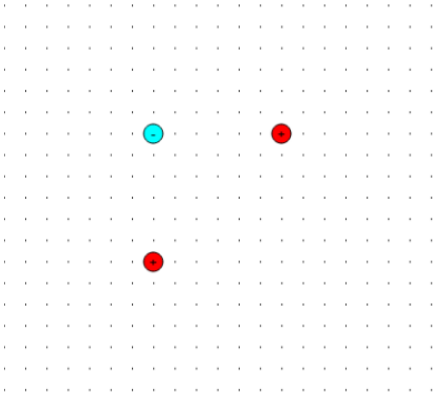
Aufgabe 1e (2)
Zeichne das Feldlinienbild für den Fall, dass der Leiter rechts unten **positiv** und die anderen drei Leiter **negativ** geladen sind:



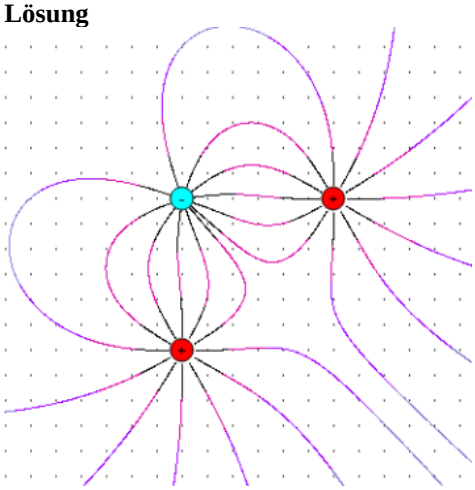
Lösung



Aufgabe 1f (2)
Zeichne das Feldlinienbild für den Fall, dass der Leiter links oben **negativ** und die anderen zwei Leiter **positiv** geladen sind:



Lösung



Aufgabe 2a Elektrischer Fluss und Feldstärke (10)
Zwischen zwei entgegengesetzt geladenen Platten herrscht eine Feldstärke von E = 20 000 N/C.
a) Berechne die Kraft auf eine Ladung von $Q = 4\cdot10^{-6}$ C. (2)
b) Berechne den Fluss zwischen den Platten, wenn die Platten einen Flächeninhalt von 400 cm^2 besitzen. (2)
c) Berechne die Ladung einer Platte, wenn man annimmt, dass die Feldstärke außerhalb der Platten vernachlässigbar gering ist. (2)
d) Berechne die Zahl der überschüssigen Elektronen auf der negativ geladenen Platte. (2)
e) Berechne die Kraft zwischen den beiden Platten (2)

Aufgabe 2a: Elektrischer Fluss und Feldstärke (10)
a) $F = E\cdot Q = 0{,}08$ N. (2)
b) $\Phi = E\cdot A = 800\ N\cdot C^{-1}\cdot m^2$. (2)
c) $Q = \varepsilon_0\cdot\Phi \approx 7{,}1\cdot10^{-9}$ C (2)
d) Es sind $\frac{7{,}1\cdot10^{-9}\ C}{1{,}6\cdot10^{-19}\ C} \approx 44{,}3$ Milliarden Stück. (2)
e) $F = \frac{1}{2}E\cdot Q \approx 7{,}1\cdot10^{-5}$ N. (2)

Aufgabe 2b Elektrischer Fluss und Feldstärke (10)
Zwischen zwei entgegengesetzt geladenen Platten herrscht eine Feldstärke von E = 30 000 N/C.
a) Berechne die Kraft auf eine Ladung von $Q = 2\cdot10^{-8}$ C. (2)
b) Berechne den Fluss zwischen den Platten, wenn die Platten einen Flächeninhalt von 500 cm^2 besitzen. (2)
c) Berechne die Ladung einer Platte, wenn man annimmt, dass die Feldstärke außerhalb der Platten vernachlässigbar gering ist. (2)
d) Berechne die Zahl der überschüssigen Elektronen auf der negativ geladenen Platte. (2)
e) Berechne die Kraft zwischen den beiden Platten (2)

Aufgabe 2b: Elektrischer Fluss und Feldstärke (10)
a) $F = E\cdot Q = 6\cdot10^{-4}$ N. (2)
b) $\Phi = E\cdot A = 1500\ N\cdot C^{-1}\cdot m^2$. (2)
c) $Q = \varepsilon_0\cdot\Phi \approx 1{,}328\cdot10^{-7}$ C (2)
d) Es sind $\frac{1{,}328\cdot10^{-7}\ C}{1{,}6\cdot10^{-19}\ C} \approx 830$ Milliarden Stück. (2)
e) $F = \frac{1}{2}E\cdot Q \approx 2\cdot10^{-4}$ N. (2)

Aufgabe 3a: Coulomb-Gesetz (6)
Berechne jeweils die elektrische Feldstärke und den gesamten elektrischen Fluss durch die Oberfläche einer Kugel mit dem gegebenen Radius. Begründe die Rechnung mit Hilfe einer Skizze
a) In einer Entfernung r = 5 m von einer Punktladung mit $Q = 2\cdot10^{-5}$ C (2)
b) An der Oberfläche einer Metallkugel mit dem Radius r = 10 cm und der Ladung $Q = 3\cdot10^{-10}$ C (2)
c) In einem Abstand d = 20 cm von der Oberfläche der Kugel aus b) (2)

Aufgabe 3a: Coulomb-Gesetz (6)
$\Phi = \frac{Q}{\varepsilon_0}$ und $E = \frac{\Phi}{A} = \frac{\Phi}{4\pi r^2} \Rightarrow$
a) $\Phi \approx 2{,}25\cdot10^6\ N\cdot m^2\cdot C^{-1}$ und $E \approx 7{,}19\cdot10^3$ N/C (2)
b) $\Phi \approx 33{,}9\ N\cdot m^2\cdot C^{-1}$ und $E \approx 269{,}4$ N/C (2)
c) $\Phi \approx 33{,}9\ N\cdot m^2\cdot C^{-1}$ und $E \approx 29{,}9$ N/C (2)

Aufgabe 4a: Coulomb-Gesetz (2)
a) Berechne die Abstoßung zweier Kugeln mit den Ladungen $Q_1 = 5\cdot10^{-7}$ C und $Q_2 = 2\cdot10^{-6}$ C, die sich im Abstand r = 5 mm zueinander befinden. (1)
b) Zwei entgegengesetzt gleich geladene Kugeln ziehen sich in 5 cm Abstand mit 100 N an. Berechne die Ladungen der Kugeln (1)

Aufgabe 4a: Coulomb-Gesetz (2)
a) $F_C = \frac{Q_1\cdot Q_2}{\varepsilon_0\cdot 4\pi r^2} \approx 359{,}3$ N. (1)
b) $Q_1 = Q_2 = \sqrt{F_C\cdot\varepsilon_0\cdot 4\pi r^2} \approx 5{,}3\cdot10^6$ C. (1)

Aufgabe 4b: Coulomb-Gesetz (2)

a) Berechne die Anziehung zweier Kugeln mit den Ladungen $Q_1 = 8\cdot10^{-7}$ C und $Q_2 = 1\cdot10^{-6}$ C, die sich im Abstand r = 7 cm zueinander befinden. (1)
b) Zwei entgegengesetzt gleich geladene Kugeln ziehen sich in 20 cm Abstand mit 10 N an. Berechne die Ladungen der Kugeln (1)

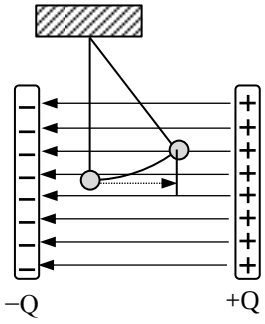
Aufgabe 4b: Coulomb-Gesetz (2)

a) $F_C = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{\varepsilon_0 \cdot 4\pi r^2} \approx 146{,}7$ N. (1)

b) $Q_1 = Q_2 = \sqrt{F_C \cdot \varepsilon_0 \cdot 4\pi r^2} \approx 6{,}67\cdot10^6$ C. (1)

Aufgabe 5a Kondensatoren (18)

Zwei Kondensatorplatten von je 500 cm^2 Fläche stehen sich im Abstand von 5 mm gegenüber. Nun wird eine Spannung von 200 V angelegt.



a) Berechne die Kapazität des Kondensators und die aufgenommene Ladung. (4)
b) Bestimme die Feldstärke, die auf eine Ladung wirkt, die sich **zwischen** den Platten befindet (2)
c) Bestimme den Winkel α sowie die horizontale Auslenkung aus der Ruhelage, wenn eine 2 g schwere mit $q = 10^{-8}$ C geladene Kugel an einem 20 cm langen Faden zwischen die Kondensatorplatten gebracht wird. (6)
d) Berechne den Höhengewinn der Kugel sowie die damit übertragene potentielle Energie. (4)
e) Wie gross ist die Feldstärke einer **einzelnen** Platte? (1)
f) Mit welcher Kraft F zieht die **eine** Platte an der **anderen** Platte? (1)

Aufgabe 5a: Kondensatoren (20)

a) Die Kapazität ist $C = \frac{\varepsilon_0 \cdot A}{d} = \frac{8{,}85\cdot10^{-12}\cdot0{,}05}{0{,}005}$ F $\approx 8{,}85\cdot10^{-11}$ F (2)

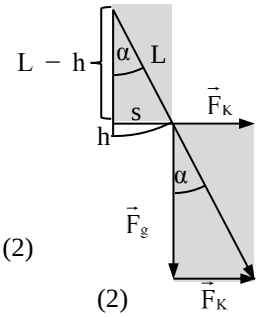
Die aufgenommene Ladung ist $Q_P = U\cdot C = 1{,}78\cdot10^{-8}$ C (2)

b) Die Feldstärke ist $E = \frac{U}{d} = \frac{200}{0{,}005} = 4\cdot10^4 \frac{N}{C}$ (2)

c) Die Kraft auf die Kugel ist $F_K = E\cdot Q_K = 4\cdot10^4\cdot10^{-8} = 4\cdot10^{-4}$ N (2)

Die Auslenkung ist $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{F_K}{F_g}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{E\cdot Q_K}{m\cdot g}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{4\cdot10^{-4}}{2\cdot10^{-3}\cdot9{,}81}\right) \approx 1{,}17°$ (2)

Die horizontale Abweichung von der Ruhelage ist $s = L\cdot\sin(\alpha) \approx 4$ mm. (2)



d) Aus $\frac{L-h}{L} = \cos(\alpha)$ ergibt sich die Höhendifferenz $h = L\cdot(1 - \cos(\alpha)) \approx 4{,}1\cdot10^{-5}$ m (2)

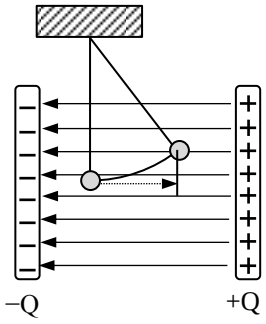
Die Änderung der potentiellen Energie ist $E_{pot} = m\cdot g\cdot h = 2\cdot10^{-2}\cdot9{,}81\cdot4{,}1\cdot10^{-5}$ J $\approx 8{,}36\cdot10^{-6}$ J (2)

e) Die Feldstärke einer Platte ist $\frac{1}{2}E = 20\,000$ $N\cdot C^{-1}$. (1)

f) Die Kraft auf eine Platte ist $F = \frac{1}{2}E\cdot Q = 3{,}54\cdot10^{-4}$ N (1)

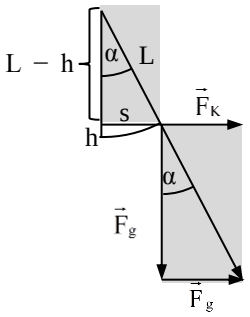
Aufgabe 5b: Kondensatoren (20)

Ein Kondensator aus zwei 500 cm^2 großen Metallplatten in einem Abstand von 4 cm wird durch einer Gleichspannung von 10 kV aufgeladen. Nun wird die Spannungsquelle durch ein Voltmeter ersetzt und eine 10 g schwere und mit 1 nC geladene Styroporkugel an einem 20 cm langen Faden in der Mitte zwischen die Platten gehängt. Man beobachtet, dass sich die Kugel zur entgegengesetzt geladenen Platte hin bewegt und die Spannung leicht absinkt.



a) Bestimme die Kapazität der beiden Platten und welche Ladung sie aufnehmen. (4)
b) Berechne die Feldstärke zwischen den beiden Platten und welche Kraft sie auf die Styroporkugel ausüben. (4)
c) Berechne die Kraft, welche die linke Platte auf die rechte Platte ausübt. (2)
d) Bestimme die gesamte Energie des elektrischen Feldes zwischen den beiden Platten, **bevor** die Kugel hineingehängt wird. (2)
e) Bestimme die Auslenkung der Styroporkugel. Berührt sie die Platten? (2)
f) Zeige,m dass sich die potentielle Energie um ca. $6{,}37\cdot10^{-6}$ J ändert. (3)
g) Wieviel Prozent der Feldenergie wird auf die Kugel übertragen? (1)
h) Berechne die Änderung der Kondensatorspannung nach dem Einbringen der Kugel. (2)

Lösungen (Alles in SI)



g) Die Kapazität ist $C = \frac{\varepsilon_0 \cdot A}{d} = \frac{8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}05}{0{,}04}$ F ≈ 1,01 pF (2)

Die aufgenommene Ladung ist $Q_P = U \cdot C = 1{,}01 \cdot 10^{-8}$ C (2)

h) Die Feldstärke ist $E = \frac{U}{d} = \frac{1000}{0{,}04} = 2{,}5 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$ (2)

Die Kraft auf die Kugel ist $F_K = E \cdot Q_K = 2{,}50 \cdot 10^4 \; 1 \cdot 10^{-9} = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$ N (2)

i) Die Kraft auf die Platte ist $F_P = \frac{1}{2} E \cdot Q_K = 1{,}25 \cdot 10^4 \; 1{,}01 \cdot 10^{-9} \approx 1{,}26 \cdot 10^{-4}$ N (2)

j) Die gesamte Energie des Feldes ist $E_E = \frac{1}{2} CU^2 = 0{,}5 \cdot 1{,}01 \cdot 10^{-12} \cdot 10^8$ J ≈ $5{,}01 \cdot 10^{-5}$ J. (2)

k) Die Auslenkung ist $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{F_K}{F_g}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{E \cdot Q_K}{m \cdot g}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{2{,}5 \cdot 10^{-4}}{10^{-3} \cdot 9{,}81}\right) \approx 1{,}46°$ (2)

l) Die horizontale Abweichung von der Ruhelage ist $s = L \cdot \sin(\alpha) \approx 5{,}1$ mm. (2)
Die Kugel berührt die 2 cm entfernte Platte also nicht. (1)

m) Aus $\frac{L - h}{L} = \cos(\alpha)$ ergibt sich die Höhendifferenz $h = L \cdot (1 - \cos(\alpha)) \approx 6{,}5 \cdot 10^{-5}$ m (3)

Die Änderung der potentiellen Energie ist $E_{pot} = m \cdot g \cdot h = 10^{-2} \cdot 9{,}81 \cdot 6{,}5 \cdot 10^{-4}$ J ≈ $6{,}37 \cdot 10^{-6}$ J (2)

n) Das entspricht $\frac{E_{pot}}{E_E} \cdot 100 = \frac{6{,}37 \cdot 10^{-6}}{5{,}01 \cdot 10^{-5}} \approx 12{,}7$ % der gesamten Feldenergie. (1)

o) Die Endspannung ergibt sich aus $\frac{1}{2} CU_{Ende}^2 = E_E - E_{pot}$ zu $U_{Ende} = \sqrt{\frac{2}{C}\left(E_E - E_{pot}\right)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4{,}373 \cdot 10^{-5}}{1{,}01 \cdot 10^{-12}}} \approx 9305{,}6$ V (2)

Aufgabe 6a: Kondensatoren (4)

An einen Plattenkondensator mit dem Flächeninhalt A = 600 cm² je Platte und dem Plattenabstand d = 8 mm wir die Spannung U = 400 V abgelegt. Nach dem Ladevorgang wird die Spannungsquelle vom Kondensator getrennt.

a) Welche Feldstärke herrscht zwischen den Platten? (1)
b) Welche Ladung Q nimmt der Kondensator auf? (1)
c) Wie ändern sich die Feldstärke und die Spannung, wen der Abstand der Platten nach der Trennung von der Spannungsquelle verdoppelt wird? (2)

Aufgabe 6a: Kondensatoren (4)

a) $E = \frac{U}{d} \approx 50\,000 \; N \cdot C^{-1}$. (1)
b) $Q = \varepsilon_0 \cdot E \cdot A \approx 2{,}66 \cdot 10^{-8}$ C (1)
c) Die Feldstärke bleibt gleich und die Spannung erhöht sich auf 800 V. (2)

Aufgabe 7a: Kondensatoren (21)

An einen Plattenkondensator mit der Kapazität $3 \cdot 10^{-10}$ F und 2 mm Plattenabstand wird eine Spannung von 300 V gelegt. Dann wird die Spannungsquelle entfernt.

a) Berechne die Feldstärke und die Ladung des Kondensators. (3)
b) Welchen Flächeninhalt und welchen Durchmesser haben die kreisförmigen Platten des Kondensators? (3)
c) Bestimme die nach dem Aufladen in dem Kondensator gespeicherte Energie. (3)
d) Beschreibe und begründe jeweils, wie sich Ladung, Spannung, Feldstärke und Energie ändern, wenn eine Plexiglasplatte mit $\varepsilon_r = 3$ **nach** der Trennung von der Spannungsquelle zwischen die Kondensatorplatten geschoben wird Beschreibe und begründe jeweils, wie sich. (3)
e) Beschreibe und begründe jeweils, wie sich Ladung, Spannung, Feldstärke und Energie ändern, wenn eine Plexiglasplatte mit $\varepsilon_r = 3$ **vor** der Trennung von der Spannungsquelle zwischen die Kondensatorplatten geschoben wird. (3)
f) Beschreibe und begründe jeweils, wie sich Ladung, Spannung, Feldstärke und Energie ändern, wenn der Abstand der Platten **nach** der Trennung von der Spannungsquelle verdoppelt wird. (3)
g) Beschreibe und begründe jeweils, wie sich Ladung, Spannung, Feldstärke und Energie ändern, wenn der Abstand der Platten **vor** der Trennung von der Spannungsquelle verdoppelt wird. (3)

Alles in SI!

Grösse	vorher	Plexiglasplatte mit $\varepsilon_r = 3$ **nach** der Trennung von der Spannungsquelle	Plexiglasplatte mit $\varepsilon_r = 3$ **vor** der Trennung von der Spannungsquelle	Verdopplung des Abstandes **nach** der Trennung von	Verdopplung des Abstandes **vor** der Trennung von

				der Spannungsquelle	der Spannungsquelle
Kapazität	$3\cdot10^{-10}$				
Ladung					
Spannung	300				
Feldstärke					
Energie					

Aufgabe 7a: Kondensatoren (17)

a) $E = \frac{U}{d} = 150\,000\ N\cdot C^{-1}$ und $Q = C\cdot U = 9\cdot10^{-8}\ C$ (3)

b) $C = \frac{\varepsilon_0 \cdot A}{d} = \frac{\varepsilon_0 \cdot \pi r^2}{d} \Rightarrow$ Durchmesser $d = 2r = 2\sqrt{\frac{C\cdot d}{\varepsilon_0 \cdot \pi}} \approx 29{,}4$ cm (3)

c) Energie $E_{el} = \frac{1}{2}C\cdot U^2 = 1{,}35\cdot10^{-5}$ J (3)

d) Die Kapazität $C = \frac{\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot A}{d}$ verdreifacht sich. Bei gleicher Ladung Q sinken die Spannung $U = \frac{Q}{C}$, Energie $E_{el} = \frac{1}{2}C\cdot U^2$ und Feldstärke $E = \frac{U}{d}$ daher auf ein Drittel. (3)

e) Die Kapazität $C = \frac{\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot A}{d}$ verdreifacht sich. Bei gleicher Spannung U steigen die Ladung $Q = C\cdot U$ und die Energie $E_{el} = \frac{1}{2}C\cdot U^2$ auf das Dreifache aber die Feldstärke $E = \frac{U}{d}$ bleibt gleich. (3)

f) Die Kapazität $C = \frac{\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot A}{d}$ halbiert sich. Bei gleicher Ladung Q steigen die Spannung $U = \frac{Q}{C}$ und die Energie $E_{el} = \frac{1}{2}C\cdot U^2$ auf das Doppelte aber die Feldstärke $E = \frac{U}{d}$ bleibt gleich. (3)

g) Die Kapazität $C = \frac{\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot A}{d}$ halbiert sich. Bei gleicher Spannung U sinken die Ladung $Q = C\cdot U$, die Energie $E_{el} = \frac{1}{2}C\cdot U^2$ und Feldstärke $E = \frac{U}{d}$ daher auf die Hälfte. (3)

Alles in SI!

Grösse	vorher	Plexiglasplatte mit $\varepsilon_r = 3$ **nach** der Trennung von der Spannungsquelle	Plexiglasplatte mit $\varepsilon_r = 3$ **vor** der Trennung von der Spannungsquelle	Verdopplung des Abstandes **nach** der Trennung von der Spannungsquelle	Verdopplung des Abstandes **vor** der Trennung von der Spannungsquelle
Kapazität	$3\cdot10^{-10}$	$9\cdot10^{-10}$	$9\cdot10^{-10}$	$1{,}5\cdot10^{-10}$	$1{,}5\cdot10^{-10}$
Ladung	$9\cdot10^{-8}$	$9\cdot10^{-8}$	$2{,}7\cdot10^{-7}$	$9\cdot10^{-8}$	$4{,}5\cdot10^{-8}$
Spannung	300	100	300	600	300
Feldstärke	$1{,}5\cdot10^{5}$	$7{,}5\cdot10^{4}$	$1{,}5\cdot10^{5}$	$1{,}5\cdot10^{5}$	$7{,}5\cdot10^{4}$
Energie	$1{,}35\cdot10^{-5}$	$4{,}5\cdot10^{-6}$	$4{,}05\cdot10^{-4}$	$2{,}7\cdot10^{-5}$	$6{,}75\cdot10^{-6}$

Aufgabe 8a: Energie des elektrischen Feldes (15)
Ein Plattenkondensator mit kreisförmigen, 30 cm großen Platten mit einem Abstand von d = 3 mm wird mit 400 V aufgeladen und dann von der Spannungsquelle getrennt.

a) Welche Energie ist in dem Kondensator gespeichert? (4)
b) Welche Anziehungskraft wirkt zwischen den Platten? (5)
c) beschreibe die Änderung der Ladung, der Spannung und der gespeicherten Energie, wenn man die Platten um weitere 3 mm auseinanderzieht. (6)

Viel Erfolg!

Aufgabe 8a: Energie des elektrischen Feldes (2)

a) $C = \frac{\varepsilon_0 \cdot A}{d} = \frac{\varepsilon_0 \cdot \pi r^2}{d} \approx 2{,}09 \cdot 10^{-10}\ \frac{C}{V} \Rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = 1{,}67 \cdot 10^{-5}$ J. (4)

b) $F = E_{Platte} \cdot Q = \frac{U \cdot Q}{2d} = \frac{C \cdot U^2}{2d} = 5{,}56 \cdot 10^{-3}$ N (5)

c) De Ladung und damit auch die Feldstärke E können sich nicht mehr ändern, da der Kondensator jetzt isoliert ist. (2)
Die Spannung $U = E \cdot d$ verdoppelt sich auf 800 V (2)
Die Kapazität halbiert sich und die Energie verdoppelt sich auf $W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} C \cdot (2U)^2 = CU^2 = 3{,}34 \cdot 10^{-5}$ J (2)

Aufgabe 9a: Energie des elektrischen Feldes (13)
Ein Plattenkondensator mit der Fläche $A = 0{,}5\ m^2$ und dem Plattenabstand d = 5 mm wird mit 300 V aufgeladen und dann von der Spannungsquelle getrennt.

a) Berechne die Feldstärke und die Ladung des Kondensators (3)
b) Berechne die erforderliche Arbeit, wenn man nun die Platten auf einen Abstand von 8 mm auseinanderzieht (3)
c) Bestimme die Aufprallgeschwindigkeit eines Elektrons, welches sich von der negativ geladenen Platte gelöst hat. (3)
d) Bestimme die resultierende Aufprallgeschwindigkeit eines Protons, welches mit 200 km/s parallel zu den Platten von der Seite in en Kondensator geschossen wird.

Aufgabe 9a: Energie des elektrischen Feldes (13)

a) $E = \frac{U}{d} = 60\,000\ N \cdot C^{-1}$ und $Q = \varepsilon_0 \cdot E \cdot A \approx 2{,}66 \cdot 10^{-7}$ C (3)

b) $W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot \Delta U = \frac{1}{2} \cdot E \cdot Q \cdot \Delta d = 2{,}39 \cdot 10^{-5}$ J. (3)

c) $U \cdot e = \frac{1}{2} m_e \cdot v^2 \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot U \cdot e}{m_e}} \approx 1{,}03 \cdot 10^7$ m/s (3)

d) $v_{px} = \sqrt{\frac{2 \cdot U \cdot e}{m_p}} \approx 2{,}40 \cdot 10^5$ m/s Resultierende Geschwindigkeit $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_x^2 + \frac{2 \cdot U \cdot e}{m_p}} = 3{,}1 \cdot 10^5$ m/s (4)

Aufgabe 10a: Teilchenbeschleuniger (3)
Berechne die kinetische Energie E_{kin} und die Teilchengeschwindigkeit v bei einer Beschleunigungsspannung von 20 kV für

a) Elektronen mit der Ruhemasse $9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg (1)
b) Protonen mit der Ruhemasse $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg (1)
c) α-Teilchen (Helium-Kerne ${}^4_2He^{2+}$) (1)

Aufgabe 10a: Teilchenbeschleuniger (3)

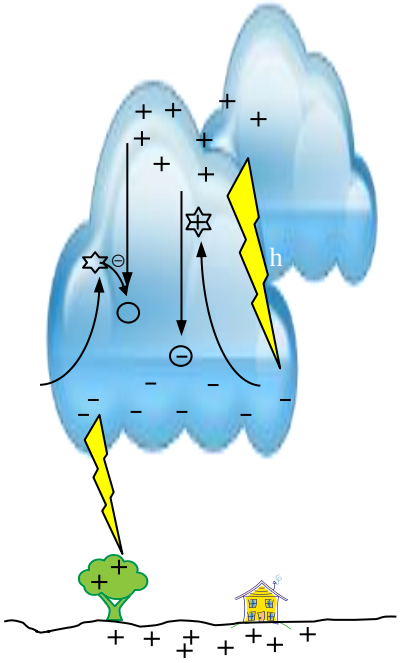
a) $E_{kin} = 20$ keV $\approx 3{,}2 \cdot 10^{-15}$ J und $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{m}} \approx 5{,}93 \cdot 10^7$ m/s (1)

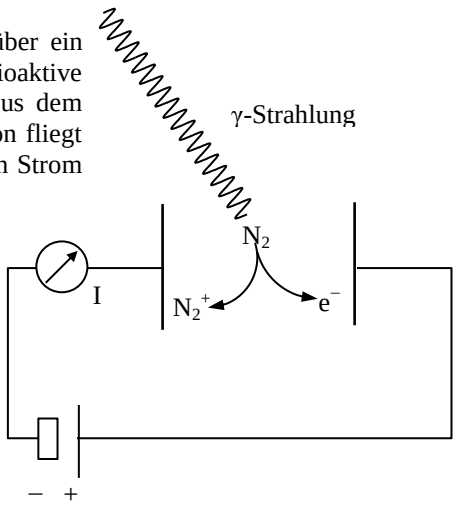
b) $E_{kin} = 20$ keV $\approx 3{,}2 \cdot 10^{-15}$ J und $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{m}} \approx 8{,}39 \cdot 10^7$ m/s (1)

c) $E_{kin} = 40$ keV $\approx 6{,}4 \cdot 10^{-15}$ J und $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{m}} \approx 1{,}38 \cdot 10^6$ m/s (1)

Aufgabe 11a (3)
Erkläre mit Hilfe einer Skizze die Entstehung von Blitzen innerhalb einer Wolke sowie zwischen Wolke und Erde. Verwende Fachbegriffe.

Aufgabe 11a (3)
In der viele km hohen **Cumulus-Wolke** steigen leichte Eiskristalle nach oben und schwererer Graupelteilchen sinken nach unten. Infolge Reibung entreißen diese den Eisteilchen Elektronen und führen diese mit nach unten, so dass die Wolke unten negativ und oben positiv geladen wird. Durch Influenz lädt sich die Erdoberfläche unter der Wolke negativ auf.
Dabei entstehen durch die riesige Zahl der beteiligten Teilchen starke elektrische Kräfte, welche sehr kleine und leichte Ionen so stark beschleunigen, dass diese bei der Kollision auch neutrale Luftmoleküle ionisieren können. Es kommt zu einer Kettenreaktion und kurzzeitig fließt ein sehr hoher **Strom** mit großer **Hitzeentwicklung**. Die umgebende Luft **dehnt** sich schlagartig **aus** und es entsteht ein **Donnerknall.** Skizze siehe rechts



Aufgabe 11b (3)
Erkläre mit Hilfe einer (Schalt-)skizze die Funktion eines Geigerzählers.

Aufgabe 11b (3)
Ein Geigerzähler besteht aus zwei geladenen (Kondensator-)Platten, die über ein Ampèremeter mit einer Spannungsquelle verbunden sind. Trifft radioaktive Strahlung auf ein Teilchen zwischen den Platten, so wird ein Elektron aus dem Teilchen geschlagen und fliegt zur positiv geladenen Platte. Das positive Ion fliegt zur negativen platte und nimmt ein neues Elektron auf. Kurzzeitig fließt ein Strom und das Ampèremeter schlägt aus. (siehe rechts)