

# *Prüfungsvorbereitung Physik: Elektrostatik, Stromkreise*

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- 1) Ladung
- 2) Eigenschaften von Ladungen
- 3) Elementarladung
- 4) Elektrischer Strom
- 5) Stromstärke
- 6) Isolator: Welche Materialien sind Isolatoren?  
Warum leiten Isolatoren nicht?  
Wie werden Isolatoren geladen und wie verteilen sich die Ladungen?
- 7) Polarisation
- 8) Elektrischer Leiter: Welche Materialien sind elektrische Leiter?  
Warum leiten elektrische Leiter?  
Wie verteilen sich die Ladungen auf einem geladenen elektrischen Leiter?
- 9) Influenz
- 10) Erklären Sie die Funktionsweise der Drehwaage von Coulomb (anhand einer gegebenen Skizze)
- 11) Erklären Sie den Aufbau und die Funktionsweise eines Elektroskops (anhand einer gegebenen Skizze)
- 12) Elektrisches Feld
- 13) Probeladung
- 14) Elektrische Feldlinie
- 15) Homogenes Feld
- 16) Feldstärke/Definition der Richtung der Feldstärke
- 17) Spannung
- 18) Glühelastischer Effekt
- 19) Wie findet Ladungstransport in
  - Vakuum (Anwendung?)
  - Metallen (Anwendung?)
  - Flüssigkeiten (Anwendung?)
  - Gasen (Anwendung?) statt?
- 20) Erklären Sie den Aufbau einer Vakuumdiode (anhand einer gegebenen Skizze)
- 21) Erklären Sie den Aufbau einer Elektronenstrahlröhre (anhand einer gegebenen Skizze)
- 22) Elektrolyt
- 23) Stossionisation
- 24) Wozu verwenden wir den elektrischen Strom?
- 25) Unter welchen Bedingungen fließt ein Strom?

Fähigkeiten:

- Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- Mit Diagrammen umgehen
- Elektrische Feldlinienbilder interpretieren und zeichnen können
- Elektrische Schaltpläne interpretieren und zeichnen können
- Joule in Elektronvolt umwandeln können und umgekehrt

Formeln: An der Prüfung verwenden Sie das gelbe Buch «Formeln, Tabellen, Begriffe». Ausserdem erhalten Sie ein kleines Blatt mit einer Liste von Schaltzeichen.

Physikalische Grössen: Für diese physikalischen Grössen müssen Sie Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Ladung			Stromstärke		
Feldstärke			Spannung		
Zeit			Masse		
Geschwindigkeit			Kraft		
Arbeit			Energie		

Übungsaufgaben:

### Alle Arbeitsblätter und Aufgabenblätter

#### Aufgaben und Informationen im Internet

[www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de) → Inhalte nach Teilgebieten der Physik → Elektrizitätslehre:

Ladungen und Felder (Mittelstufe), Glühelastischer Effekt, Einfache Stromkreise,

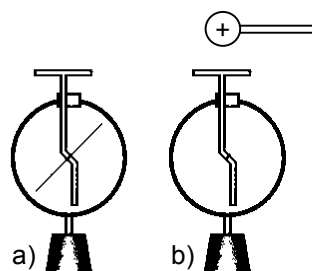
[www.elsenbruch.info](http://www.elsenbruch.info) → Physik → E-Felder (unten bei "Themenübersicht Physik in der S II"):

→ Ablenkung im E-Feld (linke Spalte, weiter unten bei «untergeordnete Seiten»):

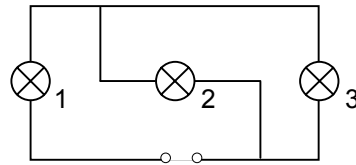
Elektronenleitung, Vakuumdiode, Braunsche Röhre (linke Spalte)

#### Weitere Aufgaben

- Durch die Glühbirne einer Taschenlampe fliesst während 0.079300800 min ein Strom der Stärke 0.0067800 A.
  - Wie viele signifikante Ziffern besitzen die beiden Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
  - Rechnen Sie aus, wie viel Ladung durch die Lampe fliesst und runden Sie das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
  - Rechnen Sie aus, wie viele Elektronen durch die Lampe fliessen und runden Sie das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
  - Notieren Sie die Resultate mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise.
- Sie haben drei gleich grosse, isolierte, geladene Kugeln: Kugel A ist mit + 6.0 mC geladen, Kugel B mit – 3.0 mC, Kugel C ist elektrisch neutral. Kugeln A und C berühren sich kurz, und werden wieder auseinandergenommen. Dann berühren sich Kugeln B und C kurz, und werden wieder auseinandergenommen.  
Wie gross ist die Ladung auf den Kugeln A, B und C?
- Vor Ihnen steht ein negativ geladenes Elektroskop.
  - Zeichnen Sie die Ladungsverteilung ein.
  - Was geschieht, wenn man eine positiv geladene Kugel in die Nähe des Kopfes bringt? Zeichnen Sie die Stellung des Zeigers sowie die Ladungsverteilung im Elektroskop ein.



4. Welche Lämpchen leuchten, wenn man  
 a) Lämpchen 1  
 b) Lämpchen 2 herausdreht?  
 c) Welche Lämpchen sind hier parallel, welche in Serie zueinander geschaltet?



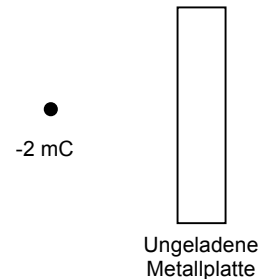
5. Skizzieren Sie qualitativ die Feldlinienbilder. Zeichnen Sie influenzierte Ladungen (dort, wo sie vorkommen) ein.

a)



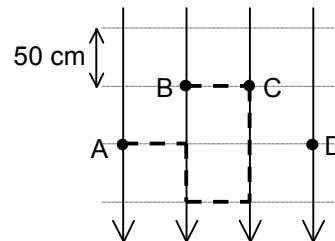
π

b)



6. Im elektrischen Feld der Erde ( $E = 130 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ ) zeigen die Feldlinien senkrecht nach unten (Richtung Erdmittelpunkt, siehe Abbildung).

- a) Wie gross ist die Spannung zwischen den Punkten A und C?  
 b) Wie viel Arbeit muss verrichtet werden, um ein geladenes Kügelchen ( $Q_1 = -1.9 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ,  $m = 0.045 \text{ g}$ ) von A nach B entlang des eingezeichneten Weges zu bewegen?  
 c) Wenn man ein negativ geladenes Kügelchen ( $Q_2 = 5.3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ) am Punkt D loslässt, wird es mit  $4.97 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  nach unten beschleunigt. Wie gross ist seine Masse?



7. Ein geladener Wattebausch ( $Q = 2.4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ ) der Masse  $m = 5.6 \text{ g}$  «durchfällt» im Vakuum eine Spannung von  $U = 15 \text{ kV}$ .

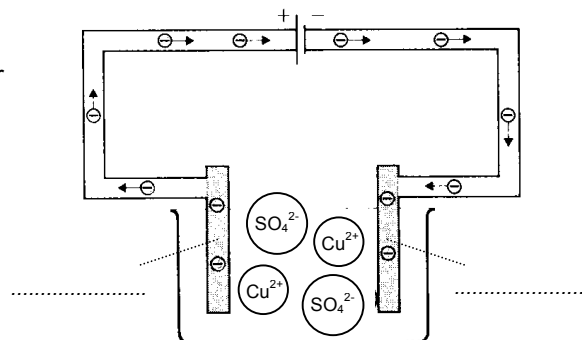
- a) Welche Energie in Joule und Elektronvolt nimmt er hierbei aus dem elektrischen Feld auf?  
 b) Auf welche Geschwindigkeit wird der Wattebausch beschleunigt, wenn er sich zu Beginn in Ruhe befand?

8. Ein Öltröpfchen ( $\rho = 0.973 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ,  $r = 1.20 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ ) trägt drei Elementarladungen und befindet sich im vertikalen, homogenen Feld eines Millikan-Kondensators mit dem Plattenabstand  $d = 0.500 \text{ cm}$ .

Welche Spannung muss zwischen den Platten liegen, damit das Öltröpfchen schwebt?

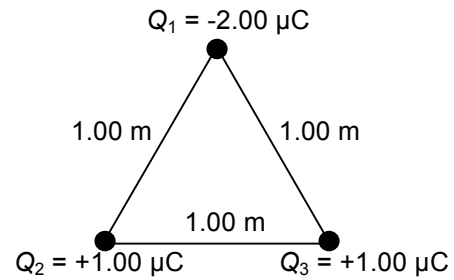
9. Zum Verkupfern einer Münze werden eine Kupferelektrode und eine Elektrode, an der die Münze befestigt ist, in eine Lösung von Kupfersulfat getaucht. Die Elektroden werden über ein Kabel an eine Stromquelle angeschlossen.

- a) Was geschieht mit den Atomen der Kupferelektrode, wenn Strom fliesst?  
 b) Was geschieht mit den Kupferionen in der Lösung, wenn Strom fliesst?  
 c) Schreiben Sie an, welche Elektrode aus Kupfer besteht und an welcher Elektrode die Münze befestigt ist.  
 d) Wie viele g Kupfer werden in 20 Minuten "umgelagert", wenn die Stromstärke 540 mA beträgt?  
 (Ein Kupferatom hat die Masse  $m = 1.055 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ .)

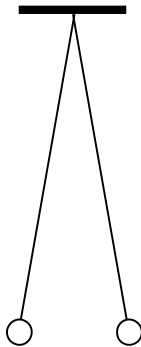


10. Drei Ladungen liegen auf einem Dreieck gemäss nebenstehender Abbildung.

- a) Wie gross ist die Kraft
- zwischen den Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$ ?
  - zwischen den Ladungen  $Q_2$  und  $Q_3$ ?
  - zwischen den Ladungen  $Q_1$  und  $Q_3$ ?
- b) Wie gross ist die resultierende Kraft auf jede der einzelnen Ladungen  $Q_1$ ,  $Q_2$  und  $Q_3$ ? In welche Richtung wirkt diese?



11.

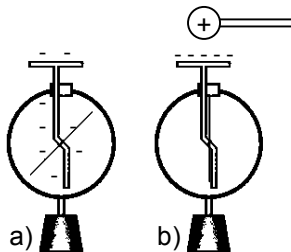


Zwei gleiche Kugeln von je  $1.3 \cdot 10^{-2}$  N Gewichtskraft sind an je einem 0.45 m langen, oben an demselben Punkt befestigten Faden aufgehängt und tragen gleiche Ladungen. Die Kugelmittelpunkte haben einen Abstand von 15 cm.

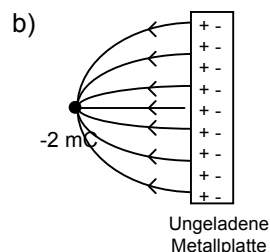
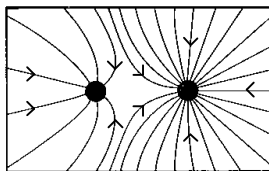
- a) Bestimmen Sie die Ladung jeder Kugel.  
b) Wie gross wird der Abstand zwischen den Kugeln, wenn die Ladung der linken Kugel verdoppelt wird?

#### Lösungen:

1. a)  $t: 8; I: 5$ ; Resultat: 5  
b)  $Q = I \cdot t = 0.0067800 \text{ A} \cdot 0.079300800 \cdot 60 \text{ s} = 0.03225956554 \text{ C} = \underline{0.032260 \text{ C}}$   
c)  $\frac{0.032260 \text{ C}}{1.6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{C}}{\text{El.}}} = 2.016222 \cdot 10^{17} \text{ El.} = \underline{2.0162 \cdot 10^{17} \text{ Elektronen}}$   
d)  $\underline{3.2260 \cdot 10^{-2} \text{ C}}$  und  $\underline{2.0162 \cdot 10^{17} \text{ Elektronen}}$   
2. 1. Berührung: A: + 3.0 mC, B: - 3.0 mC, C: + 3.0 mC  
2. Berührung: A: + 3.0 mC, B: 0 mC, C: 0 mC  
3.



4. a) keines  
b) 1 und 3  
c) 2 und 3 parallel, in Serie zu 1  
5. a)



6. a)  $U = E \cdot d = 130 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0.50 \text{ m} = \underline{65 \text{ V}}$   
b) Gewichtskraft wirkt nach unten, elektrische Kraft nach oben:  
 $F = m \cdot g - Q_1 \cdot E = 0.045 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} - 130 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 1.9 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 1.94 \cdot 10^{-4} \text{ N}$

Der Weg ist  $s = 0.50 \text{ m}$  (nur auf dem Weg parallel zu den Feldlinien wird Arbeit verrichtet, wobei sich Wege in entgegengesetzten Richtungen aufheben)

$$W = F \cdot s = 1.94 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot 0.50 \text{ m} = \underline{9.7 \cdot 10^{-5} \text{ J}}$$

$$c) m \cdot a = m \cdot g - Q \cdot E \Rightarrow m = \frac{Q \cdot E}{g - a} = \frac{5.3 \cdot 10^{-5} \text{ C} \cdot 130 \frac{\text{N}}{\text{C}}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 4.97 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{1.4 \text{ g}}}$$

7. a)  $W = Q \cdot U = 2.4 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 15'000 \text{ V} = \underline{\underline{3.6 \cdot 10^{-5} \text{ J}}} = \underline{\underline{2.23 \cdot 10^{14} \text{ eV}}}$

$$b) v = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3.6 \cdot 10^{-5} \text{ J}}{0.0056 \text{ kg}}} = \underline{\underline{0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

8.  $m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 = 7.04 \cdot 10^{-12} \text{ g} = 7.04 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$   $U = \frac{m \cdot g \cdot d}{3e} = \underline{\underline{720 \text{ V}}}$

9. a) 7. a) Sie geben je zwei Elektronen ab, werden zu  $\text{Cu}^{2+}$ -Ionen und gehen in Lösung

b) Sie schwimmen Richtung negative Elektrode (Kathode)

c) links Kupfer, rechts Münze

d)  $Q = I \cdot t = 0.54 \text{ A} \cdot 1'200 \text{ s} = 648 \text{ C}$

Das sind  $648 \text{ C} \cdot 6.25 \cdot 10^{18} \frac{\text{El.}}{\text{C}} = 4.05 \cdot 10^{21}$  Elektronen

Pro Kupferatom braucht es zwei El., das heisst es werden  $2.025 \cdot 10^{21}$  Kupferatome umgelagert.

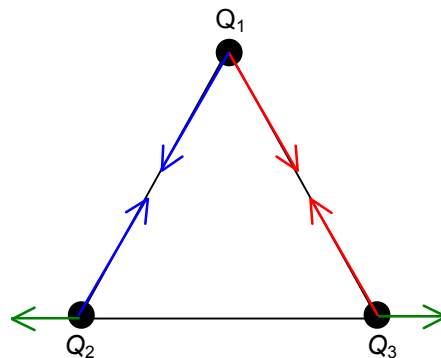
Diese haben die Masse  $2.025 \cdot 10^{21} \text{ At.} \cdot 1.055 \cdot 10^{-25} \frac{\text{kg}}{\text{At.}} = 2.14 \cdot 10^{-4} \text{ kg} = \underline{\underline{0.21 \text{ g}}}$

10. a)  $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}} \cdot \frac{2.0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(1.00 \text{ m})^2} = \underline{\underline{18 \text{ mN}}}$

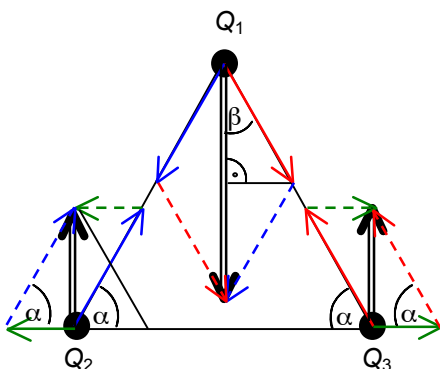
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_2 \cdot Q_3}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}} \cdot \frac{1.0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(1.00 \text{ m})^2} = \underline{\underline{9.0 \text{ mN}}}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_3}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}} \cdot \frac{2.0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(1.00 \text{ m})^2} = \underline{\underline{18 \text{ mN}}}$$

b) An jeder Ladung greifen zwei Kräfte (der beiden Nachbarpartikel) an. Wir zeichnen die Kräfte in einem Kräfteplan ein:



Diese Kräfte müssen für jedes Teilchen vektoriell addiert werden. Wir bilden die Resultierende, die an jedem Teilchen angreift:



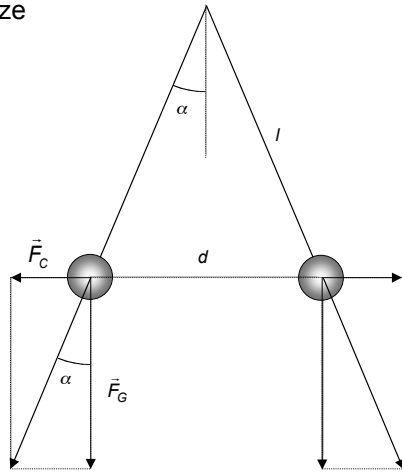
Kraft auf  $Q_2$  und  $Q_3$ : Da  $F = 2 \cdot F$  und  $\alpha = 60^\circ$  ist, ist die Resultierende die Höhe eines gleichseitigen Dreiecks mit der Seitenlänge  $F$ :

$$F_{\text{res}} = \frac{F}{2} \cdot \sqrt{3} = \frac{18 \text{ mN}}{2} \cdot \sqrt{3} = \underline{\underline{15.6 \text{ mN}}}$$

Kraft auf  $Q_1$ : Die Resultierende ist das Doppelte der Ankathete eines rechtwinkligen Dreiecks mit der Hypotenuse  $F$  und dem Winkel  $\beta = 30^\circ$ :

$$F_{\text{res}} = 2 \cdot F \cdot \cos \beta = 2 \cdot 18 \text{ mN} \cdot \cos 30^\circ = \underline{\underline{31.2 \text{ mN}}}$$

# 11. Skizze



a) Aus der Skizze entnimmt man  $\frac{F_C}{F_G} = \tan(\alpha)$  und  $\tan(\alpha) = \frac{d}{2 \cdot l}$ . Daraus folgt:

$$\frac{F_C}{F_G} = \frac{d}{2 \cdot l} \Rightarrow F_C = \frac{F_G \cdot d}{2 \cdot l} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q^2}{d^2} \quad (Q_1 = Q_2 = Q; r = d)$$

nach Q aufgelöst ergibt:

$$Q = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \cdot F_G \cdot d^3}{2 \cdot l}} = \sqrt{\frac{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2} \cdot 1.3 \cdot 10^{-2} N \cdot (0.15 m)^3}{2 \cdot 0.45 m}} = \underline{\underline{7.4 \cdot 10^{-8} C}}$$

b) Die Gleichung  $Q = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \cdot F_G \cdot d^3}{2 \cdot l}}$  nach d auflösen ergibt  $d = \sqrt[3]{\frac{Q^2 \cdot 2 \cdot l}{4\pi\epsilon_0 \cdot F_G}}$

Wenn eine der beiden Ladungen verdoppelt wird folgt:

$$d_{\text{doppeltLadung}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot Q^2 \cdot 2 \cdot l}{4\pi\epsilon_0 \cdot F_G}} = \sqrt[3]{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2 \cdot 2 \cdot l}{4\pi\epsilon_0 \cdot F_G}} = \sqrt[3]{2} \cdot d = \sqrt[3]{2} \cdot 15 \text{ cm} = \underline{\underline{19 \text{ cm}}}$$