

## Musterprüfung:

1. Was ist ein Faradayscher Käfig?
2. Millikan fand auf einem Öltröpfchen eine Ladung  $Q$  von  $8 \cdot 10^{-19} \text{C}$ . Wie gross war die Ladung des Öltröpfchens wahrscheinlich auf vier signifikante Ziffern genau?
3. Alphateilchen sind geladene Heliumkerne wie folgt:  ${}^4\text{He}^{2+}$ . Wie gross ist die Ladung der Teilchen ausgedrückt in Coulomb?
4. Zeitungsmeldung: In Österreich spielten Kinder auf einer Brücke über einer Bahnlinie. Sie machten beim Pinkeln Zielübungen auf elektrische Leitungen der Bahn. Dabei erlitt ein Kind ernsthafte Verbrennungen. Zutreffendes ankreuzen!
  - Pfui Teufel, ein widerlicher Österreicherwitz!
  - So etwas könnte sich tatsächlich zugetragen haben.

Begründung:

Antwort richtig nur mit Begründung!

5. Ich habe zwei ungleich grosse Kugeln mit gleich viel positiver Ladung auf jeder Kugel. Ich bringe die Kugeln in Kontakt und es erfolgt ein Ladungsaustausch. Befindet sich auf der grossen Kugel nach dem Ladungsaustausch
  - weniger positive Ladung als auf der kleinen Kugel?
  - gleich viel positive Ladung wie auf der kleinen Kugel?
  - mehr positive Ladung als auf der kleinen Kugel?

Zutreffendes ankreuzen!

Begründung:

Antwort richtig nur mit Begründung!

6. Zwei gleich grosse Kugeln tragen entgegen gesetzte Ladungen wie folgt:  $Q_1 = 11 \text{nC}$  und  $Q_2 = -29 \text{nC}$ . Die beiden Kugeln werden in Kontakt gebracht und es findet ein Ladungsaustausch statt. Wie gross sind die Ladungen  $Q_1'$  und  $Q_2'$  der beiden gleich grossen Kugeln nach dem Ladungsaustausch?

$$Q_1' =$$

$$Q_2' =$$

7. In einem Abstand von  $16 \text{cm}$  stossen sich zwei punktförmige Ladungen mit  $18 \text{mN}$  ab. Auf welchen Abstand muss ich die Ladungen bringen, damit sich die Abstossung auf  $32 \text{mN}$  erhöht?

$$r' =$$

8. Zwei ungleiche positive punktförmige Ladungen stossen sich mit einer Kraft  $F$  ab. Wie gross ist die Abstossung  $F'$ , ausgedrückt in  $F$ , wenn ich eine Ladung um 25% verkleinere und die andere um 25% vergrössere und zudem den Abstand um 3.3% reduziere?
9. Auf zwei gleich grossen Kugeln befinden sich ungleiche positive Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$ . Im Abstand von 25cm stossen sie sich mit einer Kraft von 32mN ab. Man bringt die gleich grossen Kugeln in Kontakt. Es findet ein Ladungsaustausch statt. Die Ladungen auf den Kugeln seien dann  $Q_1'$  und  $Q_2'$ . Diese stossen sich im Abstand von 25cm mit 36mN ab. Wie gross sind  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_1'$  und  $Q_2'$ ?

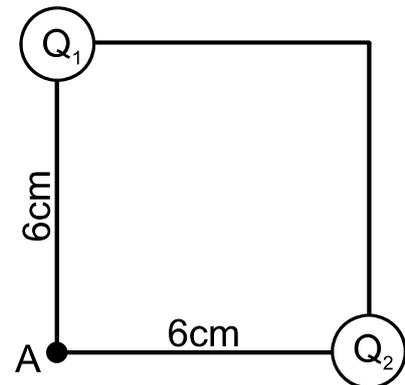
$$Q_1' =$$

$$Q_2' =$$

$$Q_1 =$$

$$Q_2 =$$

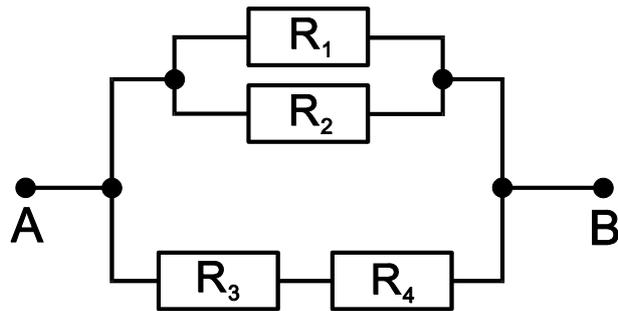
10. Auf einem Eckpunkt eines Quadrats mit Seitenlänge 6cm befindet sich eine positive Ladung  $Q_1$ . Auf eine Probeladung von 1nC im benachbarten Eckpunkt A wirkt eine Kraft von 240 $\mu$ N.
- Wie gross ist die elektrische Feldstärke im Punkt A?
  - Wie gross ist  $Q_1$ ?
  - Welche positive Ladung  $Q_2$  müsste man in den dem Eckpunkt mit der Ladung  $Q_1$  gegenüber liegenden Eckpunkt platzieren, damit sich die elektrische Feldstärke im Punkt A verdoppelt?



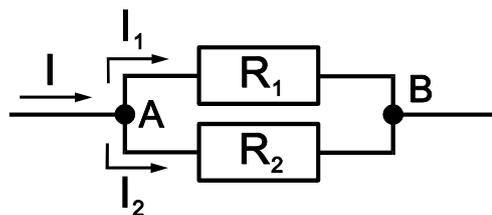
11. Wie viele Elektronen fliessen pro Sekunde durch einen Draht bei einer Stromstärke von 1A?
12. Welche Geschwindigkeit erreicht ein anfänglich ruhendes Elektron, wenn es in einem homogenen elektrischen Feld mit einer elektrischen Feldstärke von 54 kV/m über eine Strecke von 5mm beschleunigt wird? [Die Masse eines Elektrons misst  $9.109 \cdot 10^{-31}$  kg].
13. Wie viel Ladung muss durch eine Gleichspannungsquelle mit 230V Spannung fliessen, bis sie eine Energie von 1kWh abgegeben hat?
14. In Gewitterwolken werden durch starke Aufwinde Ladungen getrennt. Dadurch entstehen hohe Spannungen, die sich durch Blitze entladen. Bei einem Blitz durchläuft eine Ladung von 15As eine Spannung von 50MV.
- Wie viel Energie wurde durch die Entladung freigesetzt?

- b) Wie gross ist die im Teil (a) der Aufgabe berechnete Energie in kWh?  
 c) Wie gross war die mittlere Stromstärke bei der Entladung, wenn sie  $100\mu\text{s}$  gedauert hat?
15. Wie viele 60W-Glühlampen kann man (in Parallelschaltung) ans Netz anschliessen über einen Anschluss, der mit einer Schmelzsicherung (230V/10A) gesichert ist?
16. Zwei Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  werden in Serie an eine Spannungsquelle mit 60V angeschlossen. Es gilt  $R_1 = 90\Omega$  und  $R_2 = 150\Omega$ .
- Bestimme den Ersatzwiderstand der Schaltung.
  - Bestimme wie viel Strom durch die Widerstände fliesst.
  - Bestimme die Spannungsteilung durch die beiden Widerstände. (Berechne wie viel Spannung über jedem Widerstand lastet).
  - Bestimme die Heizleistung von beiden Widerständen zusammen und separat.
17. Ein Amerikaner in Paris möchte seinen 110V/150W-Toaster an einen Netzanschluss mit 230V effektiver Spannung anschliessen. Mit welchem Vorschaltwiderstand muss er das Gerät schützen, damit es richtig funktioniert?

18. Nebenstehende Schaltung bestehend aus vier Widerständen wie folgt:  $R_1 = 32\Omega$ ,  $R_2 = 40\Omega$ ,  $R_3 = 36\Omega$  und  $R_4 = 60\Omega$  wird an eine Gleichspannungsquelle von 24V angeschlossen, d.h.  $U_{AB} = 24V$ .

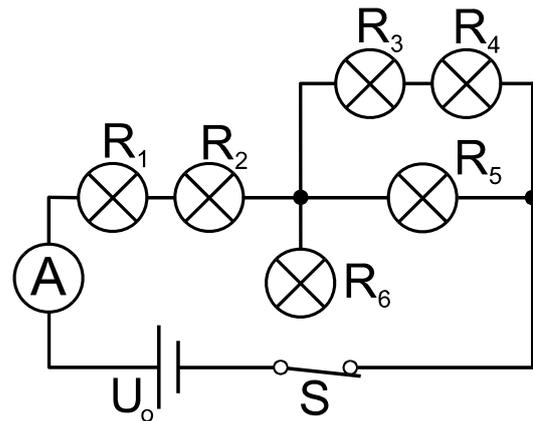


- Bestimme den Ersatzwiderstand der Schaltung.
  - Bestimme wie viele Ampere Strom durch die Schaltung fliesen.
  - Bestimme wie viele Ampere Strom durch die einzelnen Widerstände fliesen.
19. Nebenstehende Schaltung enthält zwei Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ , wobei:  $R_1 = 17\Omega$ . In die Schaltung fliesst ein Strom  $I$  von 6A. Davon fliesst ein Strom  $I_1$  von 2.6A durch  $R_1$ .



- Wie viel Strom fliesst durch  $R_2$ , d.h.  $I_2 = ?$
- Wie gross ist die Spannung  $U_{AB}$ ?
- Wie gross ist  $R_2$ ?
- Wie gross sind die Wärmeleistungen  $P_1$  und  $P_2$  von  $R_1$ , resp.  $R_2$ ?
- Wie gross ist der Ersatzwiderstand der Schaltung?
- Wie gross ist die Wärmeleistung der Schaltung?

20. Nebenstehende Schaltung enthält sechs gleiche Glühbirnen gekennzeichnet als „Widerstände“  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$  und  $R_6$ . Die Schaltung enthält auch einen (geschlossenen) Schalter  $S$  und ein Amperemeter (A) zur Messung von Stromstärken.



- Ordne die Glühbirnen nach abnehmender Helligkeit mit der sie brennen, wenn der Schalter ( $S$ ) geschlossen ist. Die Größen  $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5$  und  $H_6$  seien ein Mass für die Helligkeit der Glühbirnen. Die Reihenfolge  $H_1 = H_2 > H_3 \dots$  soll z.B. bedeuten, dass die Glühbirnen  $R_1$  und  $R_2$  gleich hell brennen und dass beide heller brennen als Glühbirne  $R_3$  u.s.w.
- Durch das Amperemeter soll ein Strom von  $1.5\text{A}$  fließen. Berechne für diesen Fall den Strom, der durch die einzelnen Glühbirnen fliesst.
- Berechne den Ersatzwiderstand der Schaltung, ausgedrückt in  $R$ , dem Widerstand einer einzelnen Glühbirne.

### Musterlösungen:

- Ein Raum, der von einer metallischen Hülle umgeben ist. Die metallische Hülle schirmt elektrische Felder von aussen vollständig ab.
- Die Anzahl Elementarladungen auf dem Öltröpfchen wäre wie folgt:  $n = Q/e = 8 \cdot 10^{-19} \text{C} / e = 8 \cdot 10^{-19} \text{C} / (1.602176 \cdot 10^{-19} \text{C}) = 4.9932$ .  $n$  müsste jedoch eine natürliche Zahl sein. Wahrscheinlich gilt  $n = 5$ . Somit gilt  $Q = 5e = 5 \cdot 1.602176 \cdot 10^{-19} \text{C} = 8.011 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .
- $Q = 2e = 2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{C} = 3.204 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .
- Es kann sich wirklich so etwas zugetragen haben. Die zweite Antwort ist richtig. Urin enthält gelöste Salze und leitet daher den elektrischen Strom relativ gut. Daher ist es möglich, dass ein Kind einen kräftigen Stromschlag erlitt.
- Auf der grösseren Kugel befindet sich nach dem Ladungsaustausch mehr Ladung als auf der kleinen Kugel. Begründung: Auf der kleinen Kugel wäre die Ladung mehr zusammengepfercht.
- Die positive Ladung kann  $11\text{nC}$  der negativen Ladung „neutralisieren“. Es bleibt eine Ladung von  $-18\text{nC}$ , die sich gleich auf die beiden gleich grossen Kugeln verteilt. Es gilt also  $Q_1' = Q_2' = -9\text{nC}$ .

7.  $r'/r = \sqrt{(1/(4\pi\epsilon_0))Q_1 \cdot Q_2/F'} / \sqrt{(1/(4\pi\epsilon_0))Q_1 \cdot Q_2/F} = \sqrt{F/F'} = \sqrt{18/32} = 3/4$ .  
Somit gilt  $r = 3/4 r = 3/4 \cdot 16\text{cm} = 12\text{cm}$ .
8.  $F'/F = ((1/(4\pi\epsilon_0))Q_1' \cdot Q_2'/(r')^2) / ((1/(4\pi\epsilon_0))Q_1 \cdot Q_2/r^2) =$   
 $(Q_1' \cdot Q_2'/(r')^2) / (Q_1 \cdot Q_2/r^2) = (Q_1' \cdot Q_2' / (Q_1 \cdot Q_2)) \cdot (r/r')^2 =$   
 $((75/100)Q_1 \cdot (125/100)Q_2 / (Q_1 \cdot Q_2)) \cdot (r/(96.7/100)r)^2 =$   
 $0.9375 \cdot (100/96.7)^2 = 1.0026$ . Somit gilt  $F' = (100.26/100)F$ . Die Kraft wird also um 0.26% grösser.
9. Es gilt  $Q_1' = Q_2' = 2r \sqrt{\pi\epsilon_0 F'} = 0.5 \cdot \sqrt{\pi \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot 0.036} \text{ C} = 500\text{nC}$ . Es gilt dann  $F = 32\text{mN} = (1/(4\pi\epsilon_0))Q_1 \cdot (2Q_1' - Q_1)/r^2$ . Man erhält eine quadratische Gleichung in  $Q_1$  wie folgt:  $Q_1^2 - 2Q_1' \cdot Q_1 + 4\pi\epsilon_0 F r^2 = 0$ .  
Dies ergibt  $Q_1 = 500\text{nC} \pm \sqrt{(500\text{nC})^2 - 4\pi\epsilon_0 F r^2} = 500\text{nC} \pm$   
 $\sqrt{250'000 \cdot 10^{-18} - 4\pi \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot 0.032 \cdot 0.25^2} \text{nC} = 500\text{nC} \pm$   
 $\sqrt{250'000 \cdot 10^{-18} - 4\pi \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot 0.032 \cdot 0.25^2} \text{C} = 500\text{nC} \pm 166\text{nC}$ . Man erhält  $Q_1 = 666\text{nC}$  und  $Q_2 = 334\text{nC}$  oder umgekehrt.
10. a)  $E = F/q = (240 \cdot 10^{-6} / 10^{-9}) \text{ V/m} = 240 \text{ kV/m}$   
b)  $Q_1 = 4\pi\epsilon_0 r^2 E = 4\pi \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot 0.06^2 \cdot 240'000 \text{ C} = 96.1 \text{ nC}$   
c)  $Q_2 = 4\pi\epsilon_0 r^2 \sqrt{3}E = \sqrt{3}Q_1 = 166.5 \text{ nC}$
11.  $\Delta Q/e = I \cdot \Delta t/e = 1 \cdot 1 / (1.602 \cdot 10^{-19}) = 6.24 \cdot 10^{18}$
12. Energiesatz:  $\frac{1}{2} m_e v^2 = F \cdot s = E e s \rightarrow v = \sqrt{2 E e s / m_e} =$   
 $\sqrt{2 \cdot 54'000 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \cdot 0.005 / (9.109 \cdot 10^{-31})} \text{ m/s} = 9.75 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
13.  $\Delta Q = \Delta W/U = 3.6 \text{ MJ} / (230 \text{ V}) = 1.565 \cdot 10^4 \text{ C}$
14. a)  $\Delta E = U \cdot \Delta Q = 50 \cdot 10^6 \cdot 15 \text{ J} = 750 \text{ MJ}$   
b)  $\Delta E = 208 \text{ kWh}$   
c)  $I = \Delta Q/\Delta t = (15 / (100 \cdot 10^{-6})) \text{ A} = 150 \text{ kA}$
15.  $n \leq U \cdot I / (60 \text{ W}) = (230 \cdot 10) / 60 = 38.4 \rightarrow$  höchstens 38 Glühbirnen
16. a)  $R_{\text{Ers}} = R_1 + R_2 = 240 \Omega$   
b)  $I = U/R_{\text{Ers}} = (60/240) \text{ A} = 0.25 \text{ A}$   
c)  $U_1 = R_1 \cdot I = 22.5 \text{ V}$  und  $U_2 = 60 \text{ V} - U_1 = 37.5 \text{ V}$   
d)  $P = U \cdot I = 60 \cdot 0.25 \text{ W} = 15 \text{ W}$ ,  $P_1 = U_1 \cdot I = 22.5 \cdot 0.25 \text{ W} = 5.625 \text{ W}$  und  $P_2 =$   
 $U_2 \cdot I = 37.5 \cdot 0.25 \text{ W} = 9.375 \text{ W}$
17.  $R_{\text{Toaster}} = U^2/P = (110^2/150) \Omega = 80.67 \Omega \rightarrow I = 110 \text{ V} / R_{\text{Toaster}} = (110/80.67) \text{ A}$   
 $= 1.364 \text{ A} \rightarrow R_{\text{Vorschalt}} = 120 \text{ V} / I = (120/1.364) \Omega = 88 \Omega$

18. a)  $R_{\text{Ers}} = 1/[(1/R_1) + (1/R_2) + (1/(R_3 + R_4))] =$   
 $1\Omega/[(1/32) + (1/40) + (1/(36 + 60))] = 15\Omega$   
 b)  $I = U/R_{\text{Ers}} = (24/15)A = 1.6A$   
 c)  $I_1 = U/R_1 = (24/32)A = 0.75A$ ,  $I_2 = U/R_2 = (24/40)A =$   
 $0.6A$ ,  $I_3 = I_4 = U/(R_3 + R_4) = 24A/(36 + 60) = 0.25A$
19. a)  $I_2 = I - I_1 = (6 - 2.6)A = 3.4A$   
 b)  $U_{\text{AB}} = U_1 = R_1 \cdot I_1 = 17 \cdot 2.6V = 44.2V$   
 c)  $R_2 = U_{\text{AB}}/I_2 = (44.2/3.4)\Omega = 13\Omega$   
 d)  $P_1 = U_1 \cdot I_1 = 44.2 \cdot 2.6W = 115W$  und  
 $P_2 = U_2 \cdot I_2 = U_{\text{AB}} \cdot I_2 = 44.2 \cdot 3.4W = 150W$   
 e)  $R_{\text{Ers}} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 17 \cdot 13\Omega / (17 + 13) = 7.37\Omega$   
 f)  $P = U \cdot I = 44.2 \cdot 6W = 265W$
20. a) Je mehr Strom durch eine Glühbirne fließt, desto heller leuchtet sie. Es gilt  
 $H_1 = H_2 > H_5 > H_3 = H_4 > H_6$ . Anmerkung: Durch  $R_6$  fließt kein Strom!  
 b)  $I_1 = I_2 = I = 1.5A$ ,  $I_3 = I_4 = I/3 = 0.5A$ ,  $I_5 = 2I_3 = 1A$  und  $I_6 = 0$   
 c)  $R_{\text{Ers}} = 2R + 1/[(1/R) + (1/(2R))] = 8R/3$