Lösungen I.1

1. 33 km/h

2. (a) Energieerhaltung (b) Impulserhaltung

Lösungen II.1

1.1 $T^2 \sim a^3$ ➔ T nimmt mit a streng monoton zu; wenn a zwischen den Werten für Mars und Jupiter liegt, dann muss also auch T zwischen den entsprechenden Werten liegen
1.2 $4{,}1 \cdot 10^{11}$ km (= 2,8 AE)

2.1 $C_E = 9{,}85 \cdot 10^{-29}\ a^2/m^3$
2.2 $C = C_E$ aus 2.1; $7{,}0 \cdot 10^7$ m
2.3 $7{,}6 \cdot 10^3$ m/s

Lösungen II.2

1.1 Größenordnung: $4 \cdot 10^{-7}$ N

2.1 $5{,}96 \cdot 10^{24}$ kg
2.2 $5{,}5 \cdot 10^3$ kg/m^3

3.1 $2{,}0 \cdot 10^{30}$ kg

4.1 $4{,}0 \cdot 10^{-9}$ N
4.2 $4{,}8 \cdot 10^{-10}$ Nm *(beachte: Kräfte an beiden Enden!)*
4.3 0,96°

Lösungen II.3

1.1 $a = (r_E + r_M)/2$
1.2 0,70 a

2.1 $7{,}9 \cdot 10^3$ m/s

Lösungen III.2

a) Grundidee

fehlt noch

b) Influenz

fehlt noch

c) Die elektrische Feldstärke

1.1 0,10 mN
1.2 1,0 nC

2.1 Feld 1
2.2 0,30 mN bzw. 0,067 mN
2.3 2 zu 3

3.0 $8{,}3 \cdot 10^4$ N/C

4.1 3,0 mN
4.2 10 m/s^2

5.1 $4{,}1 \cdot 10^{-5}$ N; Ruhe oder geradlinig gleichförmige Bewegung
5.2 $1{,}3 \cdot 10^{-11}$ C; $8{,}0 \cdot 10^7$ Elektronen

6.0 $5{,}9 \cdot 10^3$ N/C

Lösungen III.3

1.1 $5{,}0 \cdot 10^{-4}$ N
1.2 $4{,}0 \cdot 10^{-5}$ J

2.1 $5{,}0 \cdot 10^4$ N/C = $5{,}0 \cdot 10^4$ V/m

3.1 $2{,}0 \cdot 10^5$ V

4.1 6,5 A
4.2 3,0 ℓ
4.3 6,0 min

Lösungen III.4

a) Ruhe und gleichförmige geradlinige Bewegung – Der Millikan-Versuch
1.1 $3{,}2 \cdot 10^{-19}$ C *(Zwischenergebnis: $F_G = 7{,}22 \cdot 10^{-14}$ N)*
1.2 1,35 kV (halb so groß!)

2.1 $F_W = F_G \Rightarrow 6\,\pi\eta r\, v = mg$

mit $m = \rho\, V$ und $V = \frac{4\pi}{3} r^3 \Rightarrow 6\,\pi\eta r\, v = \rho\, \frac{4\pi}{3} r^3\, g \Rightarrow r^2 = \frac{9\eta v}{2\rho g}$ ➔ Behauptung

2.2 $F_{el} = F_G \Rightarrow qE = \rho\, \frac{4\pi}{3} r^3\, g$; r aus 2.1 einsetzen ➔ Behauptung

2.3 $3{,}2 \cdot 10^{-19}$ C

c) Bewegung im Vakuum parallel zum elektrischen Feld

1.0 1,4 m/s

d) Bewegung im Vakuum senkrecht zum elektrischen Feld

2.1 $3{,}0 \cdot 10^2$ V
2.2 $2{,}8 \cdot 10^2$ V

3.1 Die Elektronen bewegen sich geradlinig gleichförmig weiter, da nun keine Kraft mehr auf sie wirkt. *(bis auf die Gewichtskraft, die aber vernachlässigbar ist)*
3.2 2,2 cm *(davon 0,44 cm im Kondensator, 1,76 cm dahinter)*

Lösungen III.5

a) Ladungsspeicherung im Kondensator

1.0 4,5 F

c) Kapazität eines Plattenkondensators

2.0 $5{,}1 \cdot 10^8$ m^2

3.1 Platten zusammen halten, in den Kondensator einführen (senkrecht zum Feld) ➔ durch Influenz bilden sich Ladungen auf den Platten aus (eine negativ, die andere positiv); dann Platten im Feld trennen und heraus ziehen ➔ Ladung bleibt erhalten und kann gemessen werden; da das Feld homogen ist, ist die Flächenladungsdichte gleich groß wie auf den Kondensatorplatten
3.2 $5{,}3 \cdot 10^{-7}$ C/m^2; $2{,}9 \cdot 10^{-8}$ C
3.3 $6{,}0 \cdot 10^5$ V; 4,3 kV

4.0 mit C = Q/U und $U = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \dfrac{Q}{r}$ (aus III.3c und III.5c) ➔ $C = 4\pi\varepsilon_0 \cdot r$

d) Schaltung von Kondensatoren

5.1 parallel; 4,0 µF
5.2 in Reihe; 7,5 µF

e) Dielektrika

6.1 0,26 m^2
6.2 0,23 F
6.3 0,3 s (wenn man mit der größtmöglichen Spannung rechnet: U = 3900 V (aus der Durchschlagfestigkeit))

Lösungen IV.2

a) Magnetische Felder von Permanentmagneten

fehlt noch!

c) Magnetische Felder von Strömen

fehlt noch!

d) Die magnetische Flussdichte

1.0
(a) Magnetfeld jeweils von links nach rechts; 1.1: Kräfte nach vorne, hinten und unten; 1.2: Kraft links nach vorn, rechts nach hinten; 1.3: Kräfte in alle vier Richtungen
(b) 1.1 2,3 N nach unten; die Kräfte nach vorne und hinten heben sich gegenseitig auf; 1.2 0 N; die beiden Kräfte heben sich gegenseitig auf 1.3 0 N; die vier Kräfte heben sich jeweils paarweise gegenseitig auf
(c) 1.1 0 Nm; 1.2 0,17 Nm, Drehachse senkrecht durch die Mitte der Leiterschlaufe; 1.3 0 Nm

2.1 0,50 T
2.2 0 N, 10 cN, 14 cN, 17 cN

3.0 Je nachdem, wie der Strom im Elektromagneten gepolt ist, hat dieser rechts einen Südpol oder einen Nordpol. Im ersten Fall addieren sich die Magnetfelder von Elektromagnet und Hufeisenmagnet, im zweiten Fall heben sie sich gegenseitig teilweise auf. (beachte, dass die magnetische Flussdichte ein Vektor ist!)

e) Anwendungen in der Technik:

4.1 oben nach rechts, unten nach links
4.2 nein, da der Strom immer senkrecht zum Magnetfeld fließt
4.3 $M = 2 \cdot b/2 \cdot F \cdot \cos\alpha$, wobei α der Winkel der Spule zur Senkrechten ist und b die Breite der Spule
mit $F = \ell I B$ (ℓ: Länge der Spule) ➔ $M = A \cdot I \cdot B \cdot \cos\alpha$ (A: Flächeninhalt der Spule)

5.1 das Magnetfeld verläuft nun (nahezu) radial
5.2 da die Kraft nun immer senkrecht zur Drehachse steht, bleibt M konstant

Lösungen IV.3

1.1 Na^+: $6{,}4 \cdot 10^{-15}$ N; $1{,}7 \cdot 10^{11}$ m/s²; Fe^{3+}: $1{,}9 \cdot 10^{-14}$ N; $2{,}0 \cdot 10^{11}$ m/s²
1.2 Kreisbahn

2.1 $3{,}7 \cdot 10^{-5}$ m/s (*Teilergebnis: $n = 8{,}4 \cdot 10^{28} / m^3$*)
2.2 $3{,}0 \cdot 10^{-24}$ N; $3{,}3 \cdot 10^{6}$ m/s²

3.0 $$U_H = \frac{\ell \cdot b}{N \cdot e} \cdot B \cdot I = \frac{\ell \cdot b \cdot d}{N \cdot e} \cdot B \cdot \frac{I}{d} = \frac{V}{N \cdot e} \cdot \frac{I}{d} \cdot B = \frac{1}{n \cdot e} \cdot \frac{I}{d} \cdot B = R_H \cdot \frac{I}{d} \cdot B$$

4.0 $1{,}1 \cdot 10^{-3}$ m/s

5.1 14 h
5.2 $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ s

5.3 Die Elektronen stoßen ständig gegen die Atom (bzw. Atomrümpfe) im Leiter und werden dadurch abgebremst. (und der Leiter heizt sich dadurch auf)
5.4 In der Lampe sind beim Einschalten bereits Elektronen, die praktisch sofort anfangen, sich zu bewegen. (das elektrische Feld, das von der Spannungsquelle ausgeht und für die Bewegung der Elektronen sorgt, breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit im Leiter aus)

Lösungen IV.4

a) Bewegung im homogenen Magnetfeld – und die Messung der spezifischen Ladung

1.1 5,1 cm
1.2.1 keine Änderung
1.2.2 T halbiert

2.1 p = q B r
2.2 m = $1{,}66 \cdot 10^{-27}$ kg; wahrscheinlich ein Proton

3.1 $5{,}0 \cdot 10^{5}$ m/s; $8{,}7 \cdot 10^{5}$ m/s
3.2 5,0 mm; $3{,}6 \cdot 10^{-8}$ s
3.3 1,8 cm

b) Überlagerung von homogenem magnetischem und elektrischem Feld

4.1 $3{,}09 \cdot 10^{5}$ m/s
4.2 $6{,}4 \cdot 10^{-15}$ N
4.3 senkrecht zu Geschwindigkeit und elektrischem Feld (genauer: wenn Daumen in Bewegungsrichtung und Zeigefinger in Richtung des elektrischen Feldes, dann Mittelfinger in Richtung des magnetischen Feldes); 0,13 T

5.1 Wien'scher Geschwindigkeitsfilter
5.2 m = $\frac{eBr}{v}$
5.3 $3{,}49 \cdot 10^{-26}$ kg (= 21 u ➔ wohl ^{21}Ne)
5.4 m = $\frac{(eBr)^2}{2E_{kin}}$

6
positive Ionen: ohne: radial nach außen; mit: zusätzlich im Uhrzeigersinn
negative Ionen: ohne: radial nach innen; mit: zusätzlich im Uhrzeigersinn
also insgesamt: Flüssigkeit dreht sich im Uhrzeigersinn

Lösungen IV.5

1.0 3,5 A

2.0 2400:1500 = 8:5 = 1,6:1

3.1 $8{,}0 \cdot 10^{2}$ / m
3.2 $1{,}3 \cdot 10^{-3}$ T; 1,3 A

4.0 $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ = $2{,}997925 \cdot 10^{8}$ m/s = c (Lichtgeschwindigkeit!)

Lösungen IV.6

b) Die Lenzsche Regel

1.1 $U_i(t) = -N \cdot k = -50$ V
1.2 $U_i(t) = -16$ kV $\cdot \cos(3{,}1 \cdot 10^2/\text{s} \cdot t)$

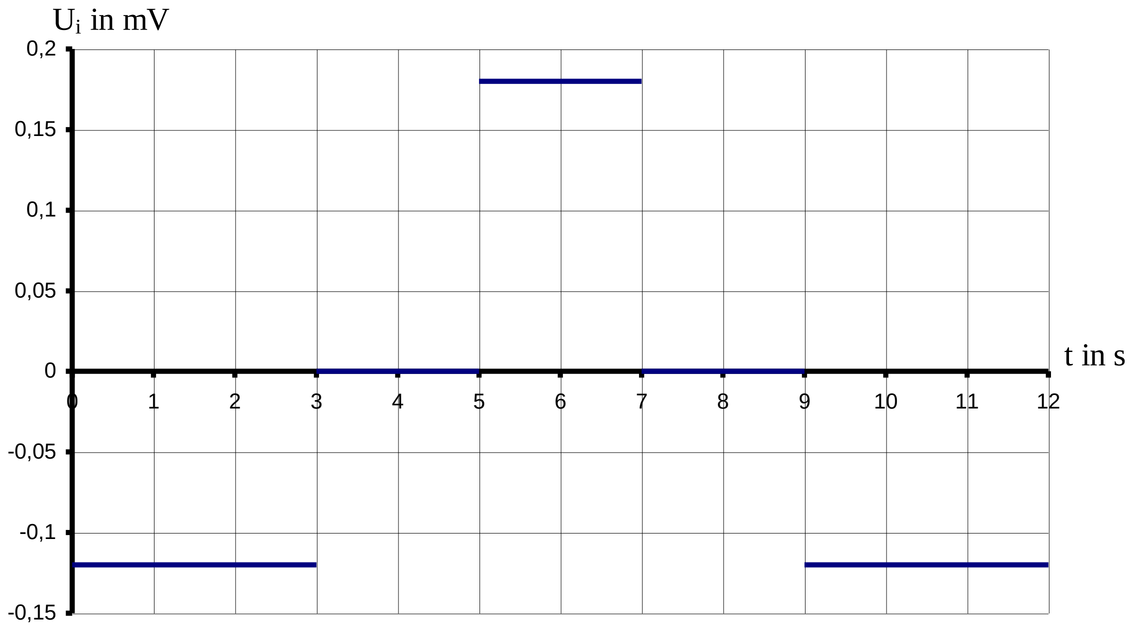
2.1 0,16 A; gegen den Uhrzeigersinn
2.2 $F_G = 7{,}8$ cN nach unten; $F_L = 6{,}4$ cN nach oben; $F_S = 1{,}3$ N/s·t
2.3 2,4 m/s
2.4 kein Strom mehr induziert, da sich die felddurchsetzte Fläche, also der magnetische Fluss, nicht mehr ändert (bzw. weil oben und unten jeweils Gleichgewicht zwischen magnetischen Kräften und elektrischen Kräften durch die induzierte Spannung besteht)
2.5 verlorene Lageenergie: $\Delta E_L = mg \cdot \Delta h = -mg \cdot v \cdot t$

mit $v = \dfrac{mgR}{B^2\ell^2}$ aus 2.3: $\Delta E_L = \dfrac{m^2g^2R}{B^2\ell^2} \cdot t$

andererseits wird die elektrische Energie $\Delta E_{el} = U \cdot I \cdot t$ frei: $W = \dfrac{U^2}{R} \cdot t = \dfrac{(B\ell v)^2}{R} \cdot t$; wieder mit $v = \dfrac{mgR}{B^2\ell^2}$ aus 2.3: ... $\Delta E_{el} = -\dfrac{m^2g^2R}{B^2\ell^2} \cdot t$

Die Lageenergie wird also komplett in elektrische Energie (und damit letztlich in Wärme: der Draht erhitzt sich) umgewandelt.

3.1 $-1{,}2 \cdot 10^{-4}$ V
3,0 bis 5,0 s: 0 V
5,0 bis 7,0 s: $+3{,}6 \cdot 10^{-4}$ V
7,0 bis 9,0 s: 0 V
9,0 bis 12,0 s: $-1{,}2 \cdot 10^{-4}$ V



c) Selbstinduktion

4 mit $L = |U_i|/\dot{I} = U/\dot{I}(0)$: $L_1 < L_2$ ➔ L_1 ist ohne Eisenkern

5 mit $L = |U_i|/\dot{I} = U/\dot{I}(0)$ und $R = U_R/I = U/I_{asymp}$: $L_1 = L_3 > L_2$; $R_1 = R_2 < R_3$

6
a) 12 Ω; 30 H
b) $P_{Quelle} = U \cdot I = 1{,}8$ W; $P_{Spule} = I^2 \cdot R = 1{,}08$ W; der Rest wird zum Aufbau des Magnetfelds benötigt

d) Energiespeicherung in Spulen (?)

7.1 0,60 H; 0,12 T
7.2 1,7 J

Lösungen V.1

1.1 zunächst bewegt sich der Wagen mit gleicher Phase und Amplitude wie die Anregung; in der Nähe von einer Erregerfrequenz von 3,1 Hz bewegt sich der Wagen immer stärker, allerdings eine viertel Periode hinterher; wird die Frequenz noch größer, so wird die Wagenbewegung wieder schwächer, und um eine halbe Periode hinterher

2.0 f_2 = 0,50 Hz; f_3 = 2,0 Hz; damit:
2.1
f << 0,50 Hz: alle drei Pendel schwingen in Phase und mit gleicher Amplitude wie die Anregung
f = 0,50 Hz: Pendel 1 und 3 schwingen in Phase und ...; Pendel 2 schwingt stark, um T/4 hinterher
0,50 Hz < f < 1,4 Hz: Pendel 1 und 3 schwingen in Phase und ..., Pendel 1 wird stärker; Pendel 2 schwingt immer schwächer, Phasenverschiebung immer größer
f = 1,4 Hz: Pendel 1 schwingt stark, um T/4 hinterher; Pendel 2 schwach, etwa T/2 hinterher; Pendel 3 wird stärker, in Phase
1,4 Hz < f < 2,0 Hz: Pendel 1 schwingt immer schwächer, Phasenverschiebung immer größer; Pendel 2: s. o.; Pendel 3 stark, um T/4 hinterher
f > 2 Hz: Pendel 1 und 2 schwach, um T/2 hinterher; Pendel 3 immer schwächer, Phasenverschiebung immer größer
f >> 2 Hz: alle Pendel schwach, um T/2 hinterher

Lösungen V.2

a) Beschreibung der Bewegung
1.1 $s(t) = A\cdot\sin(\omega t)$; $v(t) = A\cdot\omega\cdot\cos(\omega t)$; $a(t) = -A\cdot\omega^2\cdot\sin(\omega t)$
1.2 $s(t) = -A\cdot\sin(\omega t)$; $v(t) = -A\cdot\omega\cdot\cos(\omega t)$; $a(t) = A\cdot\omega^2\cdot\sin(\omega t)$
1.3 $s(t) = A\cdot\cos(\omega t)$; $v(t) = -A\cdot\omega\cdot\sin(\omega t)$; $a(t) = -A\cdot\omega^2\cdot\cos(\omega t)$
1.4 $s(t) = -A\cdot\cos(\omega t)$; $v(t) = A\cdot\omega\cdot\sin(\omega t)$; $a(t) = A\cdot\omega^2\cdot\cos(\omega t)$

2.1 5,3 cm
2.2 –14 cm/s; $-19\ \text{cm/s}^2$
2.3 17 cm/s; $32\ \text{cm/s}^2$
2.4 max. Geschwindigkeit bei $t = k\cdot\frac{5}{3}$ s; max. Beschleunigung bei $t = \frac{5}{6}\text{ s} + k\cdot\frac{5}{3}\text{ s}$ ($k \in \mathbb{Z}$)

b) Ursache der Bewegung
3.0 36 N/m

4.0
parallel: die Verlängerung s beider Federn ist gleich, die Kräfte sind unterschiedlich: $F_1 = D_1\cdot s$; $F_2 = D_2\cdot s$, wobei $G = F_1 + F_2$ sein muss; insgesamt muss gelten: $G = D\cdot s$ ➔ Behauptung
hintereinander: die Kraft, die an beiden Federn angreift, ist gleich groß (nämlich G), die Verlängerungen sind unterschiedlich: $s_1 = G/D_1$ und $s_2 = G/D_2$, wobei $s = s_1 + s_2$ sein muss; insgesamt muss gelten: $s = G/D$ ➔ Behauptung

c) Weitere Beispiele
5.0 0,96 s

6.0 0,63 kg

7.1 $1{,}5\cdot10^5$ N/m
7.2 a) 0,90 s b) 1,1 s

8.0 b) D halbiert sich ➔ T_b = 1,4 s c) D verdoppelt sich ➔ T_c = 0,71 s d) siehe (c)

Lösungen V.3

a) Erzeugung

2

a) Sinusfunktion

b) 6,3 mV

c) (a) gleich, (b) 0,31 V

3 95 mT

1 $1{,}2\cdot10^{-6}$ Vs/Am

7.1 0, T/2, T, ...

7.2 T/4, 3T/4, ...

7.3 $\frac{2\pi}{T}\cdot A\cdot B$

7.4 30°, 150°, ... (wenn es nur um den Betrag geht: auch 210°, 330°, ...)

7.5 $\sin(8\pi/5)\cdot U_0 \approx -0{,}95\ U_0$

7.6 verdreifacht sich

b) Effektivwerte

4

a) 325 V

b) 4,1 A

5

a) 5,4 A

b) 3,8 A

6

a) 3,5 mT; 5,6 µWb

b) 7,0 A