Einheiten

1. 3456 cm; 25,5 t; 780 s; 171 mm; 0,35 m; 300 nm; 38,1 cm; 1,7 m; 253 000 000 mg; 2040 min; 1000 mℓ; 0,5 dm^3; 0,33 m; 22 546 m; 243 dg; 0,000117 km

2. 3765 g; 5 789 600 g; 14 240 mg; 1006 m; 29 120 nm; 1230 kV; 1500 μΩ; 2 000 070 pA

3. a) 0,003 045 070 008 km b) 0,3 nm 4. a) 236,8 g b) 27 350 s c) –700,4 m

5) 8,224 m 6) 22 m/s 7) 8930 kg/m^3

8) $1{,}5\cdot10^4$ kg; $3\cdot10^{-3}$ m; $2{,}6\cdot10^6$ m; $3{,}4\cdot10^4$ W; $7\cdot10^2$ K; $1{,}7\cdot10^9$ J; $7\cdot10^{-8}$ m; $1\cdot10^2$ m^2; $3\cdot10^{-4}$ C; $7\cdot10^{-1}$ A

Lösungen I.1

Bewegung als Ortsveränderung in einem Koordinatensystem:

Übungsblatt:
1) Kreis; Bewegung (Translation) nach hinten; ruht (keine Translation - aber Rotation!)
2) a) 4 m; 12 m; –2 m b) –6 m; 22 m

(mittlere) Geschwindigkeit und Beschleunigung:

17/1
$\Delta x = v\cdot\Delta t = 1475\ m/s \cdot 1{,}3\ s = 1900\ m$
(nur 1,3 s, weil sich der Schall ja nur in der Hälfte der Zeit jeweils abwärts bzw. aufwärts bewegt!)

47/2 2,44 m/s^2

Übungsblatt:
3) 75 km/h; 0 km/h
4) da steht nicht Δ ***mal*** x bzw. ***mal*** t, sondern das Δ ist eine Abkürzung für „Differenz“
5) 36 km/h = 10 m/s = 10 mm/ms; 10m/s = 36 km/h; 10^{-5} mm/s = 10^{-8} m/s = 0,3 m/a
6) v = (mittlere) Geschwindigkeit, d. h. welche Strecke wird pro Zeitabschnitt zurück gelegt
weitere Beispiele:
- Federkonstante (bei Federn, für die das Hookesche Gesetz gilt) $D = F/\Delta s \Rightarrow F = D\cdot\Delta s$
- Dichte (bei homogenen Körpern) $\rho = m/V \Rightarrow m = \rho\cdot V$
- elektrischer Widerstand (bei Körpern, für die das Ohmsche Gesetz gilt) $R = U/I \Rightarrow U = R\cdot I$
- Wärmekapazität $C = Q/\Delta T \Rightarrow Q = C\cdot\Delta T$

7) z. B. könnte man schlicht die halbe Tacho-Anzeige, also v/2, von der Einheit km/h in die Einheit m umrechnen, also: $\frac{v/2}{1\frac{km}{h}}\cdot 1m = \frac{v/2}{\frac{1}{3{,}6}\frac{m}{s}}\cdot 1m$ = v · 1,8 s; man sieht also sofort: es wird der Weg Δx = v · 1,8 s zurück gelegt, sprich: der „halbe Tacho“-Weg entspricht demjenigen, der in 1,8 s zurück gelegt wird. Der „Zwei-Sekunden-Abstand“ ist also noch etwas sicherer als die „halbe Tacho“-Regel – und kann auch leichter abgeschätzt werden!
8) Beschleunigung ist die Geschwindigkeitsänderung ***pro Zeitabschnitt***, erst wird durch Δt geteilt
1 m/s^2 = 100 cm/s^2 = 12 960 km/h^2
9) 0,5 m/s^2
10) –2,1 m/s^2

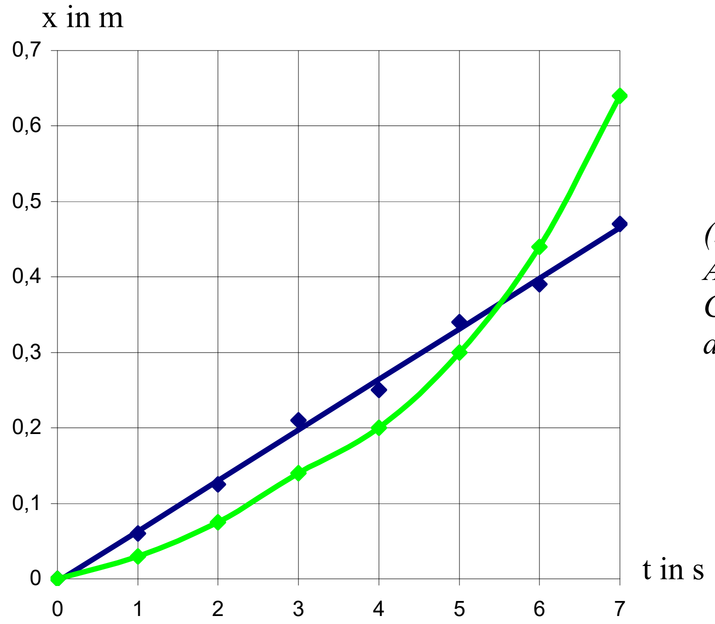
Lösungen I.2

a) Begriff und Zeit-Ort-Gesetz

Übungsblatt/1
a) x(t) = 4 m + 1,6 m/s · t
b) x(t) = 12 m – 2 m/s · (t – 5 s) = 22 m – 2 m/s · t

b) Diagramme

Übungsblatt:
2) a) etwa 600 km *(jeder cm^2 entspricht 50 km)* b) knapp 50 km *(40 min lang etwa 70 km/h)*
3) knapp 4 m; man muss den Abstand parallel zur x-Achse benutzen
4) b) 0,067 m/s bzw. 0,065 m/s (Steigung der Ausgleichsgeraden bzw. Mittelwert der Quotienten x/t)
c) nimmt zu *(erkennt man z. B., wenn man Sekanten einzeichnet: deren Steigung nimmt zu)*
a)



(beachte: für Auto 2 wurde hier keine Ausgleichskurve gezeichnet (ist mit dem Computer nicht so einfach...), sondern nur die Punkte verbunden!)

5) 320 km; die Rückfahrt ist langsamer als die Hinfahrt

c) Anwendungen

17/2 14:54 Uhr; 42 km

17/3 3.1 24 s 3.2 665 m; 532 m

Übungsblatt/6 a) 36 s; 600 m b) 1680 m

Lösungen I.3

a) zwei entgegengesetzte/gleichgerichtete Bewegungen

25/1 1.1 2000 s; 1400 s 1.2 nein (ohne Gegenwind: gesamte Flugzeit nur 3300 s)

25f/2 2.1 21,6 km/h 2.2 1,4 m/s

Übungsblatt:
1) a) 20 s; 140 s b) 70 s; nein 2) 4,4 h; 4,5 h

b) zwei Bewegungen in beliebige Richtungen

26/3 4,9 km/h; 46° zur Strömung

26/4 4.1 1,39 h 4.2 a) 1,69 h b) 1,41 h c) 1,65 h

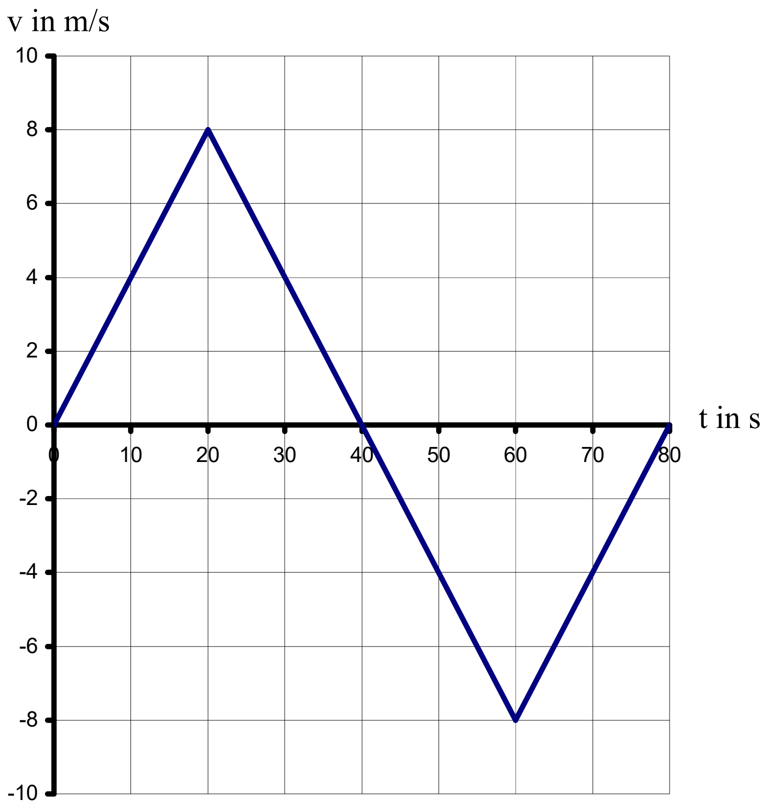
26/5 5.1 16,0° 5.2 17,2° nach Osten 5.3 244 km/h

Übungsblatt/3 a) 37,5 s; 113 m b) 57 s; 2,6 m/s

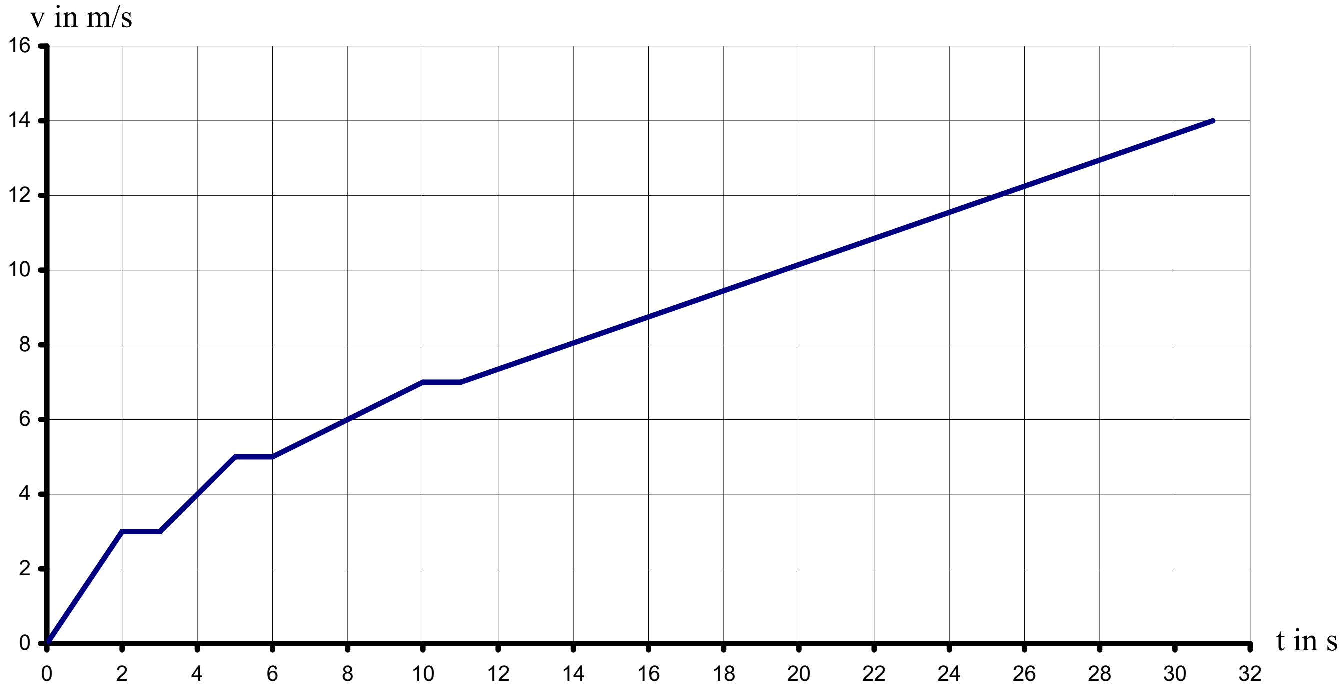
Lösungen I.4

a) Begriff und Zeit-Geschwindigkeits-Gesetz

71/4
z. B. v(20 s) = 8 m/s; v(60 s) = –8 m/s; v(80 s) = 0 m/s



Übungsblatt:
1) v(5) = 20 m/s; $\overline{v}$ = 10 m/s
2) a) 1,5 m/s^2; 1 m/s^2; 0,5 m/s^2; 0,35 m/s^2
b)



Gesamtweg: 0,5 · 2 s · 3 m/s + 1 s · 3 m/s + 0,5 · (3 m/s + 5 m/s) · 2 s + 1 s · 5 m/s + 0,5 · (5 m/s + 7 m/s) · 4 s + 1 s · 7 m/s + 0,5 · (7 m/s + 14 m/s) · 20 s = 260 m

b) Zeit-Ort-Diagramm und –Gesetz

47/1 4,4 m/s^2; 44 m/s = 160 km/h

47/2 2,44 m/s^2; 158 m

63/1 3,1 s

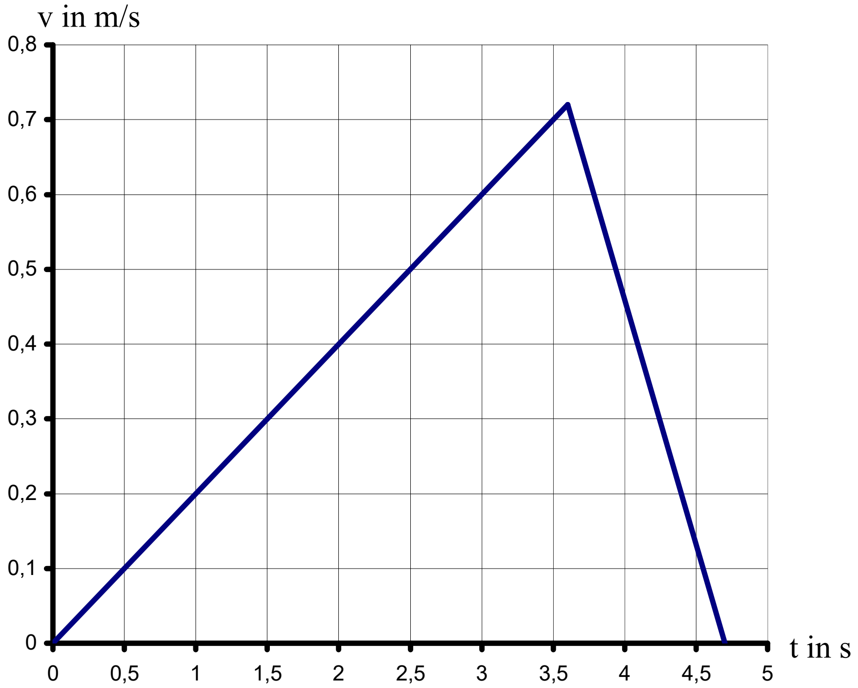
63/2 2.1 22 m/s = 78 km/h; 32,4 m 2.2 22 m

70/1
1.1.1 z. B. Quotienten s/t^2 bilden:

Messung Nr.	1	2	3	4
s/t^2 in m/s^2	0,10	0,10	0,10	0,10

im Rahmen der Messgenauigkeit konstant ➔ konstante Beschleunigung von 0,2 m/s^2

1.1.2, 1.2.4



Der Bremsweg entspricht dem Flächeninhalt des Dreiecks unter der Kurve von t = 3,6 s bis t = 4,7 s.

1.2.1 $v_{max} = 0{,}2\ m/s^2 \cdot 3{,}6\ s$ 1.2.2 $s(3{,}6\ s) = 1{,}30\ m \rightarrow \Delta s = 1{,}70\ m - 1{,}30\ m = 0{,}40\ m$ 1.2.3 1,1 s

71/3

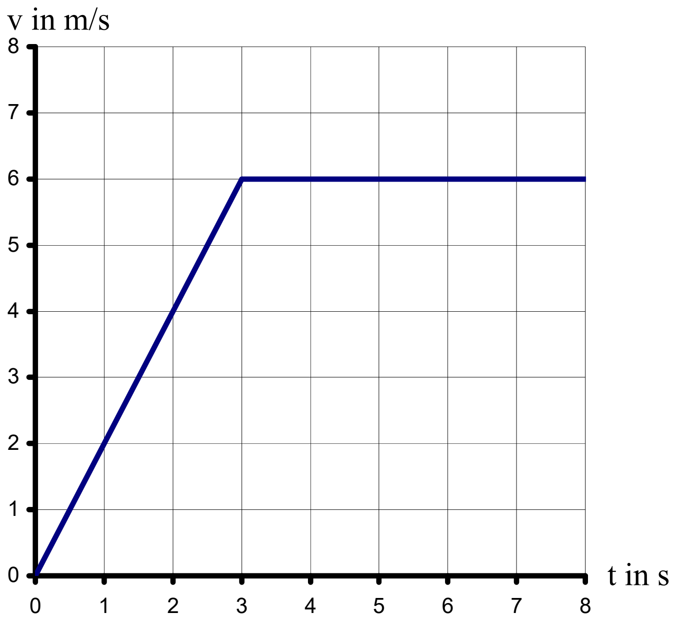
$v(5{,}0\ s) = 12{,}5\ m/s$; $\Delta t_{Brems} = \frac{25}{7}\ s$

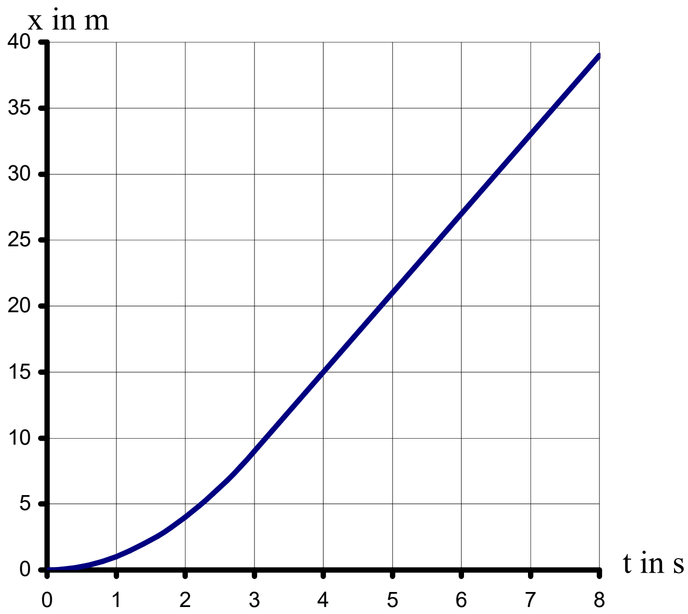
$\frac{1}{2} \cdot 2{,}5\ m/s^2 \cdot (5{,}0\ s)^2 \quad + \quad 12{,}5\ m/s \cdot \Delta t_{gleichf} \quad + \quad 12{,}5\ m/s \cdot \frac{25}{7}\ s - \frac{1}{2} \cdot 3{,}5\ m/s^2 \cdot (\frac{25}{7}\ s)^2 = 100\ m$

$\rightarrow \Delta t_{gleichf} = 3{,}71\ s \rightarrow$ insgesamt: 12,3 s

Übungsblatt:
3) 9,7 s; 142 m; 52,5 km/h; 35 m; nein
4) 29 km/h; 8 m; 14 km/h; 2 m; 58 km/h; 32 m
5) a) 9 m; 22 km/h b) 30 m c) *nächste Seite*
6) $0{,}5\ m/s^2$; 25 m 7) $1{,}8\ m/s^2$; 80 km/h

Diagramme zu 5c:





8) a) 1:3:5:7 b) 0,4 m/s^2; 0,4 m/s; 0,8 m/s; 1,2 m/s; 1,6 m/s
9) x(2 s) – x(1 s) = 3 m – 0,75 m = 2,25 m; weil v in 2. Sekunde nicht konstant; ja

10) 7,5 s; 131 m 11) a) $v(t) = 2\cdot\overline{v}$ b) $\overline{v} = v\left(\frac{t_1 + t_2}{2}\right)$ 12) 3 s 13) 530 000 m/s; 0,00075 s

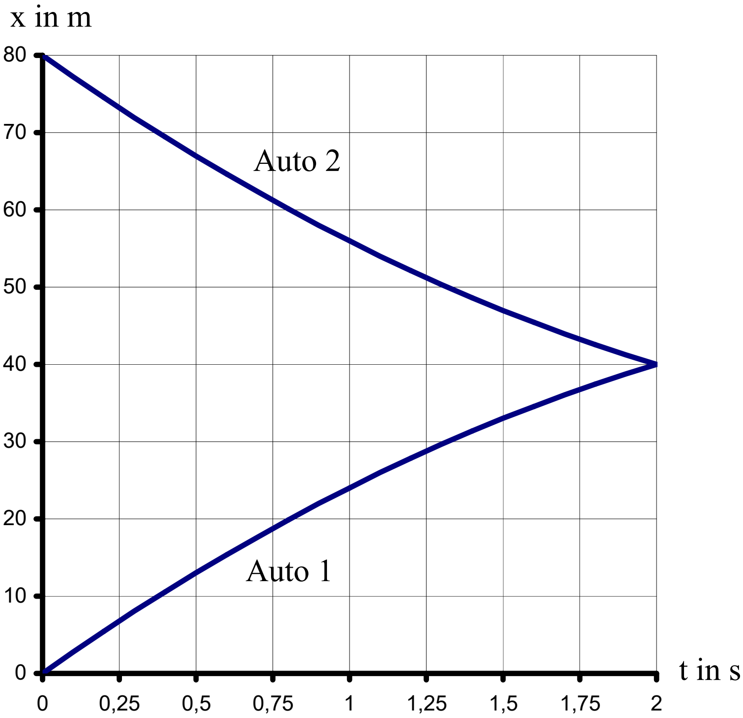
c) Die Momentangeschwindigkeit im x(t)-Diagramm

Übungsblatt/14 5,8 s; 3,5 s

d) Anwendungen

71/2 Ursprung x-Achse: parkendes Auto, Achse zeigt in Fahrtrichtung; t = 0: Zeitpunkt, wenn Rad das Auto überholt (***oder: t= 0, wenn das Auto losfährt – dann andere Formeln, aber selbes Ergebnis!)***
$x_R(t) = 0{,}5\ \text{m/s} \cdot t$
$x_A(t) = \frac{1}{2} \cdot 0{,}70\ \text{m/s}^2 \cdot (t - 15\ \text{s})^2$; $v_A(t) = 0{,}70\ \text{m/s}^2 \cdot (t - 15\ \text{s})$ (beides für für $t \geq 15$ s; vorher: beide 0!)
$x_R(t) = x_A(t)$ ➔ … 38 s; 16 m/s
Übungsblatt:
15)
a) Ursprung x-Achse: eines der beiden Autos, Achse in Richtung des zweiten; t = 0: Anfang Bremsen
$x_1(t) = 28\ \text{m/s} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 8\ \text{m/s}^2 \cdot t$; $x_2(t) = 80\ \text{m} - 28\ \text{m/s} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 8\ \text{m/s}^2 \cdot t$

b)



c) $x_1(t) = x_2(t)$ ➔ stoßen bei t = 2 s zusammen, mit jeweils 43 km/h

16)

Ursprung x-Achse: Kopf vorderes Auto; t = 0: anfahren

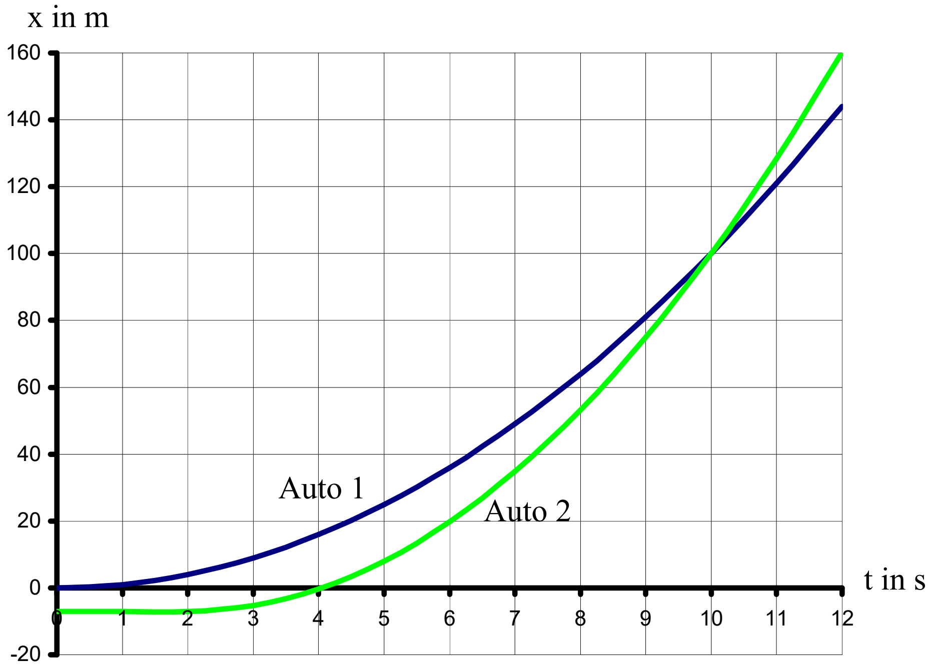
$x_1(t) = \frac{1}{2} \cdot 2\ \text{m/s}^2 \cdot t$; $x_2(t) = \frac{1}{2} \cdot 2\ \text{m/s}^2 \cdot (t - 2\text{s})^2 - 7{,}0\ \text{m}$ (für $t \geq 2$ s, davor: $x_1(t) = 0$; $x_2(t) = -7{,}0$ m)

a) $x_1(10\ \text{s}) - x_2(10\ \text{s}) = 43$ m

b) $v_2(10\ \text{s}) = 58$ km/h; Abstand: 43 m – 4,5 m = 38,5 m ➔ ja, sogar deutlich mehr als halber Tacho

c) $x_2(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot (t - 2\text{s})^2 - 7{,}0$ m; $x_2(10\ \text{s}) = x_1(10\ \text{s})$ ➔ $a = 3{,}3\ \text{m/s}^2$ d) Kopfabstand 16 m

e)



17)
a) je weiter ein Auto von der Ampel entfernt stand, desto später fuhr es an; Abstand: etwa 6 m
b) 0,55 m/s^2; 8,75 m/s
c) Abstand nimmt zu (am Anfang: 6 m, nach 5 s: 10 m, nach 10 s: 23 m usw.); messen parallel zur x-Achse (jeweils konstantes t)
d) 5 s; 2,5 s; 2,5 s; 1,5 s; 2,5 s; 4 s; 1,5 s
e) er beschleunigte (Steigung im Diagramm, also Geschwindigkeit, nimmt zu ab t = 17 s zu)
f) Auch Fahrer 8 beschleunigte, als er gelb sah, überquerte die Ampel aber erst bei rot, bremste aber nach der Ampel wieder (relativ stark) und hielt 20 m hinter der Ampel an; da gab's wohl eine Polizeikontrolle!

18)
man soll $v_0/10$ quadrieren und das Ergebnis dann als Zahl in Metern interpretieren; da das Ergebnis die Einheit km^2/h^2 hat, muss man also folgendermaßen umrechnen:

$$\frac{(v_0/10)^2}{1\ km^2/h^2} \cdot 1m = \frac{v_0^2/100}{(1000m)^2/(3600s)^2} \cdot 1m = \ldots = \frac{v_0^2}{7{,}72m/s^2}$$

Vergleich mit Formel (61.3) liefert also eine Bremsverzögerung von 3,9 m/s^2

Lösungen I.5

95/1   1.1 2,0·10^{-7} 1/s; 7,3·10^{-5} 1/s   1.2 30 km/s   1.3 310 m/s

95f/2   2.1 8,64 s   2.2 121 m; 119 m   2.3 0,182 1/s   2.4 45,9 1/s; 46,7 1/s

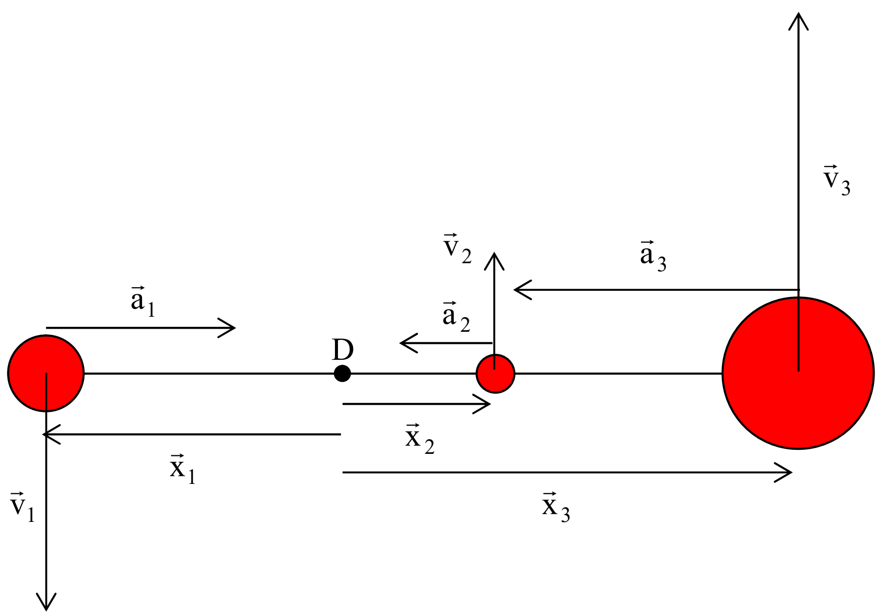
Übungsblatt:
1) Kurvenfahrt eines Autos; Tonabnehmer bei Schallplatte/CD; Riesenrad; Looping in Achterbahn; Planeten um Sonne / Monde um Planeten; ...
2) a) alle mit dem gleichen Abstand zum Mittelpunkt;   alle   b) 0,55 Hz; 0,52 m/s
3) a) 2,1 Hz   b) 2,8 km/h = 0,78 m/s; 0,69 Hz; 41 pro min

Die Zentripetalbeschleunigung:

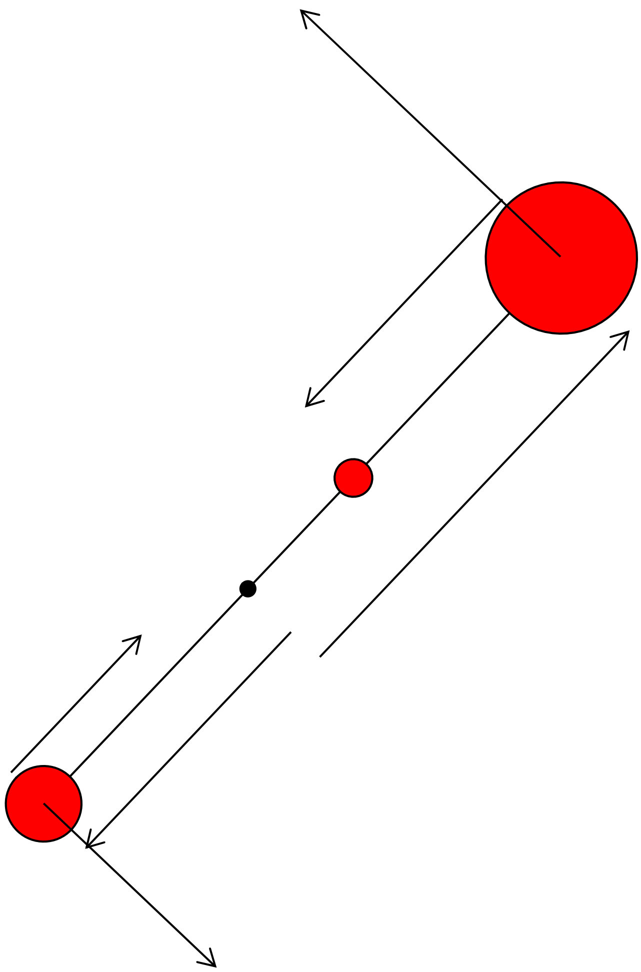
96/3   3.1 1,0 ms; 6,3·10^3 1/s   3.2 250 m/s; senkrecht zum Radius   3.3 1,6·10^6 m/s^2; 160 000 · g

96/4   D sei Ursprung des Koordinatensystems

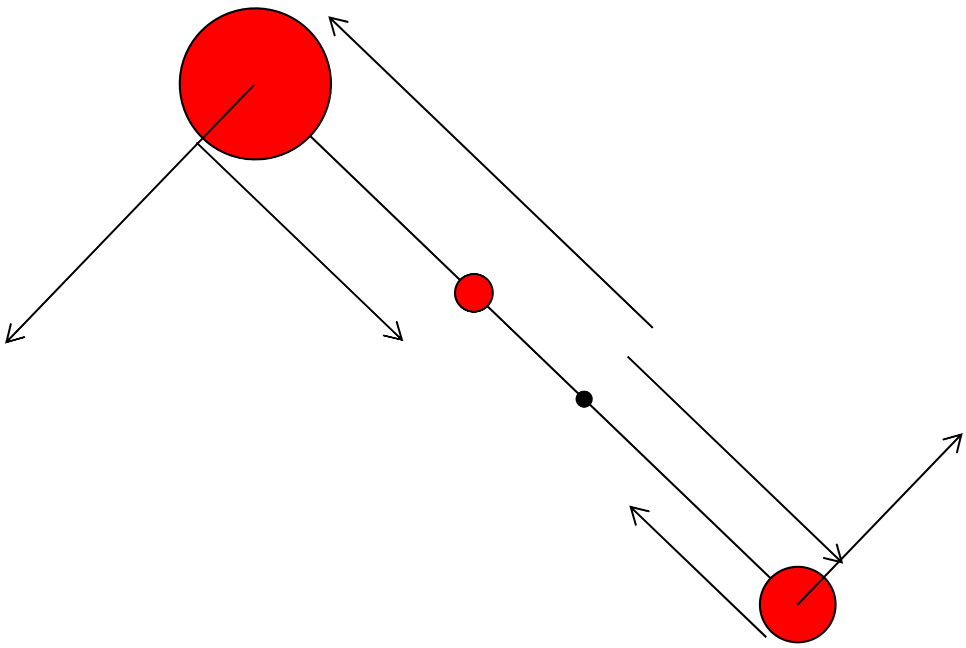
t = 0 s:



t = 1,0 s:



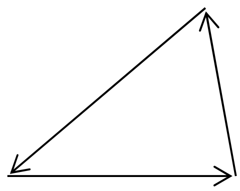
t = 3,0 s:



Übungsblatt:
4) wenn man die Vektoren betrachtet (was üblich ist!): weder noch (beide ändern ständig ihre Richtung); wenn man nur die Beträge betrachtet, dann beides ja
5) ISS: 8,91 m/s^2; Mond: 0,0027 m/s^2, beides kleiner als g an der Erdoberfläche
Die Schwerebeschleunigung nimmt also mit r ab; wie man leicht überprüft, ist aber nicht einfach $g \sim 1/r$ ($a_Z \cdot r$ ist nicht konstant!). Die nächste mögliche Vermutung wäre $g \sim 1/r^2$; bilde also die Produkte $a_Z \cdot r^2$
ISS: $4{,}04 \cdot 10^{14}\ m^3/s^2$; Mond: $4{,}02 \cdot 10^{14}\ m^3/s^2$
Diese Produkte sind (im Rahmen der Mess- und Rechengenauigkeit) konstant, also gilt anscheinend tatsächlich für die Schwerebeschleunigung: $\boxed{g \sim 1/r^2}$ (siehe Newtons Gravitationsgesetz in Klasse 12!)

Lösungen II.1

Übungsblatt:
1) a) Die Kräfte sind gleich groß und entgegen gesetzt gerichtet.
b) Die Kräfte addieren sich zum Nullvektor, bilden also aneinander gelegt eine „geschlossene Vektorkette", z. B.:



2) Dass beim Wegrücken eines Möbelstücks anfangs eine größere Kraft gebraucht wird, liegt an der Haftreibung, hat also nichts mit der Trägheit zu tun. Das erkennt man z. B. daran, dass die Kraft, die man am Anfang braucht, von der Art der Unterlage abhängt; auf eisigem Untergrund würde man weit weniger Kraft brauchen, um das Möbelstück wegzurücken!
3) Körper zwischen den beiden Kraftmessern befestigen, sodass in Ruhe beide Federn um die Hälfte gedehnt sind; diese Anordnung so im Auto lagern, dass die Kraftmesser nach vorne bzw. nach hinten zeigen. Bei einer Beschleunigung des Autos wirkt dann eine (Schein-)Kraft nach hinten: die Feder des vorderen Kraftmessers wird gedehnt, die des hinteren zusammen gestaucht; beim Abbremsen genau umgedreht. Aus der angezeigten Kraft F (Differenz zur Mittelposition!) und bekannter Masse m des Körpers kann dann mit a = F/m die Beschleunigung berechnet werden (bzw. falls diese Formel noch nicht bekannt ist, muss man das „Messgerät" eben erst einmal mit bekannten Beschleunigungen eichen).

Lösungen II.2

86/3 3.1 0,064 m/s^2; 0,22 N 3.2 12,5 s 3.3.1 0,27 m 3.3.2 3,4 m/s; 76° zum Boden

Übungsblatt:
4) $1{,}1 \cdot 10^5$ N; 1,5%; 14 N 5) 0,63 m/s^2; 5,0 m; 2,5 m/s 6) a) $2{,}0 \cdot 10^3$ N b) $1{,}0 \cdot 10^3$ N; 10 m/s
7) Bei Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit (egal wie hoch!) herrscht Kräftegleichgewicht; bei hohen Beschleunigungen wirken dagegen hohe Kräfte – und die sind natürlich gefährlich!
$F = 4 \cdot F_G$
8) $a = 4{,}25 \cdot g$, also $F = 4{,}25 \cdot F_G$
9) a) $6{,}3 \cdot 10^3$ N b) $7{,}5 \cdot 10^4$ N (12mal so viel); $7{,}5 \cdot 10^4$ N (120mal so viel)
10) $1{,}3 \cdot 10^4$ N; $4{,}0 \cdot 10^5$ N
11) In den Punkten 1, 3, 4, 5, 6 wirkt jeweils genau dieselbe Kraft (nämlich die Gewichtskraft des Balls – Luftwiderstand wird vernachlässigt, erkennt man daran, dass es Parabelbahnen sind und immer wieder dieselbe Höhe erreicht wird). In den Punkten 2 kann man keine genaue Aussage treffen: auf dem Bild sieht es so aus, als ob der Ball plötzlich ($\Delta t = 0$) seine Richtung ändert; das wäre aber eine unendlich hohe Beschleunigung, also wäre eine unendlich hohe Kraft nötig! In der Realität geschieht die Richtungsänderung natürlich allmählich; um das zu sehen, bräuchte man ein genaueres Bild.

Lösungen II.3

Übungsblatt:
12) Die Gegenkraft eines Körpers greift nicht am Körper selbst an, sondern an dem Körper, der eine Kraft auf ihn ausübt. Kräfte, die an verschiedenen Körpern angreifen, können sich aber nicht das Gleichgewicht halten. Außerdem müsste dann die Trägheit eines Körpers umso größer sein, je größer die Kraft ist, die man auf ihn ausübt (weil Kraft und Gegenkraft ja immer gleich groß sind!), was offensichtlich falsch ist.
13) 200 N; 8000 N; Kraft des Hammers ist Gegenkraft zur Widerstandskraft des Nagels ➔ gleich groß
14) a) 18 kN b) 12 kN c) 840 N bzw. 530 N
15) 650 N: Beschleunigung nach unten (also: Bewegung nach unten, die schneller wird, oder Bewegung nach oben, die langsamer wird); 800 N: Beschleunigung nach oben (also: Bewegung nach oben, die schneller wird, oder Bewegung nach unten, die langsamer wird); ***Betrag der Beschleunigung jeweils 2***

m/s^2 ???; 750 N: nicht unbedingt, könnte sich auch gleichförmig nach oben oder unten bewegen; keine Anzeige (auf die Wägestücke wirken ebenfalls höhere bzw. geringere Kräfte, die Waage bleibt also im Gleichgewicht)

Lösungen II.4

a) Freier Fall

Übungsblatt:
1) Auf dem Mond gibt es praktisch keinen Luftwiderstand, also fällt der Staub frei herunter (selbst wenn er 5 m hoch aufgewirbelt wird, braucht er deshalb nur etwa 2,5 s bis zum Boden)

2) a) 2,5 s b) 1,4 s; 50 m/s; 40 m; Mond: 16 s; 3,5 s; 50 m/s; 40 m

3) 5, 66 s; 7,75 s; 204 km/h; 279 km/h; 4 s; 5,48 s

4) 5780 m 5) 45 m 6) 0,22 s 7) a) 6 m b) 5 m/s; 2 m/s 8) 0,0045 s; 0,0031 s

9) 70 m; 50 m; 30 m; 10 m

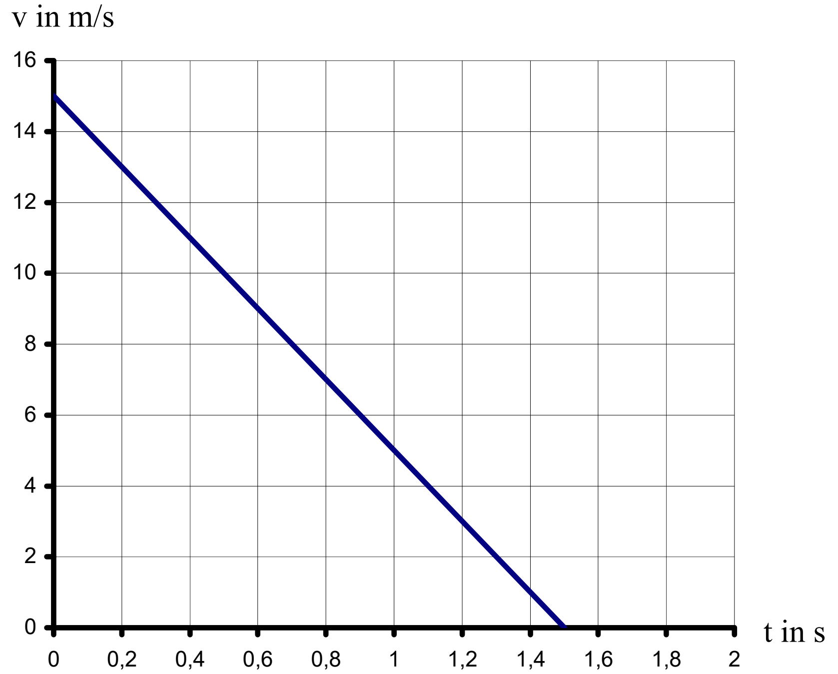
10) a) nein b) nein
c) Ursprung x-Achse: oberer Apfel, zeigt nach oben; t = 0: oberer Apfel beginnt zu fallen
$x_{oben}(t) = -5\ m/s^2 \cdot t^2$ ➔ fällt nach 0,5 s am unteren vorbei ➔ $x_{unten}(t) = -1{,}25\ m - 5\ m/s^2 \cdot (t - 0{,}5\ s)^2$;
$x_{oben}(1{,}5\ s) - x_{unten}(1{,}5\ s) = 5\ m$
11) a) $t = \sqrt{\frac{2 \cdot 17{,}0\,m}{10\,\frac{m}{s^2}}} + \frac{17{,}0\,m}{340\,\frac{m}{s}} = 1{,}91\ s$ b) $\sqrt{\frac{2 \cdot x}{10\,\frac{m}{s^2}}} + \frac{x}{340\,\frac{m}{s}} = 2\ s$ ➔ ...... x = 19 m

b) Senkrechter Wurf

63/3 5,1 s; 127 m; –9,81 m/s

64/4 4.1 69,4 km; 363 km 4.2 23,4%

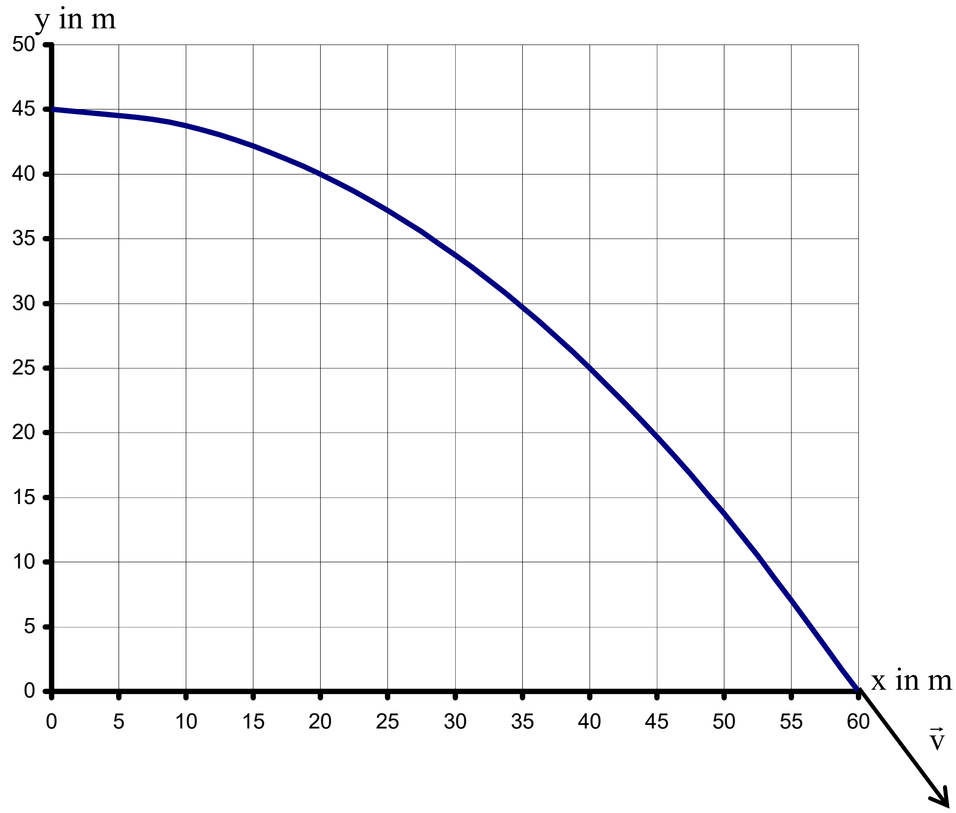
Übungsblatt/12
11 m (= Fläche unter der Kurve im v-t-Diagramm von 0 s bis 1,5 s); 10 m; –5,0 m/s



c) Waagrechter Wurf

69/1 1.1 4,0 m/s 1.2.1 2,0 m 1.2.2 51° 69/2 2.1 20 m/s 2.2 53 m/s

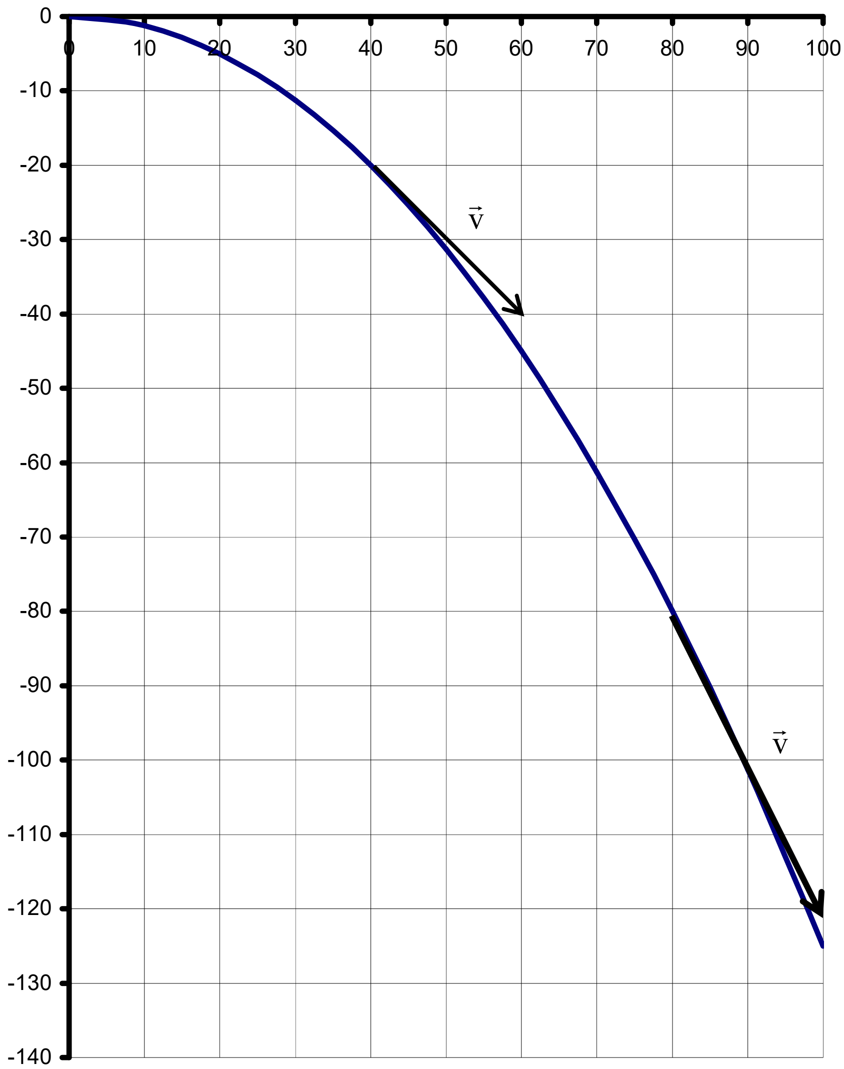
69/3 640 m 69/4 4.1 20 m/s 4.2 36 m/s; 56° zum Boden
4.3 Koordinatenursprung: Ort, wo der Stein abgeschleudert wird; x-Achse in Richtung der Anfangsgeschwindigkeit, y-Achse nach oben ➔ $y(x) = 45 – 0{,}0125x^2$ (für $g = 10\ m/s^2$)
y(0 m) = 45 m; y(10 m) = 43,75 m; y(20 m) = 40 m; y(30 m) = 33,75 m; y(40 m) = 25 m
y(50 m) = 13,75 m; y(60 m) = 0



Übungsblatt:

13) sehr ähnlich wie 69/4! hier aber: Abwurf im Ursprung ➔ $y = -0{,}0125\ x^2$ ($g = 10\ m/s^2$)

x(2,0 s) = 40 m; y(2,0 s) = 20 m; v(2,0 s) = 28 m/s; x(4,0 s) = 80 m; y(4,0 s) = 80 m; v(4,0 s) = 45 m/s



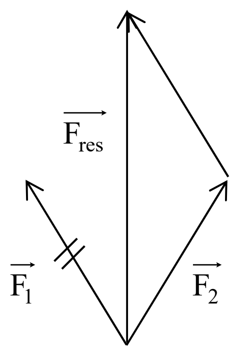
14) 0,55 s; 7,3 m/s; 37° 15) 100 m/s; 140 m/s

16) a) 6mal so hoch b) 3,1 m; 7,7 m; $\sqrt{6}$ mal so hoch

Lösungen II.5

Übungsblatt:

1)



$\left|\overrightarrow{F_{res}}\right| = 35\ N$

2) a) 14°; 9,7 N b) 49°; 6,6 N c) 90°; 0 N

3) a) 3000 N bzw. 15 000 N b) h ≥ 1,51 m

4) 56 N

5) 131 N

6) a) 225 N; 375N b) 45° bzw. 63,4° c) 424 N bzw. 671 N
7) Stellung 1: $F = F_{Seil} = 14$ N; Stellung 2: F = 20 N; $F_{Seil} = 28$ N; in Richtung des Fadens
8) nach hinten; 27°
9) a) 0,467 m/s²; 0,934 m; 0,934 m/s b) nein; die 100 kg müssen ja mit beschleunigt werden! (vgl. Aufgabe 12b) c) 0,090 m/s²; 0,180 m; 0,180 m/s
10) 1,031 kg (bzw. 0,970 kg; dann bewegt er sich nach oben!)
11) a) $a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} \cdot g$ b) $a = \frac{k-1}{k+1} \cdot g$ c) $k = \frac{11}{9}$

12) a) $\frac{m_1}{m_2} = 9$, gilt auch auf dem Mond b) $a \to g$
13) a) setzt sich ebenfalls beschleunigt nach oben bzw. unten in Bewegung
b) ändert seinen Bewegungszustand nicht (bewegt sich ebenfalls mit konstanter Geschwindigkeit)
c) 0,097 m/s² d) er muss sich beschleunigt nach oben bewegen

Lösungen II.6

106/1 19 N

Übungsblatt:
1) z. B. Flex, Schleifstein, Hammer-/Diskuswurf, ...?
2) 5,0 Hz
3) $F \sim \frac{1}{r}$, wenn v konstant ist; F ~ r, wenn T konstant ist (bzw. f bzw. ω)
4) 2,5 N; wird von Schwerkraft aufgebracht; zu den Polen hin kleiner, weil T konstant, aber r kleiner (siehe Aufgabe 3!); 1,7 N
5) kleinere Krümmung ➔ größeres r ➔ bei gleichem v kleinere Zentripetalkraft nötig (siehe Aufgabe 3); sehr starke Krümmung ➔ sehr kleines r ➔ bei gleichem v sehr große Zentripetalkraft nötig; diese wird aber durch die Reibung mit der Straße aufgebracht, und diese Reibungskraft ist nicht genügend groß!

Lösungen II.7

a) Waagrechte Antriebs- und Bremsvorgänge mit Reibung

86/1 1.1 78 000 N 1.2 130 000 N   87/5 (–) 2,5 m/s²; 10 m/s; 13 N

Übungsblatt:
1) 24 N; 7,8 N   2) 4900 N; 2900 N; 490 N; 6400 N; 3900 N; 980 N
3) a) 7700 N; 6,4 m/s² b) 4600 N; 3,8 m/s² (*Aufgabenstellung unklar: immer noch Vierrad-Antrieb? kann eigentlich nicht sein, da nur 60% der Gewichtskraft auf den Antriebsrädern!)*
4) a) 62 km/h; 42 m b) 10 s; 51 m   5) a) 10 N; 1,0 m/s²; 50 m b) 6,0 N; 0,60 m/s²; 30 m c) 9,0 N

b) Geneigte Ebene

86/2 2.1 1,4 m/s² 2.2 $4{,}6 \cdot 10^3$ N

87/4 4.1 2,1 m/s² 4.2 2,1 s 4.3 Die Masse der Last muss größer als 39 kg sein.

87/7 7.1 (–) 7,4 m/s² 7.2 2,4 m 7.3 2,2 s (***gesamte** Zeit!)*; 3,4 m/s

87/8 8.1 21 m/s 8.2 54 s; $5{,}6 \cdot 10^2$ m

Übungsblatt:
6) a) 100 N; 280 N; 30°; 90°; 0° b) 3,4 m/s^2; g/2; g; 0

7) a) 1,0 N; 2,9° b) 1,5 m/s^2 (*dass hier genau das dreifache rauskommt, liegt nur daran, dass der Winkel sehr klein ist; bei größeren Winkeln stimmt das nicht mehr!*)

8) 3500 N 9) 170 000 N; 350 000 N; 150 000 N; 260 000 N

10) > 31°; beschleunigt mit 1,3 m/s^2; 24°; nein 11) a) 4,7 m/s^2 b) 8,1 m/s^2

12) a) 0,70; 0,45 b) 6,9 m/s^2 14) 15 km/h 15) 4 m/s^2; 20 kg

13) a) 3900 N; 4,9 m/s^2; 2,0 s; 10 m bzw. 4,1 s; 41 m
b) aufwärts: 5200 N; 6,5 m/s^2; 1,5 s; 7,7 m; 3,1 s; 31 m
abwärts: 2500 N; 3,1 m/s^2; 3,2 s; 16 m; 6,4 s; 64 m

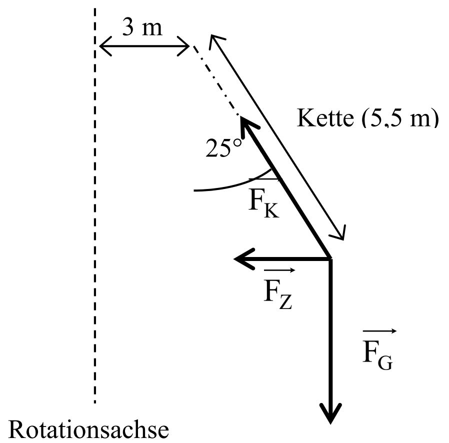
16) a) 1,3 m/s^2 b) 3,0 m/s^2 c) 0,42 m/s^2 d) 7,4° (*anfahren ➔ nur Haftreibung!)*

c) Kreisbewegungen

106/2 0,2 N; 20 N 106/3 3.1 0,66 3.2 31 km/h 107/4 4.1 14° 4.2 2,5 m/s^2

107/5 11°

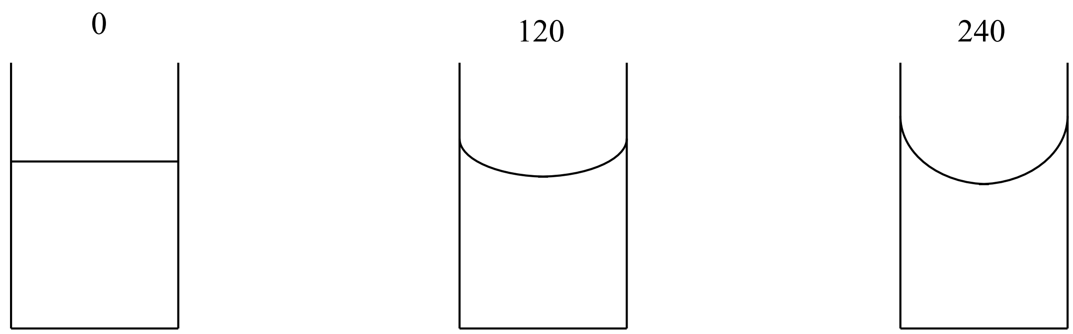
107/6 6.1



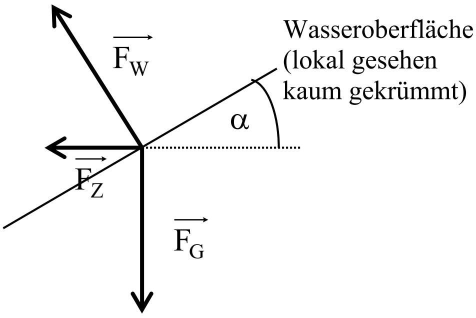
6.2 0,93 1/s; 4,9 m/s; 6,8 s

107/7 0,125 m 107f/8 8.1 h = r – 0,028 m 8.2 0,89 N

108/9
9.1 25 1/s



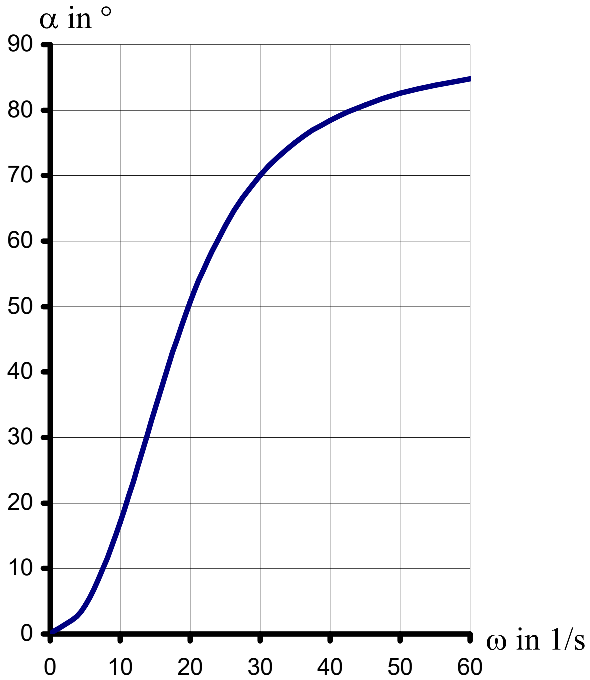
9.2 Die Wasserteilchen weiter unten wirken auf ein Oberflächenteilchen eine Kraft $\overrightarrow{F_W}$ nach außen, senkrecht zur Oberfläche, aus. Diese addiert sich mit der Gewichtskraft zur Zentripetalkraft:



9.3 63° 9 .4 $\tan\alpha = \frac{\omega^2 r}{g}$

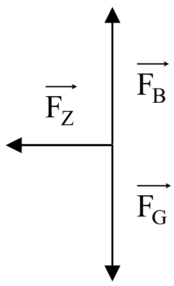
9.5

ω in 1/s	0	10	20	30	40	50	60
α in °	0	17	51	70	78	83	85



108/10

10.1 Die Kraft, welche die Wand auf den Körper ausübt, wirkt hier als Zentripetalkraft; die Gewichtskraft und die Kraft, die der Boden auf den Körper ausübt, stehen im Gleichgewicht.



10.2 Wird der Boden abgesenkt, so muss die Reibungskraft der Gewichtskraft das Gleichgewicht halten; die Reibungskraft ist gleich der Reibungszahl mal die Normalkraft, mit welcher der Körper auf seiner Unterlage drückt; wegen actio = reactio ist diese wiederum gleich der Kraft, welche die Wand auf den Körper ausübt, also die Zentripetalkraft. Insgesamt hat man also:

$$F_G = F_R = \mu\, F_N = \mu\, F_Z \Rightarrow \;.....\; v = \sqrt{\frac{gd}{2\mu}}$$

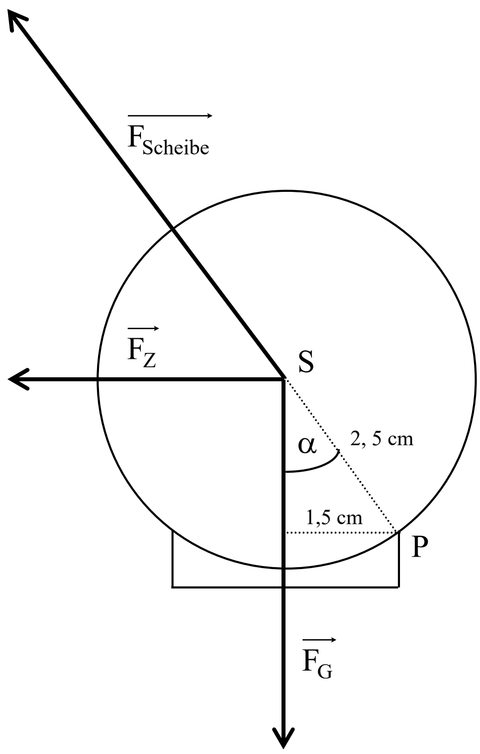
10.3 in A muss die Wand die Zentripetalkraft minus die Hangabtriebskraft aufbringen, in B die Zentripetalkraft plus die Gegenkraft zur Hangabtriebskraft

➔ $F_A = m \cdot \left(\frac{2\pi\pi}{a}\right)^2 \cdot \frac{d}{2} - m \cdot g \cdot \sin\alpha$; $F_B = m \cdot \left(\frac{2\pi\pi}{a}\right)^2 \cdot \frac{d}{2} + m \cdot g \cdot \sin\alpha$;

allgemeine Anmerkung: bei solchen geneigten Kreisbewegung muss am obersten bzw. untersten Punkt immer $F_N = F_Z - F_H$ bzw. $F_N = F_Z + F_H$ sein; das ergibt auch in den Spezialfällen das richtige Ergebnis: für einen horizontalen Kreis bekommt man für beide Punkte (da gibt es natürlich keinen „oberen" und „unteren" Punkt) $F_H = 0$, also $F_N = F_Z$, für einen vertikalen Kreis $F_H = F_G$, also $F_N = F_Z - F_G$ bzw. $F_N = F_Z + F_G$

109/11

11.1 im Punkt P wirkt die Scheibe eine Kraft auf die Kugel (bzw. deren Schwerpunkt) aus, die senkrecht zur Kugeloberfläche wirkt; mit der Gewichtskraft addiert sich diese zur Zentripetalkraft:



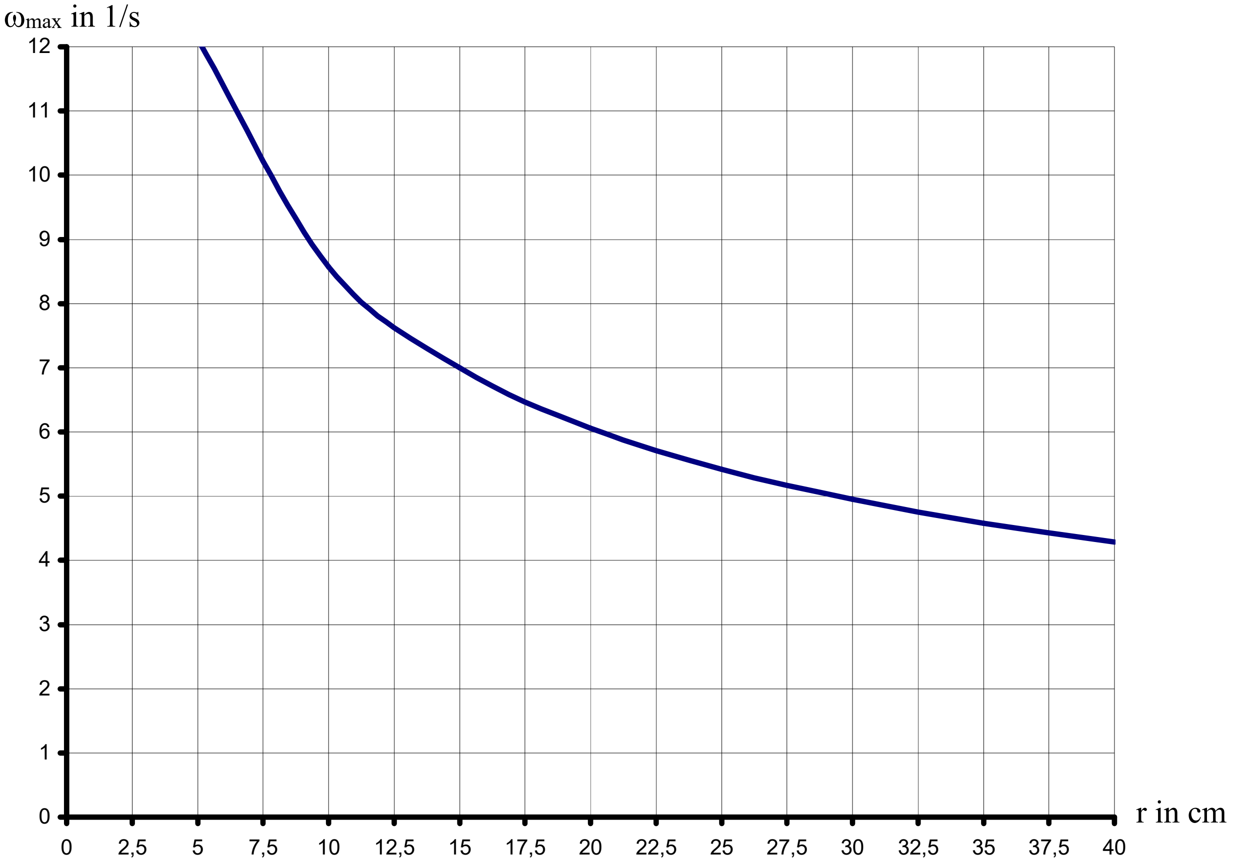
aus der Geometrie der Anordnung erhält man: $\sin\alpha = \frac{1{,}5\,\text{cm}}{2{,}5\,\text{cm}}$ ➔ $\alpha = 36{,}9°$,

und daraus wiederum (mit $F_G = 4{,}91$ N): $F_Z = 3{,}68$ N; $F_S = 6{,}13$ N

➔ $\omega_{max}(r) = \sqrt{\frac{g \cdot \tan\alpha}{r}} = \frac{2{,}71 \frac{\sqrt{m}}{s}}{\sqrt{r}}$

11.2

r in cm	5,00	10,0	20,0	30,0	40,0
ω_{max} in 1/s					



Übungsblatt:

17) 0,71 Hz; nein; unabhängig von m   18) a) 72 km/h   b) 36 km/h   19) 0,533 m

20) a) 14,0°   b) 0,25   21) 20 m; 27°   22) a) 12 m/s   b) 5,3 s; 0,19 Hz   c) 1500 N

23) 0,50 Hz   24) 3,2 m/s   25) 7,1 m/s   26) a) 0,31 Hz   b) 1500 N

27) a) wie beim Karussell usw. gilt auch hier zunächst: $\tan\varphi = \frac{F_Z}{F_G} = \frac{\omega^2 r}{g}$ (die Kraft, welche eine Stange auf eine Kugel ausübt, addiert sich mit der Gewichtskraft zur Zentripetalkraft)

außerdem gilt geometrisch: $r = \ell \cdot \sin\varphi$, und man braucht die trigonometrische Formel $\tan\varphi = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi}$

➔ ...... $\cos\varphi = \frac{g}{\omega^2 \ell} = \frac{g}{(2\pi f)^2 \ell}$

b) Kugeln werden angehoben, sobald $\varphi > 0°$, also $\cos\varphi < 1$ ist ➔ $\frac{g}{(2\pi f)^2 \ell} < 1$ ➔ $f > \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{1}}$

28) 4,6°

Lösungen III.1

Übungsblatt:
1) a) Beschleunigungsarbeit (und sehr wenig Reibungsarbeit) b) Hubarbeit
c) Hub- oder Beschleunigungsarbeit d) Spannarbeit e) Beschleunigungsarbeit
f) Reibungsarbeit

2)
a) 130 N b) 59 J c) 0,45 m; 59 J
d) beim Hebelgesetz kommt es auf die Kraft senkrecht zur Strecke (Abstand zum Drehpunkt) an, bei der Arbeit auf die Kraft parallel zur zurückgelegten Strecke

3) lose Rolle: Kraft halb so groß, Weg doppelt so lang wie beim direkten Hochheben ➔ selbe Arbeit
Flaschenzug: Kraft 1/4 so groß, Weg viermal so lang wie beim direkten Hochheben ➔ selbe Arbeit
hydraulische Presse: wenn die Fläche A_2 n-mal so groß ist wie die Fläche A_1, dann bewegt sich der 2. Kolben nur um 1/n der Strecke nach oben, die sich der 1. Kolben nach unten bewegt; die Kraft F_2 ist dann n-mal so groß wie die Kraft F_1 ➔ selbe Arbeit wie ohne Presse
außerdem wäre noch zu berücksichtigen, dass bei allen drei Kraftwandlern in der Realität auch noch Reibungskräfte auftreten; die tatsächlich nötige Arbeit ist also sogar größer als ohne Kraftwandler!

4) nein: zuerst braucht man 50 kJ, dann 150 kJ!

5) a) 50 kJ b) 0 J c) 50 kJ (kleinere Kraft, aber längerer Weg ➔ selbe Arbeit! Vorschlag bringt nix!)

6) $8{,}6\cdot10^4$ J 7) a) $1{,}8\cdot10^3$ J b) $2{,}5\cdot10^3$ J 9) 56,3 J

8) die Zentripetalkraft steht immer senkrecht zur Geschwindigkeit, also zum zurück gelegten (infinitesimalen) Wegstück ➔ $\cos\alpha = 0$ ➔ $W = 0$ (keine Kraft in Wegrichtung!)

10) im Arbeitsdiagramm entspricht die nötige Arbeit dem Flächeninhalt eines Trapezes mit Grundseiten F_1 und F_2 und Höhe Δs

11) a) 95 GJ (1 Kästchen entspricht einer Arbeit von 1 kN · 1000 km = 1 GJ) b) 12 GJ

Lösungen III.2

128/1 200 kJ; 20 m (800 kJ; 80 m) 128/2 1,9 kN

132/1 15 N; 0,02 132/2 6600 N; 6,6 MJ

Übungsblatt:
1) 45 m 2) 160 kJ; 40 m; nein 3) 100 kN; 0,5

Lösungen III.3

128/3 $x_W = \sqrt{2\ell h_0}$ 128/4 4.1 16 J; 4,0 m/s^2 4.2 4,0 m/s^2; 1,8 m 4.3 4,4 m/s

128/5 5.1 10 m 5.2 Spannenergie → kinetische Energie → Lageenergie 5.3 14 m/s

129/6 280 m/s

129/7 $h_1 = \frac{3}{4}h$

129/8

8.1 Die Normalkraft (Komponente der Gewichtskraft senkrecht zur Kugeloberfläche) wirkt als Zentripetalkraft; der Massenpunkt verlässt die Kugeloberfläche, sobald die Normalkraft nicht mehr groß genug ist, also wenn $F_N = F_G \cos\alpha > F_Z$, wobei α der Winkel zur Vertikalen ist; außerdem ergibt sich geometrisch: $h = r\,(1 - \cos\alpha)$; beide (Un-)Gleichungen kombiniert führen auf $h > r/3$ (und $\cos\alpha = \frac{2}{3}$)

8.2 Anfangshöhe: 2,50 m; v_0 = 3,13 m/s; $v_{x0} = v_0 \sin\alpha$ = 2,33 m/s; $v_{y0} = -v_0 \cos\alpha$ = –2,09 m/s (Ursprung Koordinatensystem: senkrecht unter dem Punkt, wo der Massenpunkt die Kugel verlässt; x-Achse nach rechts, y-Achse nach oben) ➔ ..... x_W = 1,1 m

129/9 4,9 cm

129/10 10.1 0,0317 N 10.2 1,52 cm nach Start 10.3 9,30 cm/s 10.4 9,28 cm/s 10.5 8,04 cm

Übungsblatt:

1) 230 m weit (entlang der Straße) 2) 10 m

3) a) 30 m/s b,c,d) jeweils 31 m/s unabhängig von der Masse 4) a,b) jeweils 5,0 m/s

5) a) 20 m; 41 m b) 12 m; 24 m c) 20 m/s bzw. 8,5 m/s 6) 0,60; 14 m/s

7) $\overline{CD} = \ell \cdot \cos\varphi$ ➔ 0,15 J bzw. 4,9 J; 0,55 m/s bzw. 3,1 m/s 8) 1,9 m; nein

9) 500 000 N/m 10) a) 4,6 m/s b) 1,1 m c) 6,7 m/s

11) a) Bewegungsenergie → Spannenergie → Lageenergie → Bewegungsenergie (→ Spannenergie der Matte) b) weil für den Stab das Hookesche Gesetz ($F \sim \Delta s$) wohl nicht gilt; $E_{Spann} = E_{Lage}$ = 3,4 kJ c) 9,8 m/s d) 9,8 m/s

12) 3,9 cm; 2,0 cm; 0,60 m/s

13) a) 1,4 m/s b) 0,41 m c) 0,11 m; 0,36 m; zwei Lösungen, weil es zunächst schneller wird, dann wieder langsamer d) 0,21 m

14) 3,1 m/s (siehe II.6!); 7,0 m/s; 120 N; 0 N 15) a) 7,0 m/s b) 16 m/s c) 12,5 m

(allgemein bei solchen Aufgaben: $v_{oben} = \sqrt{gr}$; $v_{unten} = \sqrt{5gr}$; $F_{oben} = 0$; $F_{unten} = 6mg$; $h_A = 2{,}5\ r$; leiten Sie diese Formeln her!)

Lösungen III.4

Übungsblatt:

1) 27 kW 2) 290 kW 3) 40 kW 4) $2{,}7 \cdot 10^{11}$ W; 120

5) $5{,}9 \cdot 10^2$ m; 1,6 m/s 6) 7,5 kW; 15 kW; 30 kW; 15 kW 8) 4,5 kW; 36 kW; $P \sim v^3$

7) 910 N; 4,6 kW; 10 kW; 11 kJ ➔ 2,3 kW bzw. 56 kJ ➔ 5,1 kW (also: $P(t) = 2 \cdot \overline{P}$)

Lösungen III.5

Übungsblatt/9 69%, d. h. 31% der Energie geht durch Reibung „verloren“

Übungsblatt/10 a) 95 s · m *(in kg)*, also z. B. für m = 75 kg knapp 2 h b) $1{,}0 \cdot 10^5$ W

Übungsblatt/11

a) 20 kW; 19 kW; 18 kW   b) für Rollwiderstand: 4,4%; 9,1%; 21%; Rest: Luftwiderstand

c) 120 kW;   9,2 ℓ;   10,2 ℓ