(S. 39) **Rückblick** Hinweise zu den Heimversuchen

Schneller Radfahren Messung mehrerer Zeit-Weg-Koordinatenpaare, dann Näherung der Beschleunigung mit $a = \Delta v / \Delta t$ oder Regression.

Reaktionszeit messen Für den vom Lineal zurückgelegten Weg gilt: $s(t) = ½\, g \cdot t^2$
Nach t aufgelöst, lässt sich die Reaktionszeit aus dem Weg bestimmen:

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

(S. 40) **Rückblick** Lösungen der Trainingsaufgaben

A1 Aus Sicht des Jongleurs handelt es sich um einen senkrechten Wurf. Aus Sicht eines Zuschauers beschreibt der Ball eine parabelförmige Bahn.

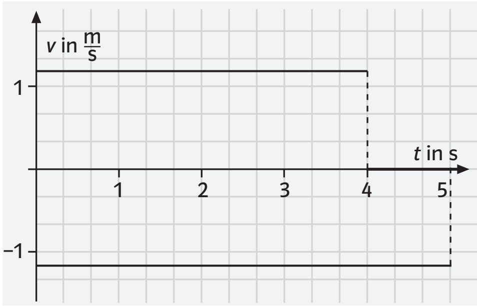
A2 Beide Bewegungen sind bis zum Zeitpunkt der Ruhe gleichförmig.
In einem Fall ist die Geschwindigkeit negativ:

$$v_1 = -\frac{6{,}0\,\text{m}}{5{,}0\,\text{s}} = -1{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Im anderen Fall ist die Geschwindigkeit positiv:

$$v_2 = \frac{5{,}0\,\text{m}}{4{,}0\,\text{s}} = 1{,}25\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Abbildung rechts zeigt das t-v-Diagramm.



A3 Zur Untersuchung kann ein Diagramm gezeichnet oder die Geschwindigkeit für die einzelnen Intervalle berechnet werden. Es ergibt sich, dass eine gleichförmige Bewegung vorliegt.

$$s(t) = 53\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$$

A4 $\Delta s = 11\,\text{m}$, $\Delta t = 0{,}4\,\text{s}$. Wir gehen von einer gleichförmigen Bewegung aus, sonst ist die Aufgabe nicht lösbar: $v = 99\ \text{km/h}$

A5 Zu berechnen ist die erreichte Geschwindigkeit nach 20 m freiem Fall. Die Fallzeit beträgt

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20\,\text{m}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 2{,}02\,\text{s}, \text{ damit folgt } v = g \cdot t = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2{,}02\,\text{s} = 19{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 71{,}31\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

A6 Bei konstanter Beschleunigung muss $\frac{s}{t^2}$ konstant sein. Wir erhalten folgende Quotienten:

$$\frac{4{,}80\,\text{m}}{(0{,}80\,\text{s})^2} = 7{,}50\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \qquad \frac{43{,}3\,\text{m}}{(2{,}40\,\text{s})^2} = 7{,}52\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \qquad \frac{97{,}5\,\text{m}}{(3{,}60\,\text{s})^2} = 7{,}52\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \qquad \frac{203\,\text{m}}{(5{,}20\,\text{s})^2} = 7{,}51\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Das t-s-Gesetz könnte also lauten: $s = 7{,}51\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2$.

Für das t-v-Gesetz ergibt sich daraus: $v = 15{,}02\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t$.

(S. 40) **A7** ◒ Lkw: $s(t) = 50\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot t = 13{,}89\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$

Pkw: Die Beschleunigung beträgt $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{100\frac{\text{km}}{\text{h}}}{11\,\text{s}} = \frac{27{,}78\frac{\text{m}}{\text{s}}}{11\,\text{s}} = 2{,}53\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Damit folgt:

$s(t) = \frac{1}{2} \cdot 2{,}53\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2$

Beide Gleichungen werden gleichgesetzt und nach t aufgelöst. Es ergibt sich: $t = 10{,}98\,\text{s}$.
Dies wird in $s(t)$ eingesetzt: $s = 153\,\text{m}$

Die Geschwindigkeit des Pkw beträgt dann: $v(t) = a \cdot t = 2{,}53\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10{,}98\,\text{s} = 27{,}78\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 100\frac{\text{km}}{\text{h}}$

A8 ○ Im ersten Abschnitt wird von $v = 0\frac{\text{m}}{\text{s}}$ aus konstant beschleunigt.

Im zweiten Abschnitt ist die Bewegung gleichförmig.

Im dritten Abschnitt wird mit konstanter Beschleunigung gebremst.

Im ersten Abschnitt ist $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12\frac{\text{m}}{\text{s}}}{15\,\text{s}} = 0{,}80\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Im zweiten Abschnitt ist $\Delta v = 0\frac{\text{m}}{\text{s}}$, also $a_2 = 0\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Im dritten Abschnitt ist $a_3 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-12\frac{\text{m}}{\text{s}}}{5\,\text{s}} = -2{,}4\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Im ersten Abschnitt wird der Weg $s_1 = \frac{1}{2}a_1 \cdot t^2 = 0{,}40\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (15\,\text{s})^2 = 90\,\text{m}$ zurückgelegt.

Im zweiten Abschnitt wird der Weg $s_2 = v \cdot t = 12\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10\,\text{s} = 120\,\text{m}$ zurückgelegt.

Im dritten Abschnitt werden noch $s_3 = 1{,}2\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (5\,\text{s})^2 = 30\,\text{m}$ zurückgelegt.

Der Gesamtweg ist also $s = 240\,\text{m}$.

Im Abschnitt zwischen $t_0 = 0\,\text{s}$ und $t_1 = 10\,\text{s}$ wird der Weg

$s_4 = \frac{1}{2}a_1 \cdot t^2 = 0{,}40\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (10\,\text{s})^2 = 40\,\text{m}$ zurückgelegt.

Somit wird im Abschnitt zwischen $t_1 = 10\,\text{s}$ und $t_3 = 15\,\text{s}$ der Weg

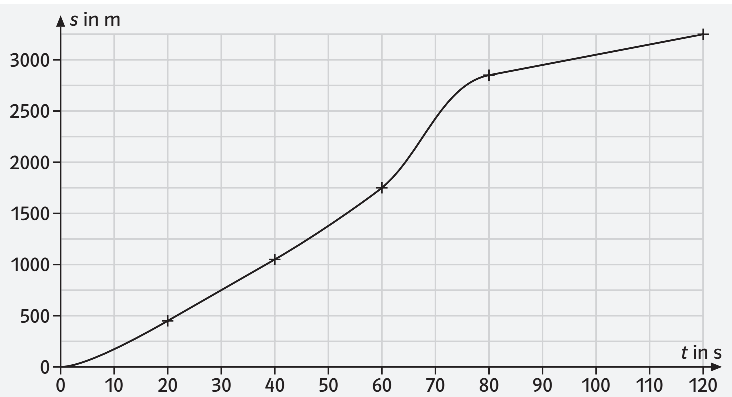
$s_5 = s_1 - s_4 = 90\,\text{m} - 40\,\text{m} = 50\,\text{m}$ zurückgelegt. Der Gesamtweg im Intervall zwischen

$t_1 = 10\,\text{s}$ und $t_2 = 25\,\text{s}$ beträgt also 170 m.

Die mittlere Geschwindigkeit in dem angegebenen Intervall ist $v_m = \frac{170\,\text{m}}{15\,\text{s}} = 11{,}3\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

A9 ○ **a)** Zum Zeitpunkt $t = 0\,\text{s}$ besitzt der Körper eine Geschwindigkeit von 15 m/s und beschleunigt die nächsten 20 Sekunden gleichmäßig. Er erreicht die Geschwindigkeit $v = 30\,\text{m/s}$ und bewegt sich nun 20 Sekunden lang gleichförmig mit dieser Geschwindigkeit. Dann wird erneut 20 s lang gleichmäßig beschleunigt bis $v = 40\,\text{m/s}$. Dann bremst der Körper die nächsten 20 Sekunden lang gleichmäßig, bis sich die Geschwindigkeit auf 10 m/s verringert hat. Die letzten 40 s bewegt er sich gleichförmig mit dieser Geschwindigkeit.

b) *t*-*s*-Diagramm:



(S. 40) **A10** ○ **a)** Es könnte die gleichförmige Bewegung dreier Fahrzeuge I, II, III dargestellt sein. Fahrzeuge I und II starten zur gleichen Zeit an unterschiedlichen Orten mit verschiedenen Geschwindigkeiten und bewegen sich aufeinander zu.
Fahrzeug III startet zu einem späteren Zeitpunkt und bewegt sich in dieselbe Richtung wie Fahrzeug II. Dabei hat Fahrzeug III eine größere Geschwindigkeit als Fahrzeug II.
Alle drei Fahrzeuge treffen sich zur selben Zeit an einem bestimmten Ort.
b) Es handelt sich bei Fahrzeug II und III um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.
Bei Fahrzeug I liegt eine gleichmäßig verzögerte Bewegung vor.
Die Beschleunigung von Fahrzeug III ist größer als die von Fahrzeug II.
Alle drei Fahrzeuge erreichen zum gleichen Zeitpunkt dieselbe Geschwindigkeit v.

A11 ● Gegeben $v = 50\,\text{km/h} = 14\,\text{m/s}$; Reaktionszeit 0,5 s; Gelbphase 3 s.
Unabhängig von der Beschaffenheit der Fahrbahn legt der Wagen während der Reaktionszeit die Strecke $s = 14\,\text{m/s} \cdot 0{,}5\,\text{s} = 7\,\text{m}$ zurück.

Trockene Fahrbahn: Bremsweg $s = \frac{v^2}{2a} = \frac{(14\,\frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 6{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 15\,\text{m}$

Nasse Fahrbahn: Bremsweg $s = \frac{(14\,\frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 98\,\text{m}$

Bei trockener Fahrbahn kann gebremst werden. Bei feuchter Fahrbahn war die Fahrgeschwindigkeit nicht angepasst; die Bremsung gelingt nicht mehr.

(S. 41) **A12** ○ **a)** $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (9{,}0\,\text{s})^2 = 81{,}0\,\text{m}$; $v = a \cdot t = 18{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) $v = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 100 \cdot \frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = 27{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $a = \frac{v}{t} = \frac{27{,}8\,\text{m}}{10{,}2\,\text{s}^2} = 2{,}73\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2{,}73\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (10{,}2\,\text{s})^2 = 142\,\text{m}$

c) $t = \frac{v}{a} = \frac{12{,}0}{4{,}0}\,\text{s} = 3{,}0\,\text{s}$; $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 4{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (3{,}0\,\text{s})^2 = 18\,\text{m}$

d) $t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = 3{,}2\,\text{s}$; $v = a \cdot t = 5{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3{,}2\,\text{s} = 16\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

A13 ◒ Gegeben: $t_1 = 15\,\text{s}$; $t_2 = 30\,\text{s}$; $s_3 = 25\,\text{m}$; $s_4 = 75\,\text{m}$

$s_1 = 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (15\,\text{s})^2 = 4{,}5 \cdot 10^2\,\text{m}$; $s_2 = 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (30\,\text{s})^2 = 1{,}8 \cdot 10^3\,\text{m}$

Zum Zeitpunkt t_1 hat das Fahrzeug 450 m zurückgelegt, zum Zeitpunkt t_2 sind es 1800 m.

$s_3 = 25\,\text{m} = 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t_3^2 \quad \Rightarrow \quad t_3 = 3{,}5\,\text{s}$;

$s_4 = 75\,\text{m} = 2{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t_4^2 \quad \Rightarrow \quad t_4 = 6{,}1\,\text{s}$

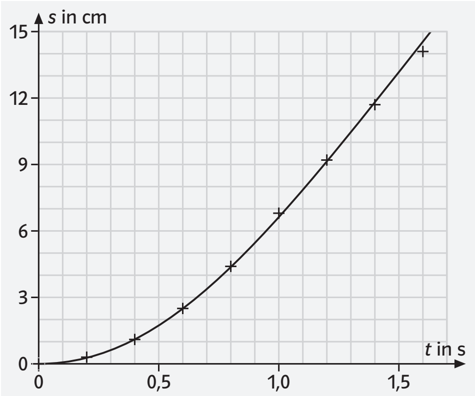
also $\Delta t = t_4 - t_3 = 2{,}6\,\text{s}$

Das Fahrzeug gelangt innerhalb von 2,6 s vom Ort s_3 zum Ort s_4.

A14 ◒ Daten:

Nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8
t in s	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
s in cm	0	0,3	1,1	2,5	4,4	6,8	9,2	11,7	14,1
$\frac{s}{t^2}$ in $\frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$	–	7,5	6,9	6,9	6,9	6,8	6,4	6,0	5,5

(S. 41) **a)** Man erhält als t-s-Diagramm:



b) Zwischen t_0 und t_5 ist die Bewegung gleichmäßig beschleunigt, denn der Quotient s/t^2 ist näherungsweise konstant. Zwischen t_5 und t_8 ist die Bewegung gleichförmig, denn der Graph ist linear.

c) Der Mittelwert für die Werte s/t^2 beträgt für den ersten Abschnitt $\overline{s/t^2} = 7{,}0\,\text{cm/s}^2$. Somit lautet das Zeit-Weg-Gesetz:

$s = \frac{1}{2} \cdot 14{,}0 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \cdot t^2$

Die mittlere Geschwindigkeit zwischen t_5 und t_8 beträgt:

$v = \frac{s_8 - s_5}{t_8 - t_5} = \frac{7{,}3\,\text{cm}}{0{,}6\,\text{s}} \approx 12{,}2 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

Für den zweiten Abschnitt gilt somit: $s = 12{,}2 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot t + 6{,}8\,\text{cm}$

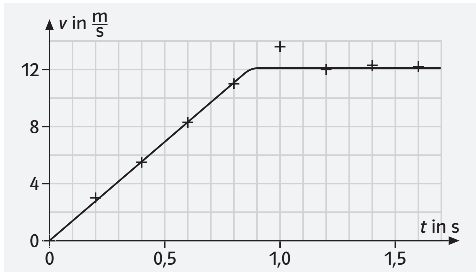
d) Bis zum Zeitpunkt t_5 ist die Bewegung gleichmäßig beschleunigt, d.h.:

$v = \frac{2s}{t}$. Somit ergibt sich

$v_4 = 11{,}0 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ und $v_5 = 13{,}6 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

Danach ist $v \approx 12 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

e) Zugehöriges t-v-Diagramm (rechts):



A15 Gegeben:
$a = 1{,}2\,\text{m};\ b = 75\,\text{cm};\ \Delta a = 0{,}1\,\text{m};\ \Delta b = 1\,\text{cm}$

Für den Umfang u eines Rechtecks gilt:
$u = 2a + 2b = 2(a + b) = 2(1{,}2\,\text{m} + 0{,}75\,\text{m}) = 2 \cdot 1{,}95\,\text{m} = 3{,}9\,\text{m}$.

Abweichung nach „oben“:
$a_o = 1{,}2\,\text{m} + \Delta a = 1{,}3\,\text{m};\ b_o = 0{,}75\,\text{m} + \Delta b = 0{,}76\,\text{m}$
damit: $u_o = 2 \cdot (1{,}3\,\text{m} + 0{,}76\,\text{m}) = 2 \cdot 2{,}06\,\text{m} = 4{,}12\,\text{m}$

Abweichung nach „unten“:
$a_u = 1{,}2\,\text{m} - \Delta a = 1{,}1\,\text{m};\ b_o = 0{,}75\,\text{m} - \Delta b = 0{,}74\,\text{m}$
damit: $u_u = 2 \cdot (1{,}1\,\text{m} + 0{,}74\,\text{m}) = 2 \cdot 1{,}84\,\text{m} = 3{,}68\,\text{m}$.

Aufgrund von Messunsicherheiten liegt der Umfang des Rechtecks zwischen 3,68 m und 4,12 m.
Für die Fläche A eines Rechtecks gilt:
$A = a \cdot b = 1{,}2\,\text{m} \cdot 0{,}75\,\text{m} = 0{,}9\,\text{m}^2$
$A_o = 1{,}3\,\text{m} \cdot 0{,}76\,\text{m} = 0{,}988\,\text{m}^2$
$A_u = 1{,}1\,\text{m} \cdot 0{,}74\,\text{m} = 0{,}814\,\text{m}^2$

Die Fläche des Rechtecks liegt aufgrund der Messunsicherheiten zwischen $0{,}814\,\text{m}^2$ und $0{,}988\,\text{m}^2$.

(S. 41) **A16** ○ Gegeben: $s = 1{,}75\,\text{m}$; $t = \frac{30\,\text{s}}{50} = 0{,}6\,\text{s}$.

Bei der Fallstrecke $s = 1{,}75\,\text{m}$ beträgt die Fallzeit $t = 0{,}6\,\text{s}$.

Mit $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ folgt $a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 1{,}75\,\text{m}}{(0{,}6)^2} = 9{,}72\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Die Fallbeschleunigung beträgt $a = 9{,}72\,\text{m/s}^2$. Der Wert ist etwas zu klein; das ist stimmig, da die Luftreibung vernachlässigt wurde.

A17 ◒ **a)** Freier Fall aus 10 m Höhe: $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2s}{g}} \approx \sqrt{\frac{2 \cdot 10\,\text{m}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1{,}43\,\text{s}$.

Eintauchgeschwindigkeit: $v = g \cdot t$; mit $t = 1{,}43\,\text{s}$ aus Teilaufgabe a) ergibt sich $v = 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

b) Analog: Fallzeit für 7 m Höhe (entspricht Zeitpunkt des Vorbeiflugs am Drei-Meter-Brett): $t = 1{,}19\,\text{s}$; d. h. Fallzeit von Max für die restlichen 3 m: $1{,}43\,\text{s} - 1{,}19\,\text{s} = 0{,}24\,\text{s}$

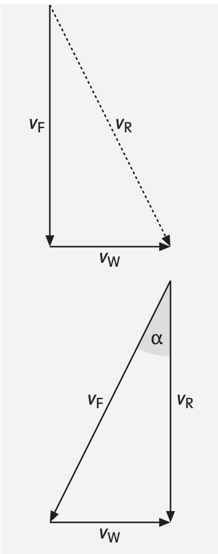
Fallzeit der Schwester für 3 m Höhe: $t = \sqrt{\frac{2 \cdot 3{,}0\,\text{m}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0{,}78\,\text{s}$.

Somit kommt Max etwa eine halbe Sekunde früher als seine Schwester im Wasser an.

A18 ○ Sei v_S die Geschwindigkeit des Schiffes und v_M die Geschwindigkeit des Maates, so muss gelten:

$\vec{v_S} = -|\vec{v_M}|$

Unter dieser Bedingung ist es möglich, dass der Maat der Frau über eine gewisse Zeit scheinbar gegenübersteht.



A19 ◒ Gegeben: $v_F = 0\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$; $t = 18\,\text{min} = 0{,}3\,\text{h}$; Ostabweichung 15 km.

a) Die obere Skizze in der Randspalte zeigt die Situation:

Die Geschwindigkeitskomponente, die durch den Wind verursacht wurde, ist:

$v_W = \frac{15\,\text{km}}{0{,}3\,\text{h}} = 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

Mit den gewählten Bezeichnungen erhält man

$v_R = \sqrt{v_F^2 + v_W^2} = \sqrt{(300^2 + 50^2)\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2} = 304\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

b) Die tatsächlich geflogene Strecke beträgt also $s = v_R \cdot t = 304\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 0{,}3\,\text{h} = 91{,}2\,\text{km}$.

c) Aus der unteren Skizze entnimmt man $\sin\alpha = \frac{v_W}{v_F} = \frac{50}{300} = 0{,}17$; $\alpha = 9{,}6°$ nach Westen.

A20 ◒ Der Beobachter sieht den Pfeil
a) sich über den Abschusspunkt hinaus Richtung Zugende bewegen,
b) an der Abschussstelle im freien Fall nach unten fallen,
c) sich von der Abschussstelle in Richtung Lokomotive bewegen mit einer geringeren Geschwindigkeit als der Zug.

A21 ○ Die Geschwindigkeit ist – wenn man von der Luftreibung absieht – gleich der Geschwindigkeit, die beim freien Fall aus der gegebenen Höhe erreicht werden würde:

$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$; $v = g \cdot t$; $s = \frac{v^2}{2g}$; $v = \sqrt{2s \cdot g}$; $v = 200\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

A22 ○ Für die Koordinaten der Bahnpunkte gilt:
Waagerechter Wurf:

$s_{x,i} = v_x \cdot i \cdot \Delta t; \; s_{y,i} = -\frac{1}{2} g \cdot (i \cdot \Delta t)^2 \quad (i = 0, 1, 2, 3, \ldots)$

(S. 42)

A23 ◒ Gegeben: $s_x = 1{,}1\,\mathrm{m}; \; h = 0{,}60\,\mathrm{m}$

a) Berechnung der Austrittsgeschwindigkeit v_x:

$$s_x = v_x \cdot t; \; h = \frac{1}{2} g \cdot t^2; \; h = \frac{g \cdot s_x^2}{2 v_x^2} \quad \Leftrightarrow \quad v_x^2 = \frac{g \cdot s_x^2}{2h} \quad \Rightarrow \quad v_x = s_x \cdot \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

$$v_x = 1{,}1\,\mathrm{m} \cdot \sqrt{\frac{9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}{2 \cdot 0{,}6\,\mathrm{m}}} = 3{,}15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Die Austrittsgeschwindigkeit beträgt $v_x = 3{,}15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

b) Berechnung der Auftreffgeschwindigkeit v:

$$t = \frac{s_x}{v_x} = \frac{1{,}1\,\mathrm{m}}{3{,}15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 0{,}35\,\mathrm{s}; \; v_y = g \cdot t; \; v_y = 3{,}43\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \; v = 4{,}66\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Für den Betrag der Auftreffgeschwindigkeit ergibt sich $v = 4{,}66\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

A24 ◒ Der Abstand s_x vom Plattformrand bis zum Beckenrand beträgt 15 m. Mit den Daten im Buch ergibt sich eine Fallzeit von einem 10-m-Turm von 1,4 s, in denen diese 15 m zurückgelegt werden müssen: $v_x = 15\,\mathrm{m}/1{,}4\,\mathrm{s} = 10{,}7\,\mathrm{m/s} = 38{,}5\,\mathrm{km/h}$. Dies ist die Geschwindigkeit, die ein Sprinter der Spitzenklasse aus der Ruhe heraus erst nach ca. 3,5 s (also nach rund 25 m) erreicht. Barfuß auf einer nur 5 m langen Plattform ist dies somit für einen Menschen absolut unmöglich.

A25 ● Da von der Luftreibung abgesehen werden soll, ist die Bewegung wie ein schiefer Wurf mit $\alpha = 25°$ und $v_0 = 22\,\mathrm{m/s}$ zu behandeln. Der höchste Punkt der Flugbahn wird bei der halben Wurfzeit erreicht.

$$s_y = (v_0 \cdot \sin\alpha) \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \text{ und } t_{W/2} = \frac{v_0 \cdot \sin\alpha}{g} \text{ liefern}$$

$$s_{y,\max} = \frac{(v_0 \cdot \sin\alpha)^2}{g} - \frac{1}{2} \frac{(v_0 \cdot \sin\alpha)^2}{g} = \frac{1}{2} \frac{(v_0 \cdot \sin\alpha)^2}{g} = 4{,}41\,\mathrm{m}$$

Die Wurfweite ergibt sich zu $s_x = v_x \cdot t_W = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot \frac{2 v_0 \cdot \sin\alpha}{g} = 37{,}8\,\mathrm{m}$

A26 ○ Der Minutenzeiger läuft in 60 min 360° bzw. 2π um. $\omega = 360°/(60 \cdot 60\,\mathrm{s}) = 0{,}1°/\mathrm{s}$ bzw. $0{,}0017\,\mathrm{s}^{-1}$. Der Stundenzeiger läuft die 360° (2π) in 12 Stunden = 43 200 s um. Hier gilt $\omega = 0{,}008\overline{3}\,°/\mathrm{s}$ bzw. $0{,}000145\,\mathrm{s}^{-1}$. Für die Turmuhr gilt dies genauso.

A27 ◒ Jeder Ort auf der Erde dreht sich mit der gleichen Umlaufdauer von $T = 24\,\mathrm{h}$. Deshalb beträgt die Winkelgeschwindigkeit überall

$$\omega = 2\pi \cdot \frac{1}{24\,\mathrm{h}} = 2\pi \cdot \frac{1}{86\,400\,\mathrm{s}} = 73 \cdot 10^{-6}\,\frac{1}{\mathrm{s}}$$

(S. 42) **a)** Am Äquator ist der Bahnradius der Erdradius $r = 6\,380\,\text{km}$. Die Bahngeschwindigkeit ist dort $v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{2\pi \cdot 6370\,\text{km}}{24\,\text{h}} = 1670\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

b) Für z. B. Hannover mit einer geografischen Breite von etwa 52,3° beträgt der Bahnradius $r = 6\,370\,\text{km} \cdot \cos(52{,}3°) = 3\,895\,\text{km}$. Für die Bahngeschwindigkeit ergibt sich dann $v = 2\pi \cdot \frac{3\,895\,\text{km}}{24\,\text{h}} = 1019{,}7\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

A28 Gegeben: $a = 9 \cdot 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 88{,}29\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $v = 2\,700\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 750\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

aus $a_z = \frac{v^2}{r}$ folgt für $r = \frac{v^2}{a_z} = \frac{(750\,\frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{88{,}29\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 6\,371\,\text{m}$.

Würde dieser Radius verkleinert, so würde die Zentripetalbeschleunigung über den angegebenen Wert steigen.

A29 Der mittlere Bahnradius der Mondbahn beträgt $r_{\text{Mond}} = 3{,}8 \cdot 10^8\,\text{m}$, die Umlaufdauer des Mondes beträgt $t_{\text{Mond}} = 2{,}36 \cdot 10^6\,\text{s}$.

Aus diesen Werten folgt für die Beschleunigung:

$a = \omega^2 \cdot r = 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot r = \frac{4\pi^2 \cdot 3{,}8 \cdot 10^8\,\text{m}}{(2{,}36 \cdot 10^6\,\text{s})^2} = 0{,}0027\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Der Mond erfährt auf seiner Bahn um die Erde eine Zentripetalbeschleunigung von $a = 0{,}0027\,\text{m/s}^2$.

A30 Gegeben: $a = 300 \cdot g = 2\,943\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $r = 0{,}1\,\text{m}$

Aus $a = \omega^2 \cdot r$ folgt $a = 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot r$ und $f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{a}{r}}$; $f = 27{,}3\,\frac{1}{\text{s}}$

A31 Für die Bahngeschwindigkeit eines Punktes auf dem Äquator gilt:

$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{4{,}01 \cdot 10^7\,\text{m}}{24 \cdot 3\,600\,\text{s}} = 464\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Die Beschleunigung ist dann $a = \frac{v^2}{r} = \frac{(464\,\frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{6{,}38 \cdot 10^6\,\text{m}} = 3{,}4 \cdot 10^{-2}\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Die Erde soll sich so schnell drehen, dass die Beschleunigung am Äquator den Betrag der Fallbeschleunigung hat. Aus $v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$ und $a = \frac{v^2}{r}$ folgt somit $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{r}{a}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{6{,}38 \cdot 10^6\,\text{m}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 5\,067\,\text{s}$

Ein Tag dauerte dann also $5\,067\,\text{s} = 1\,\text{h}\ 24\,\text{min}\ 27\,\text{s}$. Körper, die am Äquator relativ zum Erdboden ruhen, hätten dann „kein Gewicht“.

A32 **a)** Annahme: Der Mensch ist 1,8 m groß. Man setzt das Verhältnis $\frac{h}{1{,}8\,\text{m}} = \frac{70\,\text{cm}}{6\,\text{mm}}$ an. Damit ergibt sich h zu 210 m!

b) Wir rechnen umgekehrt und nehmen an, die Schaumzikade würde 70 cm frei herunterfallen und am Ende die gesuchte Geschwindigkeit haben. Mit $s(t) = \frac{1}{2} g \cdot t^2$ folgt die Fallzeit zu

$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = 0{,}38\,\text{s}$. Aus $v = g \cdot t$ folgt dann für $v = 3{,}71\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 13{,}34\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

c) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3{,}71\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}001\,\text{s}} = 3\,710\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 378 \cdot g$, also etwas weniger als die angegebene 400-fache Erdbeschleunigung.