Beschleunigte Bewegung

1. Ein Projektil wird in einem $s = 50\,\mathrm{cm}$ langen Gewehrlauf auf $v = 400\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ beschleunigt. Berechne die Beschleunigung a und die Zeitdauer t des Beschleunigungsvorgangs.

Lösung: $s = \frac{a}{2}t^2$ und $v = at \quad \Longrightarrow \quad s = \frac{a}{2} \cdot \frac{v^2}{a^2} = \frac{v^2}{2a} \quad \Longrightarrow \quad a = \frac{v^2}{2s} = 1{,}6 \cdot 10^5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

$t = \frac{v}{a} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{s}$

2. Ein Auto beschleunigt in $t = 10{,}8\,\mathrm{s}$ von $v_0 = 0$ auf $v = 100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Berechne die Beschleunigung a und die Beschleunigungsstrecke s.

Lösung: $a = \frac{v}{t} = \frac{100}{3{,}6 \cdot 10{,}8}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 2{,}57\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}, \qquad s = \frac{a}{2}t^2 = \frac{vt}{2} = 150\,\mathrm{m}$

3. Ein Zug beschleunigt mit $a = 0{,}10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ aus dem Stand auf $v = 72\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Wie lange dauert der Beschleunigungsvorgang und wie weit fährt der Zug dabei?

Lösung: $t = \frac{v}{a} = \frac{72}{3{,}6 \cdot 0{,}1}\,\mathrm{s} = 200\,\mathrm{s}, \qquad s = \frac{a}{2}t^2 = 2000\,\mathrm{m}$

4. Ein Auto fährt mit $v_0 = 100\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ dahin. Plötzlich taucht 125 m vor dem Wagen ein Reh auf. Nach einer Schrecksekunde bremst der Fahrer und erteilt somit seinem Auto die Beschleunigung $a = -4{,}00\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Gibt es einen Rehbraten oder nicht? Zeichne das tx-Diagramm.

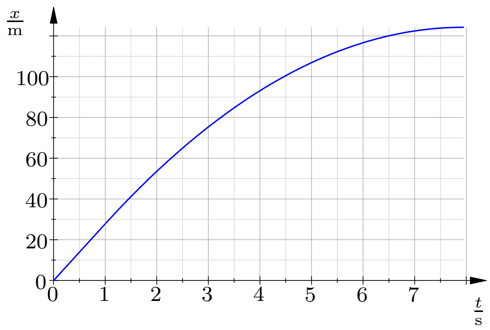
Lösung: Der Anhalteweg ist

$$s = v_0 \cdot 1\,\mathrm{s} + \frac{v_0^2}{2|a|} =$$

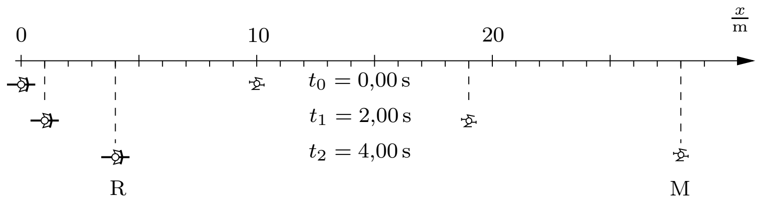
$$= \frac{100\,\mathrm{m}}{3{,}6\,\mathrm{s}} \cdot 1\mathrm{s} + \frac{100^2\,\mathrm{m}^2}{2 \cdot 3{,}6^2\,\mathrm{s}^2 \cdot 4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 124\,\mathrm{m}$$

Das Reh hat noch einmal Glück gehabt.

$$x(t) = \begin{cases} v_0 t & \text{für } t \leqq 1\,\mathrm{s} \\ v_0 t + \frac{a}{2}(t - 1\,\mathrm{s})^2 & \text{für } t > 1\,\mathrm{s} \end{cases}$$



5. Die Luftaufnahme einer Überwachungskamera zeigt einen Radfahrer (R) und einen Marathonläufer (M) zu drei verschiedenen Zeiten. Der Radfahrer startet zur Zeit $t_0 = 0$ mit der konstanten Beschleunigung a.



(a) Ermittle a und die Geschwindigkeit v_M des Läufers aus den Daten des Überwachungsfotos.

(b) Stelle die Funktionsgleichungen für die Geschwindigkeiten ($v_\mathrm{M}(t)$, $v_\mathrm{R}(t)$) und die Orte ($x_\mathrm{M}(t)$, $x_\mathrm{R}(t)$) der beiden Sportler auf.

(c) Wann (t_3) und wo (x_3) holt der Radfahrer den Läufer ein? Welche Geschwindigkeit hat der Radfahrer zu diesem Zeitpunkt?

(d) Genau zur Zeit t_3 beginnt der Radfahrer einen Bremsvorgang und erteilt sich und dem Fahrrad die Beschleunigung $a' = -1{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Wann ($t_4$) kommt der Radler zum Stillstand? Zeichne das tv-Diagramm des Radlers und berechne $x_\mathrm{R}(t_4)$ ($t = 10\,\mathrm{s} \mathrel{\widehat{=}} 5\,\mathrm{cm}$, $v = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \mathrel{\widehat{=}} 5\,\mathrm{cm}$).

(e) Stelle die Funktionsgleichung für den Ort $x_\mathrm{R}(t)$ des Radlers zwischen t_3 und t_4 auf und zeichne die Grafen der Funktionen $x_\mathrm{M}(t)$ und $x_\mathrm{R}(t)$ im Intervall $[0\,;\,30\,\mathrm{s}]$ in ein Diagramm ($t = 10\,\mathrm{s} \mathrel{\widehat{=}} 5\,\mathrm{cm}$, $x = 10\,\mathrm{m} \mathrel{\widehat{=}} 1\,\mathrm{cm}$). Wann ($t_5$) holt der Läufer den ruhenden Radler ein?

Lösung: (a) $\frac{a}{2}\cdot(2\,\mathrm{s})^2 = 1\,\mathrm{m} \quad\Longrightarrow\quad a = 0{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

$$v_\mathrm{M} = \frac{9\,\mathrm{m}}{2\,\mathrm{s}} = 4{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

(b) $v_\mathrm{M}(t) = 4{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}, \quad v_\mathrm{R}(t) = at$

$$x_\mathrm{M}(t) = 10\,\mathrm{m} + v_\mathrm{M}t, \quad x_\mathrm{R}(t) = \frac{a}{2}\,t^2$$

(c) $\frac{a}{2}\,t^2 = 10\,\mathrm{m} + v_\mathrm{M}t \quad \Big|\cdot\frac{2}{a}$

$$t^2 - 18\,\mathrm{s}\cdot t + (9\,\mathrm{s})^2 = 40\,\mathrm{s}^2 + 81\,\mathrm{s}^2$$

$$t = t_3 = 9\,\mathrm{s} \overset{+}{\underset{(-)}{}} 11\,\mathrm{s} = 20\,\mathrm{s}$$

$$x_3 = 10\,\mathrm{m} + 90\,\mathrm{m} = 100\,\mathrm{m}$$

$$v_3 = v_\mathrm{R}(t_3) = at_3 = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

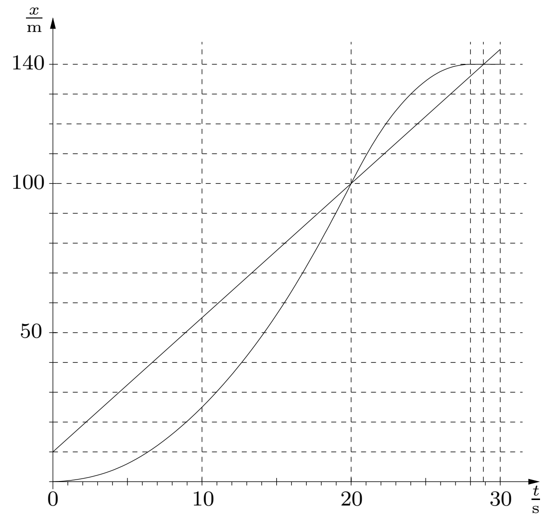
(d) $\Delta t = \frac{10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{|a'|} = 8\,\mathrm{s}, \quad t_4 = 28\,\mathrm{s}$

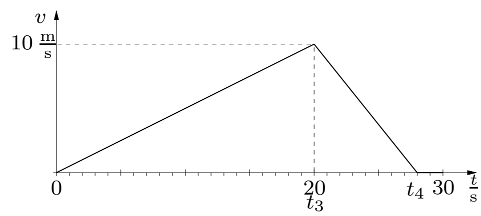
$$x_\mathrm{R}(t_4) = x_3 + \frac{1}{2}v_3\Delta t = 140\,\mathrm{m}$$

(e) $x_\mathrm{R}(t) = x_3 + v_3(t - t_3) + \frac{a'}{2}(t - t_3)^2$

$$x_\mathrm{R}(t) = -350\,\mathrm{m} + 35\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot t - 0{,}625\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot t^2$$

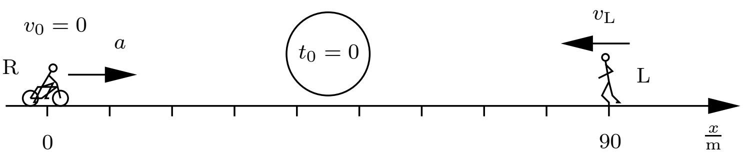
t in s	5	10	24	26
x_R in m	6,25	25	130	137,5





$x_\mathrm{L}(t_5) = 140\,\mathrm{m} \quad\Longrightarrow\quad t_5 = 28{,}89\,\mathrm{s}$

6. Ein Radfahrer startet zur Zeit $t_0 = 0$ am Ort $x_{\mathrm{R}0} = 0$ mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_{\mathrm{R}0} = 0$ und mit der konstanten Beschleunigung $a = 2{,}50\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Ein Läufer (L), der sich zur Zeit t_0 am Ort $x_{\mathrm{L}0} = 90{,}0\,\mathrm{m}$ befindet, bewegt sich mit der konstanten Geschwindigkeit $v_{\mathrm{L}} = -7{,}50\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.



(a) Stelle die Funktionsgleichungen für die Orte ($x_{\mathrm{L}}(t)$ und $x_{\mathrm{R}}(t)$) der beiden Sportler auf und berechne die Zeit t_1 und die Ortskoordinate x_1 ihres Treffpunkts. Welche Geschwindigkeit v_1 hat der Radfahrer zu diesem Zeitpunkt?

(b) Zur Zeit t_2 erreicht der Radfahrer die Geschwindigkeit $v_2 = 20{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ und beginnt einen Bremsvorgang mit der konstanten Beschleunigung $a' = -5{,}00\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Berechne $x_{\mathrm{R}}(4\,\mathrm{s})$ und $x_{\mathrm{R}}(10\,\mathrm{s})$ und zeichne das tx-Diagramm der beiden Sportler im Intervall $[0; t_3]$ ($t = 1\,\mathrm{s} \,\widehat{=}\, 1\,\mathrm{cm}$, $x = 10\,\mathrm{m} \,\widehat{=}\, 1\,\mathrm{cm}$).

Lösung: (a) $x_{\mathrm{L}}(t) = 90\,\mathrm{m} + v_{\mathrm{L}}t, \quad x_{\mathrm{R}}(t) = \frac{a}{2}\,t^2$

$$\frac{a}{2}\,t^2 = 90\,\mathrm{m} + v_{\mathrm{L}}t \quad \Big| \cdot \frac{2}{a}$$

$$t^2 + 6\,\mathrm{s}\cdot t + (3\,\mathrm{s})^2 = 72\,\mathrm{s}^2 + 9\,\mathrm{s}^2$$

$$t = t_1 = -3\,\mathrm{s} \,{}^{+}_{(-)}\, 9\,\mathrm{s} = 6{,}00\,\mathrm{s}$$

$$x_1 = 90\,\mathrm{m} - 45\,\mathrm{m} = 45{,}0\,\mathrm{m}$$

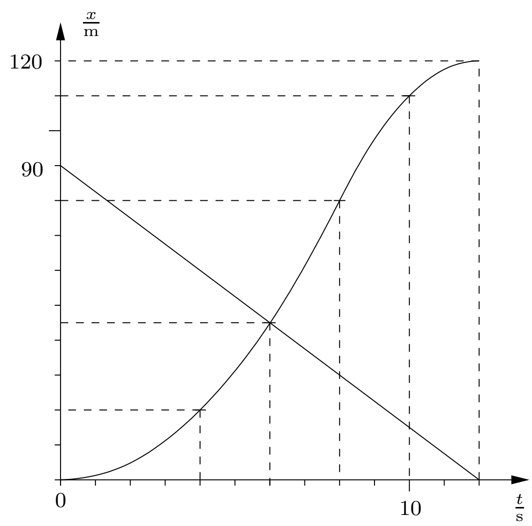
$$v_1 = at_1 = 15{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

(b) $t_2 = \dfrac{v_2}{a} = 8{,}00\,\mathrm{s}$, $\Delta t = \dfrac{v_2}{|a'|} = 4{,}00\,\mathrm{s}$

$$x_2 = x_{\mathrm{R}}(t_2) = \tfrac{a}{2}t_2^2 = 80\,\mathrm{m}$$

$$t_3 = t_2 + \Delta t = 12{,}0\mathrm{s}$$

$x_{\mathrm{R}}(4\,\mathrm{s}) = 20\,\mathrm{m}$. Für $t > t_2$ gilt:



$$x_{\mathrm{R}}(t) = x_2 + v_2(t - t_2) + \frac{a'}{2}(t - t_2)^2 = 80\,\mathrm{m} + 20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot(t - 8\,\mathrm{s}) - 2{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}(t - 8\,\mathrm{s})^2 =$$
$$= -2{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot t^2 + 60\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot t - 240\,\mathrm{m}$$

$$x_{\mathrm{R}}(10\,\mathrm{s}) = (80 + 40 - 10)\,\mathrm{m} = 110\,\mathrm{m}, \quad x_{\mathrm{R}}(12\,\mathrm{s}) = (80 + 80 - 40)\,\mathrm{m} = 120\,\mathrm{m}$$

7. Aus einem Zeitungsartikel:

,,Die schnellste und höchste Achterbahn der Welt soll ab dem kommenden Frühjahr auf halber Strecke zwischen New York und Philadelphia für Nervenkitzel sorgen. Die

Wagen werden aus dem Stand in 3,5 Sekunden auf 206 km/h beschleunigt, kündigte ein Sprecher des Vergnügungsparks ,,Six Flags" im US-Bundesstaat New Jersey an. Der höchste Punkt der Berg– und Talstrecke mit 270–Grad–Spiralen werde 139 Meter über dem Boden liegen."

Berechne die Beschleunigung der Wagen beim Start in Vielfachen der Fallbeschleunigung $g = 9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Lösung: 1,7

8. In einem James-Bond-Film wird eine Fallschirm-Szene sehr dramatisch dargestellt. Beurteile, ob die Darstellung realistisch ist.

   (a) Ein Flugzeug, in dem sich James Bond und ein Bösewicht befinden, droht abzustürzen. Der Bösewicht springt mit dem einzigen Fallschirm aus dem Flugzeug. James Bond springt hinterher und holt ihn im freien Fall ein. Was sagst du dazu?

   (b) Beide nehmen stabile Freifallhaltungen ein, bewegen sich aufeinander zu, kämpfen in der Luft.

   (c) In einem Luftkampf entreißt James Bond dem Bösewicht den Fallschirm und zieht die Reißleine. Der Bösewicht schafft es, sich noch einem Moment an Bonds Bein festzuhalten, doch Bond kann ihn abschütteln.

   (d) Dann zieht es Bond am Fallschirm nach oben, während der Bösewicht in die Tiefe fällt.

   (e) Die gesamte Szene dauert etwa 2 Minuten.

   Quelle: Sinus-Transfer

Lösung:
(a) Es ist möglich, einer Person hinterherzuspringen und sie im freien Fall einzuholen. Man braucht aber hohe Athletik oder eine gute Ausbildung, um den freien Fall derart als Skysurfing zu steuern.

(b) Eine saubere und stabile Freifallhaltung kann man in der Regel nicht ohne umfangreiches Training erlangen. Kämpfe in der Luft, Freifallformationen und zielgerichtetes Skysurfing sind ohne Training nicht möglich.

(c) Wird der Schirm geöffnet, so tritt eine Bremsbeschleunigung in Höhe von durchschnittlich $20\frac{m}{s^2}$ auf, was fast dem Dreifachen bei einer Vollbremsung im Auto entspricht. Bereits im Auto kann man nur durch einen Sicherheitsgurt gehalten werden. Deshalb ist ein Festhalten mit reiner Muskelkraft unmöglich.

(d) Ein Fallschirmspringer wird durch das Öffnen des Schirms nicht wieder nach oben gezogen. In der Filmaufnahme entsteht der Eindruck dadurch, dass der gefilmte Springer (James Bond) stark abgebremst wird, während der Kameramann mit gleich bleibender Geschwindigkeit $v = 200\frac{km}{h}$ weiter fällt.

(e) Bei einem Sprung aus $4.000m$ Höhe dauert der freie Fall etwas mehr als 60 Sekunden. Die Filmsezene ist somit aus Aufnahmen mehrerer Sprünge zusammengeschnitten worden. Ein mehrminütiger Fall wäre nur aus einer derart großen Absprunghöhe möglich, dass die Springer einen aufwendigen Kälteschutz und eine Sauerstoffversorgung benötigten.

9. **Beschleunigungsmesser im Postkartenformat**

Sie können ein “Postkartengoniometer” als Beschleunigungsmesser verwenden: Auf einer Postkarte markiert man eine Vertikale und davon ausgehend eine Winkelskala. Man wählt eine feste Ausrichtung bezüglich des Fahrzeugs oder Flugzeugs in dem man sich befinden (z. B. durch Anlegen an der Armlehne). Zunächst bestimmt man mit einem Testpendel (z. B. Schlüssel an Faden) die Richtung des Lotes auf der Postkarte im Stand, dann liest man in einem Moment besonders starker Beschleunigung (z. B. Start oder Bremsen) die Richtung des Testpendels ab und bestimmt den Winkel α gegenüber der Lotrichtung.

(a) Zeige: Die gesuchte Beschleunigung a ist gegeben durch $a = g \cdot \tan\alpha$ (g: Erdbeschleunigung)

(b) Berechne a für $\alpha = 10°$. Gib das Ergebnis in Stundenkilometer/Sekunde an. Schätzen einen Fehler für die Messung ab.

(c) Stelle eine Tabelle und eine Grafik für Beschleunigung (a in $\frac{km}{hs}$) gegen Winkel (α in Grad) im Bereich von 0° bis 25° auf. Warum stimmt die erhaltene Kurve so gut mit einer Geraden überein?

(d) Die Abhebgeschwindigkeit eines Verkehrsflugzeugs beträgt ca. 300 $\frac{km}{h}$. Benutze das Ergebnis aus (b) um die Abhebezeit und Länge einer Startbahn zu schätzen.

Quelle: Prof. Dr. Müller, Zentrum für Lehrerbildung, Campus Landau

Lösung: (a) Die Beschleunigungen g senkrecht zur Erdoberfläche und a parallel zur Erdoberfläche werden vektoriell zur Gesamtbeschleunigung addiert. In dem entstehenden rechtwinkligen Dreieck gilt $\tan\alpha = \frac{a}{g}$. Hieraus folgt die Behauptung.

(b) $a \approx 1,7\frac{m}{s^2}$ bzw. $a \approx 6,2\frac{km}{hs}$. Der Ablesefehler beim Goniometer kann auf ±30% (±3°) geschätzt werden, der des resultierenden Beschleunigungswertes dann ebenso.

(c) Für kleine Winkel gilt: $\tan\alpha \approx \alpha$.

α in °	0	5	10	15	20	25
a in $\frac{km}{hs}$	0	3,09	6,23	9,46	12,85	16,47

(d) Es gilt $t = \frac{v}{a} \approx 300\frac{km}{h}/6\frac{km}{hs} = 50s$ (in Übereinstimmung mit der Beobachtung). Die Startbahn muß mindestens so lang sein wie die Strecke $s = \frac{1}{2}a \cdot t^2$ die das Flugzeug in dieser Zeit zurücklegt. Mit den erhaltenen Werten gilt $s = \frac{1}{2} \cdot 1,7\frac{m}{s^2} \cdot (50s)^2 \approx 2000m$. Aus Sicherheitsgründen (insbesondere für Startabbruch und Notbremsung) sind wirkliche Startbahnen länger (z. B. Frankfurt a.M.: 3600m).

10. Ein Auto der Masse $1,2\,t$ beschleunigt am Ortsende in $5s$ von $12\frac{m}{s}$ auf $22\frac{m}{s}$.

(a) Beschreibe was man in der Physik unter Beschleunigung versteht.

(b) Gib die Anfangsgeschwindigkeiten in km/h an.

(c) Wie groß ist die Beschleunigung des Autos?

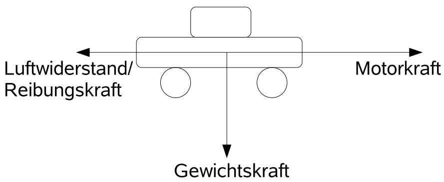
(d) Stelle in einer Skizze dar, welche Kräfte auf das Auto wirken.

Lösung: (a) Die Beschleunigung ist ein Maß dafür, wie sich die Geschwindigkeit im Laufe der Zeit ändert; Beschleunigung ist die Änderung der Geschwindigkeit dividiert durch die zugehörige Zeit

(b) $43\frac{km}{h}$, $79\frac{km}{h}$

(c) $a = \frac{22\frac{m}{s} - 12\frac{m}{s}}{5s} = 2\frac{m}{s^2}$

(d) .

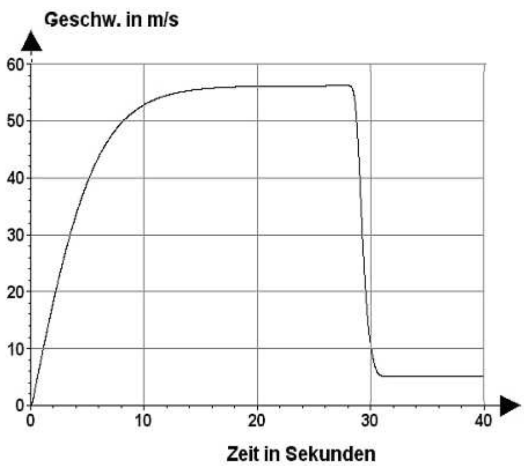


11. Ein Fallschirmspringer springt aus einem Flugzeug.

(a) Welche Beschleunigung erfährt der Fallschirmspringer zum Zeitpunkt $t_1 = 0s$?

(b) Welche Geschwindigkeit würde der Fallschirmspringer nach 5s erreichen, wenn er in den ersten 5 Sekunden ohne Luftwiderstand fallen wüde?

Der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit ist in folgendem Diagramm dargestellt:



(c) Welche Kräfte wirken in den Zeitabschnitten 0s bis 15s, 20s bis 25s und 28s bis 31s?

Lösung: (a) Es wirkt die Gewichtskraft, also $g = 9,81\frac{m}{s^2}$

(b) $v = 49\frac{m}{s} = 177\frac{km}{h}$

(c) 0s bis 15s: Es wirken Gewichtskraft und Luftwiderstand. Der Luftwiderstand ist kleiner als die Gewichtskraft und nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit zu. Damit nimmt die Gesamtkraft (d. h. auch die Beschleunigung) und damit die Steigung der Kurve im t-v-Diagramm ab.
20s bis 25s: konstante Geschwindigkeit, d. h. Gesamtkraft ist Null, d. h. Luftwiderstand ist genausogroß wie Gewichtskraft.
18s bis 31s: Geschwindigkeit nimmt deutlich ab, d. h. Luftwiderstandskraft muss deutlich erhöht werden: Fallschirms wird geöffnet.

12. Beim Start eines Space Shuttle im Raumfahrtzentrum Cape Canaveral wirkt auf die Raumfähre der Masse $2055t$ von den Triebwerken eine Kraft von $32600kN$.

(a) Welche Gewichtskraft wirkt auf die Raumfähre?

(b) Welche Beschleunigung erfährt die Raumfähre beim Start?

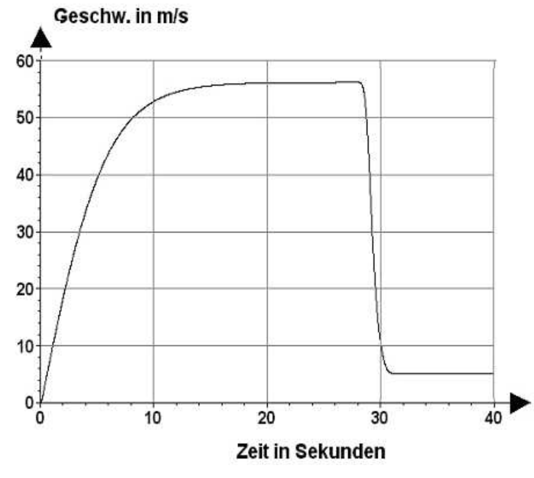
(c) Welche Geschwindigkeit erreicht die Raumfähre nach $10s$ in $\frac{km}{h}$?

Lösung: (a) $G = mg = 2055000kg \cdot 9,81\frac{m}{s^2} = 201595500N = 20\,160kN$

(b) $F_{ges} = F - G = 32\,600kN - 20\,160kN = 12\,440kN$
$a = \frac{F_{ges}}{m} = \frac{12\,440\,000N}{2055\,000kg} = 6,1\frac{m}{s^2}$

(c) $v = at = 6,1\frac{m}{s^2} \cdot 10s = 61\frac{m}{s} = 219\frac{km}{h}$

13. Ein Fallschirmspringer springt aus einem Flugzeug. Der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit ist in folgendem Diagramm dargestellt:



(a) Nach 28s wird der Fallschirm geöffnet. Wie stark bremst er durchschnittlich ab?

(b) Vergleiche die Bremsbeschleunigung des Fallschirms mit der eines PKW, der auf trockener Fahrbahn 4,1 s braucht, um von 110 km/h zum Stehen zu kommen.

(c) In einer Höhe von $800m$ über dem Boden ist der Fallschirm geöffnet und sinkt mit konstanter Geschwindigkeit.

i. In welcher Höhe befindet sich der Fallschirm weitere $20s$ später?

ii. Nach wie viel Sekunden ist der Fallschirm in eine Höhe von $100m$ über dem Boden?

iii. Nach wie viel Sekunden erreicht der Fallschirm den Boden?

Quelle: http://www.standardsicherung.nrw.de/materialdatenbank/

Lösung: (a) $a = \frac{-46\frac{m}{s}}{2s} = -23\frac{m}{s^2} = -2,3 \cdot g$

(b) $a = -7,4\frac{m}{s^2} = -0,76 \cdot g$

(c) i. $h(20s) = 800m - 5\frac{m}{s} \cdot 20s = 700m$

ii. $h(t) = 800m - 5\frac{m}{s} \cdot t = 100m \Rightarrow 140s$

iii. $t = 160s$

14. In einem James-Bond-Film wird eine Fallschirm-Szene sehr dramatisch dargestellt. Beurteile, ob die Darstellung realistisch ist.

(a) Ein Flugzeug, in dem sich James Bond und ein Bösewicht befinden, droht abzustürzen. Der Bösewicht springt mit dem einzigen Fallschirm aus dem Flugzeug. James Bond springt hinterher und holt ihn im freien Fall ein.

(b) Beide nehmen stabile Freifallhaltungen ein, bewegen sich aufeinander zu, kämpfen in der Luft.

(c) In einem Luftkampf entreißt James Bond dem Bösewicht den Fallschirm und zieht die Reißleine. Der Bösewicht schafft es, sich noch einem Moment an Bonds Bein festzuhalten, doch Bond kann ihn abschütteln.

(d) Dann zieht es Bond am Fallschirm nach oben, während der Bösewicht in die Tiefe fällt.

(e) Die gesamte Szene dauert etwa 2 Minuten.

Quelle: http://www.standardsicherung.nrw.de/materialdatenbank/

Lösung: (a) Es ist möglich, einer Person hinterherzuspringen und sie im freien Fall einzuholen. Eine größere Beschleunigung erhält man, z. B. durch einen deutlich geringeren Luftwiderstand. Man braucht aber hohe Athletik oder eine gute Ausbildung, um den freien Fall derart als Skysurfing zu steuern.

(b) Eine saubere und stabile Freifallhaltung kann man in der Regel nicht ohne umfangreiches Training erlangen. Kämpfe in der Luft, Freifallformationen und zielgerichtetes Skysurfing sind ohne Training nicht möglich.

(c) Wird der Schirm geöffnet, so tritt eine Bremsbeschleunigung in Höhe von durchschnittlich $20\frac{m}{s^2}$ auf, was fast dem Dreifachen bei einer Vollbremsung im Auto entspricht. Bereits im Auto kann man nur durch einen Sicherheitsgurt gehalten werden. Deshalb ist ein Festhalten mit reiner Muskelkraft schlichtweg unmöglich.

(d) Ein Fallschirmspringer wird durch das Öffnen des Schirms nicht wieder nach oben gezogen. In der Filmaufnahme entsteht der Eindruck dadurch, dass der gefilmte Springer (James Bond) stark abgebremst wird, während der Kameramann mit gleich bleibender Geschwindigkeit $v = 200\frac{km}{h}$ weiter fällt.

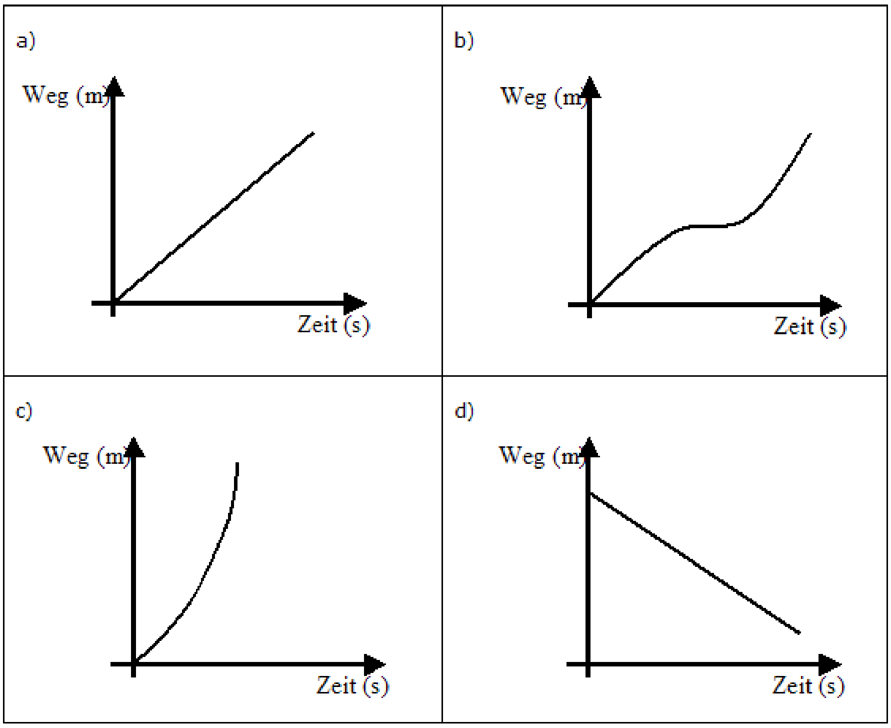
(e) Bei einem Sprung aus 4.000 m Höhe dauert der freie Fall etwas mehr als 60 Sekunden. Die Filmsezene ist somit aus Aufnahmen mehrerer Sprünge zusammengeschnitten worden. Ein mehrminütiger Fall wäre nur aus einer derart großen Absprunghöhe möglich, dass die Springer einen aufwendigen Kälteschutz und eine Sauerstoffversorgung benötigten.

15. Ein Motorradfahrer steht wegen eines kurzen aber kräftigen Regenschauers unter einer Autobahnbrücke. Nach Beendigung des Schauers startet der Motorradfahrer seine Maschine und bereitet sich vor loszufahren. Ein letzter Blick über die Schulter und der Motorradfahrer gibt Vollgas. Er beschleunigt mit $a = 4\frac{m}{s^2}$. Im Moment seines Anfahrens fährt ein LKW mit einer konstanten Geschwindigkeit $v = 72\frac{km}{h}$ an ihm vorbei.

   (a) Beschreibe die Situation aus der Sicht des LKW-Fahrers.

   (b) Beschreibe die Situation aus der Sicht des Motorradfahrers.

   (c) Ordne die passenden Grafen den Bewegungen des LKW- und Motorradfahrers zu.



(d) Zeichne mit Hilfe einer Wertetabelle ein Weg-Zeit-Diagramm von der Begegnung unter der Brücke bis zum Augenblick des Überholens. Ermittle den Zeitpunkt, wann der Motorradfahrer den LKW überholt. Gib auch an, welchen Weg der Motorradfahrer bis zu diesem Augenblick zurückgelegt hat. Folgende angefangene Tabelle und das Informationsblatt können dir dabei behilflich sein.

	Motorradfahrer	LKW
Zeit in s	Zurückgelegter Weg in m	Zurückgelegter Weg in m
0	...	...
1	2	20
2	8	40
3	...	...
...	...	...

(e) Versuche einem mathematischen Term aufzustellen, mit dem du für beliebige Geschwindigkeiten sowie Beschleunigungen den Zeitpunkt des Überholens berechnen kannst.

Quelle: http://www.standardsicherung.nrw.de/materialdatenbank/

Lösung: (a) Z.B. unter der Autobahnbrücke fährt er am Motarradfahrer vorbei, der ihn später wieder überholt

(b) Z.B. der LKW fährt beim Start an ihm vorbei und wird später wieder von ihm überholt

(c) gleichförmige Bewegung des LKW entspricht Abb. (a)
beschleunigte Bewegung des Motorradfahrers entspricht Abb. (c)

(d)

(e) $v \cdot t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow t = \frac{2v}{a}$, hier: $t = 10s$

16. Der Saab 95 2.0 mit 110 kW hat laut Hersteller eine sogenante Elastizität für 80–120 km/h von 15,8 s. Berechne die zugehörige Beschleunigung in der Einheit $1\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Lösung: $a = \frac{120\,\text{km/h} - 80\,\text{km/h}}{15{,}8\,\text{s}} = 0{,}70\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

17. Eine S–Bahn hat eine Beschleunigung von $a = 0{,}25\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Welche Geschwindigkeit erreicht die S–Bahn, wenn sie aus dem Stand heraus 2,0 Minuten mit dieser Beschleunigung fährt?

Lösung: $v = a\,t = 0{,}25\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 120\,\text{s} = 30\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 108\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

18. Ein Großraumflugzeug braucht zum Abheben etwa eine Geschwindigkeit von $300\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Wie lange dauert der Startvorgang, wenn das Flugzeug eine konstante Beschleunigung von $1{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ hat?

Lösung: 46 s

19. Der BMW 645 Ci beschleunigt laut Hersteller in 6,1 s von 0 auf 100 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Wie lange dauert es bis das Fahrzeug seine Höchstgeschwindigkeit von 240 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ erreicht, wenn wir unterstellen, dass diese Beschleunigung auch für größere Geschwindigkeiten als 100 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ Gültigkeit hat. Wieso ist die Annahme der konstanten Beschleunigung bis zur Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs falsch?

Lösung: $2{,}4 \cdot 6{,}1\,\text{s} = 15\,\text{s}$; wegen der Rollreibung und dem mit der Geschwindigkeit zunehmenden Luftwiderstand nimmt die Beschleunigung (bei maximaler und somit konstanter Leistung) stetig ab. Nach Erreichen der Höchstgeschwindigkeit ist sie sogar 0.

20. Für die Fahrt einer U–Bahn zwischen zwei Haltestellen ergaben sich folgende Meßwerte:

t in s	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
v in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$	0	6	12	18	24	24	18	12	6	0

Die U–Bahn fährt aus Gründen des Fahrkomforts stets mit konstanter Beschleunigung (dies ist eine idealisierte Annahme).

(a) Zeichne das zur Bewegung gehörige v–t– und das a–t–Diagramm.

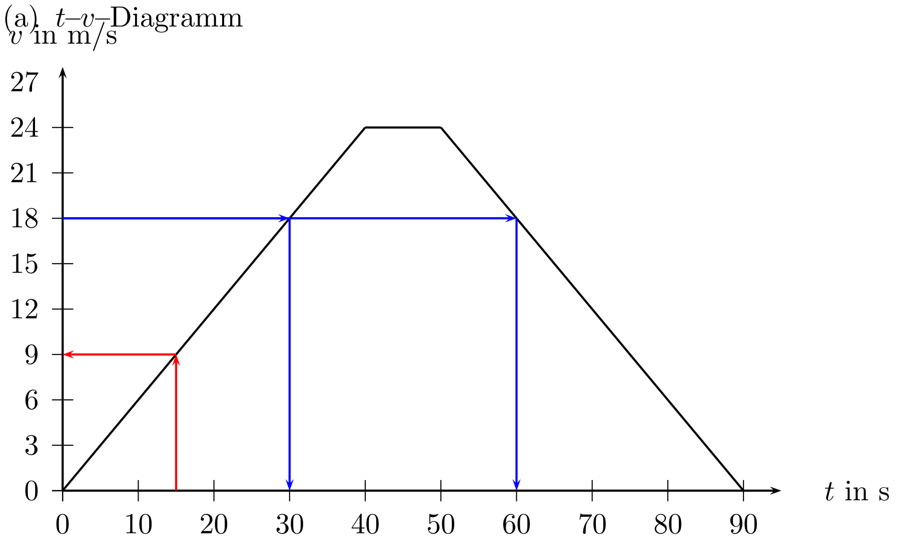
(b) Ermittle grafisch und rechnerisch welche Geschwindigkeit die U–Bahn zur Zeit 15 s hat.

(c) Zu welchen Zeitpunkten beträgt die Geschwindigkeit der U–Bahn 64,8 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$?

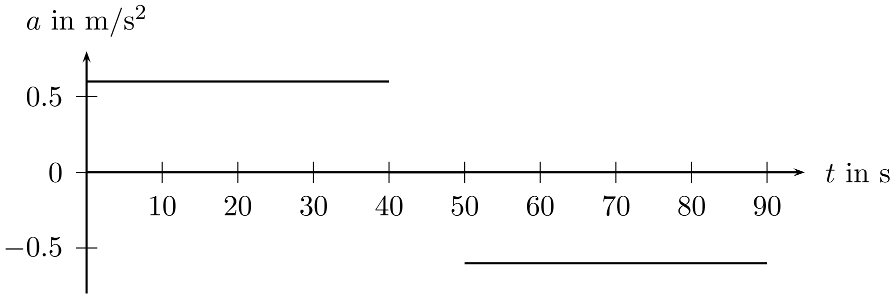
(d) Welche durchschnittliche Geschwindigkeit hat die U–Bahn während der Zeitdauer von 0 bis 40 s?

(e) Wie weit sind die beiden Haltestellen voneinander entfernt?

Lösung: (a) t–v–Diagramm



t–a–Diagramm



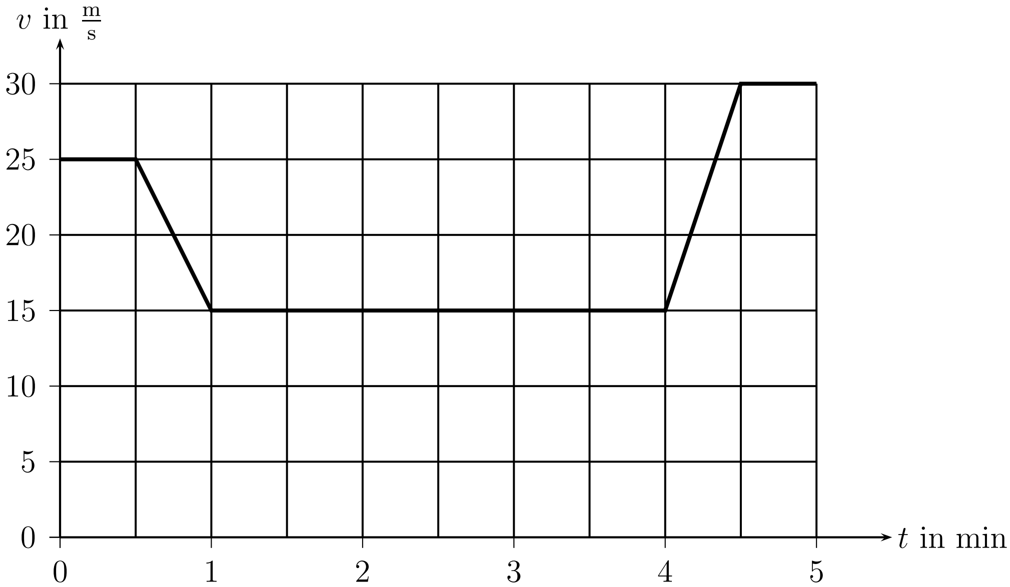
(b) $9\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

(c) $64{,}8\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 18\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $t_1 = \frac{v}{a} = 30\,\text{s}$, $t_2 = 60\,\text{s}$

(d) $12\,\text{m/s}$

(e) $2 \cdot 12\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 40\,\text{s} + 24\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10\,\text{s} = 1{,}2\,\text{km}$

21. Für die Durchfahrt eines PKW's durch eine geschlossene Ortschaft ist folgendes t–v–Diagramm gegeben:



Dabei erreicht der PKW den Ortseingang zur Zeit 1,0 min und ist zur Zeit 4,0 min am Ortsausgang.

(a) Hält der Fahrer die innerorts vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit von $50\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ein? (Begründung durch Rechnung).

(b) Mit welcher (negativen) Beschleunigung fährt das Auto in den Ort und mit welcher Beschleunigung verlässt das Auto den Ort?

(c) Welchen Weg legt das Fahrzeug innerorts zurück und wie weit fährt es während der gesamten 5 Minuten?

Lösung: (a) $15\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3{,}6 = 54\,\frac{\text{km}}{\text{h}} > 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

(b) $-0{,}33\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, $0{,}50\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

(c) 2,7 km; 5,6 km

22. Vervollständige die folgende Tabelle unter Verwendung eines Tabellenkalkulationsprogramms.

Zeit t in s	Weg x in m	Geschwindigkeit v in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$	Beschleunigung a in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$
0	0		
1,50	0,680		
3,00	2,71		
4,50	6,12		
6,00	10,9		
7,50	17,0		
9,00	24,4		
10,5	33,1		
12,0	43,1		
13,5	54,4		
15,0	67,1		

Stelle die Daten auch in einem t–x–, einem t–v– und einem t–a–Diagramm dar.

Lösung:

Zeit t in s	Weg x in m	Geschwindigkeit v in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$	Beschleunigung a in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$
0	0		
1,50	0,680	0,453	
3,00	2,71	1,35	0,600
4,50	6,12	2,27	0,613
6,00	10,9	3,19	0,609
7,50	17,0	4,07	0,587
9,00	24,4	4,93	0,578
10,5	33,1	5,80	0,578
12,0	43,1	6,67	0,578
13,5	54,4	7,53	0,578
15,0	67,1	8,37	0,622

23. Ein PKW beginnt einen Überholvorgang bei einer Geschwindigkeit von $72\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. An Ende des Vorgangs hat er eine Geschwindigkeit von $108\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Der Überholvorgang dauert 16 s und die Beschleunigung sei als konstant angenommen.

    (a) Berechne die Beschleunigung.

    (b) Zeichne die zum Überholvorgang gehörige Ortskurve in ein t–x–Diagramm.

    (c) Kennzeichne den während des Überholvorgangs vom PKW zurückgelegten Weg im t–x–Diagramm und berechne diesen.

    (d) Gib allgemein einen Term für die Berechnung des während einer Bewegung mit konstanter Beschleunigung zurückgelegten Wegs bei einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 an.

Lösung: