

Musterprüfung:

- Themen:
- A. Fehlerrechnung mit dem Einsetzungsverfahren
 - B. Skalierung
 - C. Geschwindigkeit und Beschleunigung
 - D. Reibungsgesetze, Trägheitskraft
 - E. Beschleunigende Kraft und Trägheitskraft
 - F. Das Prinzip von d'Alembert
 - G. Der lineare Impuls, Kraftstoss.

A.1) Berechne das Volumen eines Quaders mit den Abmessungen $L = (114 \pm 3) \text{ mm}$, $B = (92 \pm 2) \text{ mm}$ und $H = (53 \pm 1.5) \text{ mm}$. Bestimme Fehlergrenzen für das berechnete Volumen.

A.2) Berechne das Volumen eines Kegelstumpfs mit $D = (89 \pm 2) \text{ mm}$, $d = (60 \pm 1) \text{ mm}$ und $h = (54 \pm 1.5) \text{ mm}$. Bestimme Fehlergrenzen für das berechnete Volumen.

B.1) Wie ändert sich
 a) die Oberfläche
 b) das Volumen
 einer Kugel, wenn man ihren Durchmesser um 10% vergrössert?

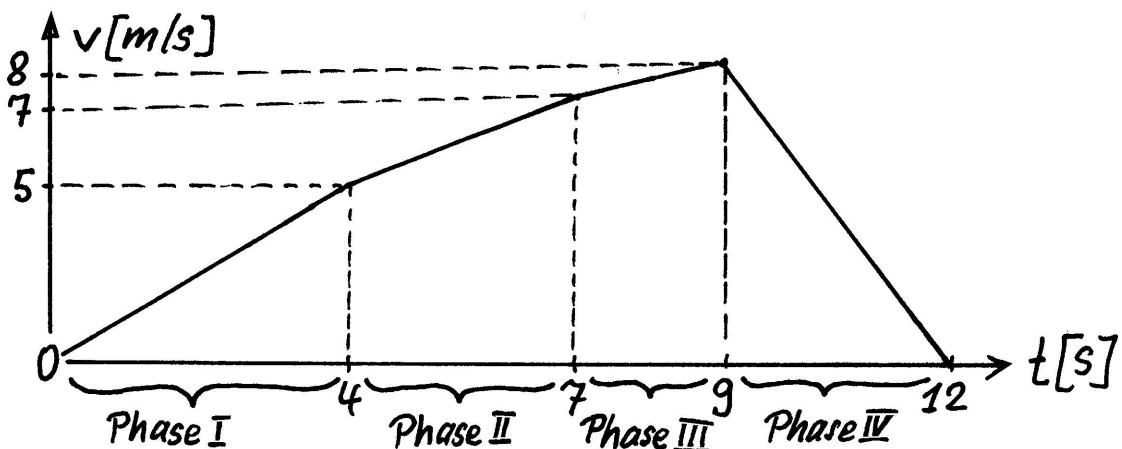
B.2) Für die Fallzeit bei einem freien Fall aus der Höhe h gilt $T = \sqrt{2h/g}$. Um welchen Faktor ist die Fallzeit (bei gleicher Fallhöhe) auf dem Mond grösser, wenn die Fallbeschleunigung dort sechs Mal kleiner ist als auf der Erde.

B.3) Gemäss drittem Keplerschen Gesetz gilt für zwei Planeten E und N folgendes:

$$\frac{T_E^2}{a_E^3} = \frac{T_N^2}{a_N^3}$$

Dabei ist T die Umlaufzeit und a ist der Bahnradius. Der Bahnradius des Neptun ist 30 Mal so gross wie derjenige der Erde. Wie viele Erdenjahre dauert ein Neptunjahr?

- C.1) Welche mittlere Geschwindigkeit hat ein Fahrzeug, wenn es
- während 10 min mit 50 km/h und danach während 45 min mit 120 km/h fährt?
 - 3 km mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h und danach 15 km mit einer Geschwindigkeit von 120 km/h zurücklegt?
- C.2) Wenn ein Fahrzeug in 7 s vom Stillstand bis zu einer Geschwindigkeit von 100 km/h beschleunigt, wie gross ist dann seine mittlere Beschleunigung? Berechne auch die beim Beschleunigen zurückgelegte Wegstrecke, wenn man annimmt, dass die Beschleunigung konstant ist.
- C.3) Ein Körper bewegt sich wie in untenstehendem v - t -Diagramm gezeigt



Der Bewegungsablauf ist in vier Phasen eingeteilt wie folgt:

Phase	Zeitintervall	Geschwindigkeit
I	$0 \leq t < 4\text{s}$	$0 \leq v \leq 5\text{m/s}$
II	$4\text{s} \leq t \leq 7\text{s}$	$5\text{m/s} \leq v \leq 7\text{m/s}$
III	$7\text{s} < t < 9\text{s}$	$7\text{m/s} \leq v \leq 8\text{m/s}$
IV	$9\text{s} \leq t \leq 12\text{s}$	$8\text{m/s} > v > 0$

Berechne für jede Bewegungsphase die Beschleunigung, die mittlere Geschwindigkeit und den zurückgelegten Weg.

Phase	$a[\text{m/s}^2]$	$\bar{v}[\text{m/s}]$	$\Delta s[\text{m}]$
I			
II			
III			
IV			

Wie gross ist die Gesamtstrecke?

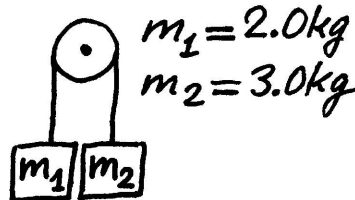
D.1) Wie gross ist die Gleitreibungskraft eines 2.3kg schweren Körpers beim Gleiten auf einer horizontalen Fläche, wenn $\mu_g = 0.17$? Mit welcher Verzögerung wird der Körper beim Gleiten abgebremst?

D.2) Ein Körper liegt auf einer horizontalen Fläche. Es gilt $\mu_H = 0.26$ und $\mu_G = 0.15$. Auf den Körper mit einer Masse von 3.8kg wirkt eine seitliche Kraft, die 2.0N grösser ist als die maximale Haftreibungskraft. Mit welcher Beschleunigung bewegt sich dann der Körper?

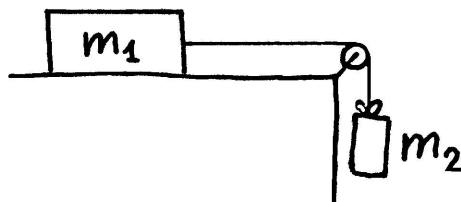
E.1) Auf einen 4.7 kg schweren Körper, der auf einer horizontalen Unterlage ruht, wirkt eine seitliche Kraft von 17 N wirkt, die ihn mit 2.0 m/s^2 beschleunigt. Wie gross ist die Trägheitskraft und wie gross ist die Gleitreibungskraft? Bestimme auch die Gleitreibungszahl.

E.2) Eine Tragtasche mit einer Masse von 6.2 kg wird mit einer Kraft von 95 N nach oben gezogen. Wie stark wird die Tasche dabei nach oben beschleunigt?

F.1) Zwei Massen m_1 und m_2 sind über eine massen- und reibungslose Rolle mit einer Schnur miteinander verbunden. (Atwoodsche Maschine). Wie stark werden die Massen beim Loslassen beschleunigt und wie gross ist die Zugspannung in der Schnur?



F.2) Zwei Massen m_1 und m_2 sind über einer Rolle mit einer Schnur miteinander verbunden.



Es sei $m_1 = 2.8$ und $m_2 = 1.2\text{ kg}$

Berechne die Beschleunigung der Massen und die Zugkraft in der Schnur, wenn

a) man annimmt, dass m_1 auf der horizontalen Unterlage reibungslos gleitet?

b) m_1 auf der horizontalen Unterlage mit $\mu_G = 0.14$ gleitet?

F.3) Drei Körper mit Massen



m_1 , m_2 und m_3 sind über zwei Seile miteinander

verbunden. Sie gleiten auf einer horizontalen Unterlage mit $\mu_B = 0.12$. Es sei $m_1 = 6\text{kg}$, $m_2 = 5\text{kg}$ und $m_3 = 4\text{kg}$. Mit welcher Kraft F_2 muss man seitlich an m_3 ziehen, um die Körper mit

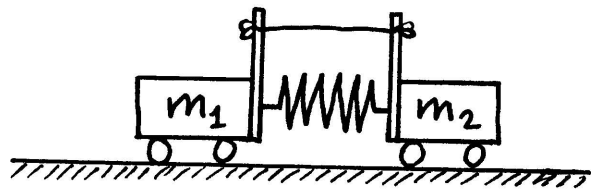
- konstanter Geschwindigkeit über die Unterlage zu ziehen?
- mit $a = 1.25\text{m/s}^2$ zu beschleunigen.

Berechne auch die Zugkraft im Seil A, welches m_2 und m_3 verbindet und im Seil B, welches m_1 und m_2 verbindet.

G.1) Eine 6.0g schwere Pistolenkugel trifft mit einer Geschwindigkeit von 500m/s auf ein Holzbrett. Sie $\frac{1}{4}$ durchdringt das Holzbrett und fliegt mit einer Geschwindigkeit von 150m/s weiter. Wie viel linearen Impuls hat die Pistolenkugel beim Durchdringen des Holzbretts verloren?

G.2) Wie gross ist der lineare Impuls eines 28t schweren Lastwagens, der mit einer Geschwindigkeit von 90km/h fährt und wie lange muss eine Bremskraft von 65kN wirken, damit das Fahrzeug auf eine Geschwindigkeit von 60km/h abgebremst wird?

G.3) Zwischen $m_1 = 5\text{kg}$ und $m_2 = 3\text{kg}$ befindet sich eine ge-



stauchte Feder. Eine Schnur, welche die Körper verbindet, wird durchtrennt und m_1 bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 2.1m/s nach links. Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich m_2 nach rechts?

G.4) Ein Körper wird durch eine Kraft von 3.0 kN abgebremst. In 4.0 s verminderte sich seine Geschwindigkeit um 10 m/s .

- a) Um wie viel hat der Impuls in 4.0 s abgenommen?
 b) Wie schwer ist der Körper?

G.5) Ein Körper mit einer Masse von 4.5 kg wird mit 1.6 m/s^2 beschleunigt.

- a) Wie gross ist die beschleunigende Kraft?
 b) Um wie viel ändert sich der lineare Impuls des Körpers pro Sekunde?

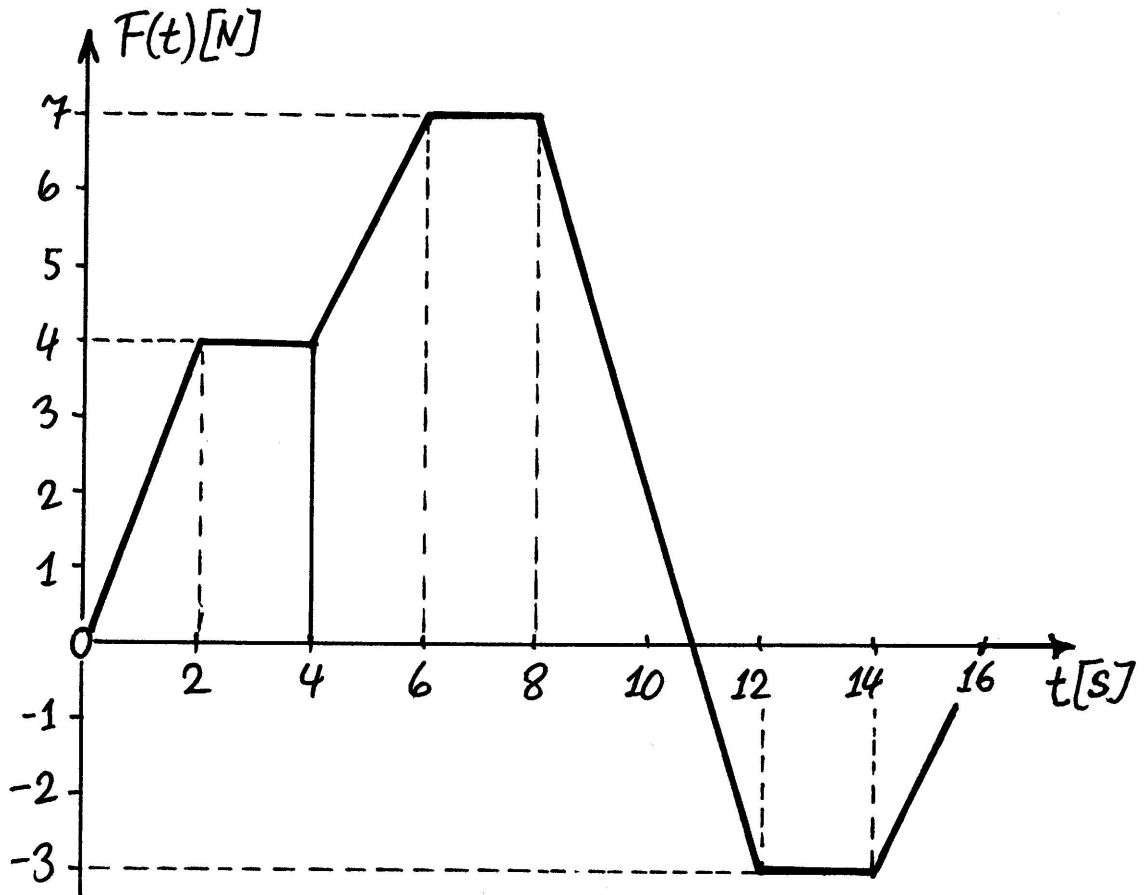
G.6) Auf einen anfänglich ruhenden, frei beweglichen Körper wirkt zunächst während 6.0 s eine Kraft $F_1 = 0.50\text{ kN}$. Danach wirkt eine Kraft $F_2 = 0.75\text{ kN}$ in Gegenrichtung zu F_1 .

- a) Wie lange muss F_2 wirken, damit der Körper bis zum Stillstand abgebremst wird?
 b) Wie gross ist der lineare Impuls des Körpers, wenn F_2 ebenfalls während 6.0 s wirkt? Beschreibe die Bewegung des Körpers.

G.7) Auf einen anfänglich ruhenden, frei beweglichen Körper wirkt die in untenstehendem Diagramm dargestellte variable Kraft $F(t)$.

Berechne die in nebenstehender Tabelle fehlenden Werte für den linearen Impuls.

$t[\text{s}]$	$p[\text{N}\cdot\text{s}]$
0	0
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	



Musterlösungen

A.1)

L[mm]	B[mm]	H[mm]	V[dm ³]
114	92	53	0.556
117	94	54.5	0.599
117	94	51.5	0.566
117	90	54.5	0.573
117	90	51.5	0.542
111	94	54.5	0.569
111	94	51.5	0.537
111	90	54.5	0.544
111	90	51.5	0.514

$$0.599 - 0.556 = 0.043$$

$$0.556 - 0.514 = 0.042$$

$$\underline{\underline{V = (0.56 \pm 0.04) \text{ dm}^3}}$$

A.2)

D[mm]	d[mm]	h[mm]	V[dm ³]
89	60	54	0.238
91	61	55.5	0.255
91	61	52.5	0.241
91	59	55.5	0.249
91	59	52.5	0.235
87	61	55.5	0.241
87	61	52.5	0.228
87	59	55.5	0.235
87	59	52.5	0.222

$$V = \frac{\pi h}{12} [D^2 + Dd + d^2]$$

$$0.255 - 0.238 = 0.017$$

$$0.238 - 0.222 = 0.016$$

$$V = \underline{\underline{(0.24 \pm 0.02) \text{ dm}^3}}$$

B.1a) $S = \pi d^2 \rightarrow \frac{S_1}{S_0} = \frac{\pi \cdot (1.1d)^2}{\pi d^2} = 1.21 \rightarrow \underline{\underline{S_1 = 1.21 S_0}}$

Antw.: Die Oberfläche wird um 21% grösser

b) $V = \frac{\pi}{6} d^3 \rightarrow \frac{V_1}{V_0} = \frac{(\pi/6) (1.1d)^3}{(\pi/6) d^3} = 1.331 \rightarrow \underline{\underline{V_1 = 1.331 V_0}}$

Antw.: Das Volumen wird um 33.10% grösser

B.2) $\frac{T_M}{T_E} = \frac{\sqrt{2h / (g_E/6)}}{\sqrt{2h / g_E}} = \sqrt{\frac{2h}{g_E/6}} \cdot \sqrt{\frac{g_E}{2h}} = \sqrt{\frac{2h \cdot g_E}{(g_E/6) \cdot 2h}}$

$$= \sqrt{\frac{1}{1/6}} = \sqrt{6} = 2.449 \approx 2.45 \rightarrow \underline{\underline{T_M = 2.45 T_E}}$$

Antw.: Auf dem Mond ist die Fallzeit 2.45 Mal so gross wie auf der Erdoberfläche.

B.3) $\frac{T_N^2}{T_E^2} = \left(\frac{T_N}{T_E}\right)^2 = \frac{a_N^3}{a_E^3} = \frac{(30a_E)^3}{a_E^3} = 30^3 = 27'000$

$$\xrightarrow{\sqrt{\dots}} \frac{T_N}{T_E} = \sqrt{27'000} = 164 \rightarrow T_N = 164 T_E$$

Antw.: Ein Jupiterjahr zählt 164 Erdenjahre.

$$C.1) \text{ Mittlere Geschwindigkeit} = \frac{\text{Gesamtstrecke}}{\text{Gesamtzeit}}$$

$$a) \bar{v} = \frac{\frac{1}{6}h \cdot 50 \text{ km/h} + \frac{3}{4}h \cdot 120 \text{ km/h}}{\frac{1}{6}h + \frac{3}{4}h} = \frac{\frac{25}{3} \text{ km} + 90 \text{ km}}{(11/12)h}$$

$$= \frac{100 \text{ km} + 1080 \text{ km}}{11h} \rightarrow \underline{\underline{\bar{v} = 107 \text{ km/h}}}$$

$$b) \bar{v} = \frac{3 \text{ km} + 15 \text{ km}}{\frac{3 \text{ km}}{50 \text{ km/h}} + \frac{15 \text{ km}}{120 \text{ km/h}}} = \frac{18 \text{ km}}{(\frac{3}{50} + \frac{1}{8})h} = \frac{18 \text{ km}}{\frac{37}{200}h}$$

$$\underline{\underline{\bar{v} = 97 \text{ km/h}}}$$

$$C.2) a = \frac{v_E - v_0}{t} = \frac{v_E}{t} = \left(\frac{100/3.6}{7} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{4.0 \text{ m/s}^2}}$$

$$s = \bar{v} \cdot t = \frac{v_0 + v_E}{2} \cdot t = \frac{v_E \cdot t}{2} = \frac{(100/3.6) \cdot 7}{2} \text{ m} = \underline{\underline{97 \text{ m}}}$$

Phase	$a = \Delta v / \Delta t$
I	$a_1 = (5 \text{ m/s}) / (4 \text{ s}) = 1.25 \text{ m/s}^2$
II	$a_2 = (2 \text{ m/s}) / (3 \text{ s}) = 0.67 \text{ m/s}^2$
III	$a_3 = (1 \text{ m/s}) / (2 \text{ s}) = 0.50 \text{ m/s}^2$
IV	$a_4 = (-8 \text{ m/s}) / (3 \text{ s}) = -2.67 \text{ m/s}^2$

Phase	$\bar{v}_j = \frac{1}{2} (v_j + v_{j-1})$
I	$\bar{v}_1 = \frac{1}{2} (0 + 5) \text{ m/s} = 2.5 \text{ m/s}$
II	$\bar{v}_2 = \frac{1}{2} (5 + 7) \text{ m/s} = 6.0 \text{ m/s}$
III	$\bar{v}_3 = \frac{1}{2} (7 + 8) \text{ m/s} = 7.5 \text{ m/s}$
IV	$\bar{v}_4 = \frac{1}{2} (8 + 0) \text{ m/s} = 4.0 \text{ m/s}$

Phase	$s_j = \bar{v}_j \cdot \Delta t_j$
I	$s_1 = 2.5 \cdot 4 \text{ m} = 10 \text{ m}$
II	$s_2 = 6.0 \cdot 3 \text{ m} = 18 \text{ m}$
III	$s_3 = 7.5 \cdot 2 \text{ m} = 15 \text{ m}$
IV	$s_4 = 4.0 \cdot 3 \text{ m} = 12 \text{ m}$

Phase	$a [\text{m/s}^2]$	$v [\text{m/s}]$	$s [\text{m}]$
I	1.25	2.5	10
II	0.67	6.0	18
III	0.50	7.5	15
IV	-2.67	4.0	12

$$D.1) F_{GR} = \mu_G F_N = \mu_G F_G = \mu_G mg = 0.17 \cdot 2.3 \cdot 9.8 \text{ N} = \underline{\underline{3.8 \text{ N}}}$$

$$F_{GR} = m \cdot a = \mu_G mg \xrightarrow{:m} a = \mu_G \cdot g = 0.17 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 = \underline{\underline{1.7 \text{ m/s}^2}}$$

$$D.2) F_{HR} \leq \mu_H \cdot F_N = \mu_H \cdot F_G = \mu_H mg$$

$$F = (\mu_H mg + 2.0 \text{ N}) = (0.26 \cdot 3.8 \cdot 9.8 + 2.0) \text{ N} = 11.6824 \text{ N}$$

$$F = F_{GR} + ma \rightarrow a = (F - F_{GR}) / m$$

$$F_{GR} = \mu_G \cdot F_N = \mu_G mg = 0.15 \cdot 3.8 \cdot 9.8 = 5.586 \text{ N}$$

$$a = (F - F_{GR}) / m = [(11.6824 - 5.586) / 3.8] \text{ m/s}^2$$

$$\underline{\underline{a = 1.6 \text{ m/s}^2}}$$

$$E.1) F_T = m \cdot a = 4.7 \cdot 2.0 \text{ N} = \underline{\underline{9.4 \text{ N}}}$$

$$F_{GR} = 17 \text{ N} - F_T = \underline{\underline{7.6 \text{ N}}}$$

$$F_{GR} = \mu mg \rightarrow \mu_G = F_{GR} / (mg) = \frac{7.6}{4.7 \cdot 9.8} = \underline{\underline{0.165}}$$

$$E.2) F = F_G + F_T = mg + ma = m(g + a) \rightarrow a + g = F/m$$

$$\rightarrow a = (F/m) - g = ((95/6.2) - 9.8) \text{ m/s}^2 = \underline{\underline{5.5 \text{ m/s}^2}}$$

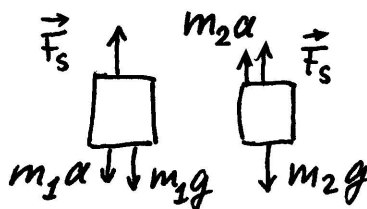
$$F.1) \quad F_s = m_1(a+g) = m_2(g-a)$$

$$(m_1+m_2)a = (m_2-m_1)g$$

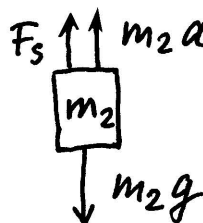
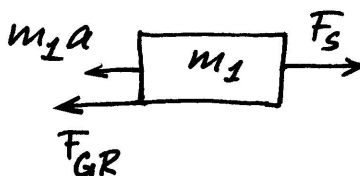
$$a = \frac{m_2-m_1}{m_1+m_2} \cdot g = \frac{3-2}{2+3} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\underline{\underline{a = 2.0 \text{ m/s}^2}}$$

$$F_s = m_1(a+g) = 2 \cdot (1.96 + 9.8) \text{ N} = \underline{\underline{23.5 \text{ N}}}$$



F.2)



$$F_s = m_1 a + F_{GR} = m_2 g - m_2 a$$

$$(m_1+m_2)a = m_2 g - \mu_G m_1 g$$

$$a = \frac{m_2 - \mu_G m_1}{m_1+m_2} g$$

$$a) \quad \mu_G = 0 \rightarrow a = \frac{m_2}{m_1+m_2} \cdot g = \frac{1.2}{2.8+1.2} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{2.9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

$$F_s = m_2(g-a) = 1.2 \cdot (9.8 - 2.94) \text{ N} = \underline{\underline{8.2 \text{ N}}}$$

$$b) \quad \mu_G = 0.14 \rightarrow a = \frac{m_2 - \mu_G \cdot m_1}{m_1+m_2} \cdot g$$

$$= \frac{1.2 - 0.14 \cdot 2.8}{2.8+1.2} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \rightarrow \underline{\underline{a = 2.0 \text{ m/s}^2}}$$

$$F_s = m_2 \cdot (g-a) = 1.2 \cdot (9.8 - 1.9796) \text{ N} = \underline{\underline{9.4 \text{ N}}}$$

$$F.3a) \quad F = F_{GR1} + F_{GR2} + F_{GR3} = \mu_G \cdot (m_1+m_2+m_3) \cdot g$$

$$= 0.12 \cdot (6+5+4) \cdot 9.8 \text{ N} = \underline{\underline{17.6 \text{ N}}}$$

Zugkraft:	Seil	F_s
	A	$\mu_G(m_2+m_3)g = 0.12 \cdot 11 \cdot 9.8 \text{ N} = \underline{\underline{12.9 \text{ N}}}$
	B	$\mu_G \cdot m_1 g = 0.12 \cdot 6 \cdot 9.8 \text{ N} = \underline{\underline{7.1 \text{ N}}}$

$$\begin{aligned}
 b) \quad F &= F_{GR1} + F_{GR2} + F_{GR3} + F_{T1} + F_{T2} + F_{T3} \\
 &= \mu_G (m_1 + m_2 + m_3) g + (m_1 + m_2 + m_3) \cdot a \\
 &= (m_1 + m_2 + m_3) (\mu_G g + a) \\
 &= 15 \cdot (0.12 \cdot 9.8 + 1.25) \text{ N} = \underline{\underline{36.4 \text{ N}}}
 \end{aligned}$$

Zugkraft:	Seil	F_S
	A	$(m_1 + m_2) (\mu_G g + a) = 11 \cdot (0.12 \cdot 9.8 + 1.25) \text{ N}$ $= \underline{\underline{26.7 \text{ N}}}$
	B	$m_1 (\mu_G g + a) = 6 \cdot (0.12 \cdot 9.8 + 1.25) \text{ N}$ $= \underline{\underline{14.6 \text{ N}}}$

$$G.1) \quad \Delta p = m \cdot \Delta v = 0.006 \cdot (500 - 150) \text{ N} \cdot \text{s} = \underline{\underline{2.1 \text{ N} \cdot \text{s}}}$$

$$G.2) \quad p = m \cdot v = 28'000 \cdot (90/3.6) \text{ N} \cdot \text{s} = \underline{\underline{7.0 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{s}}}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= m(v_0 - v_E) = 28'000 \left(\frac{90 - 60}{3.6} \right) \text{ N} \cdot \text{s} = 2.333 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{s} \\
 &= F_B \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta p}{F_B} = \frac{2.333 \cdot 10^5}{65'000} \text{ s} = \underline{\underline{3.6 \text{ s}}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G.3) \quad \vec{p}_1 &= -\vec{p}_2 \rightarrow p_1 = p_2 \rightarrow m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2 \\
 &\rightarrow v_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot v_1 = \frac{5}{3} \cdot 2.1 \text{ m/s} = \underline{\underline{3.5 \text{ m/s}}}
 \end{aligned}$$

$$G.4a) \quad \Delta p = F \cdot \Delta t = 3000 \cdot 4 \text{ N} \cdot \text{s} = \underline{\underline{1.2 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{s}}}$$

$$\begin{aligned}
 b) \quad \Delta p &= m \cdot \Delta v \rightarrow m = \Delta p / \Delta v = (12'000 / 10) \text{ kg} \\
 m &= 1200 \text{ kg} = \underline{\underline{1.2 \cdot 10^3 \text{ kg}}}
 \end{aligned}$$

$$G.5a) \quad F = m \cdot a = 4.5 \cdot 1.6 \text{ N} = \underline{\underline{7.2 \text{ N}}}$$

$$b) \quad F \cdot \Delta t = \Delta p \rightarrow \Delta p / \Delta t = F = \underline{\underline{7.2 \text{ N}}}$$

$$\begin{aligned}
 G.6a) \quad F_1 \cdot \Delta t_1 &= F_2 \cdot \Delta t_2 \rightarrow \Delta t_2 = \frac{F_1}{F_2} \cdot \Delta t_1 = \frac{0.5}{0.75} \cdot 6 \text{ s} \\
 \Delta t_2 &= \underline{\underline{4.0 \text{ s}}}
 \end{aligned}$$

$$b) p = F_1 \cdot \Delta t_1 - F_2 \cdot \Delta t_1 = (F_1 - F_2) \cdot \Delta t_1 = \\ (500 - 750) \cdot 6 \text{ N} \cdot \text{s} = \underline{\underline{-1.5 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{s}}}$$

Beschreibung: Der Körper wird während 6s von F_1 beschleunigt. Danach wird er von F_2 bis zum Stillstand abgebremst. Nach 4s ist seine Geschwindigkeit gleich null. Er wird während zwei weiteren Sekunden von F_2 in Gegenrichtung zu F_1 beschleunigt.

$$G.7) 0 \leq t \leq 2\text{s}: \bar{F} = \frac{0+4}{2} \text{ N} = 2\text{ N} \rightarrow p_1 = p_0 + 2\text{ N} \cdot 2\text{s} = 4\text{ N} \cdot \text{s}$$

$$2\text{s} \leq t \leq 4\text{s}: F = 4\text{ N} \rightarrow p_2 = p_1 + 4\text{ N} \cdot 2\text{s} = 4\text{ N} \cdot \text{s} + 8\text{ N} \cdot \text{s} \\ = 12\text{ N} \cdot \text{s}$$

$$4\text{s} \leq t \leq 6\text{s}: \bar{F} = \frac{4+7}{2} \text{ N} = 5.5\text{ N} \rightarrow p_3 = p_2 + 5.5\text{ N} \cdot 2\text{s} \\ = 12\text{ N} \cdot \text{s} + 11\text{ N} \cdot \text{s} = 23\text{ N} \cdot \text{s}$$

$$6\text{s} \leq t \leq 8\text{s}: F = 7\text{ N} \rightarrow p_4 = p_3 + 7\text{ N} \cdot 2\text{s} = 23\text{ N} \cdot \text{s} + 14\text{ N} \cdot \text{s} \\ = 37\text{ N} \cdot \text{s}$$

$$8\text{s} \leq t \leq 10\text{s}: \bar{F} = \frac{2+7}{2} \text{ N} = 4.5\text{ N} \rightarrow p_5 = p_4 + 4.5 \cdot 2\text{ N} \cdot \text{s} \\ = 37\text{ N} \cdot \text{s} + 9\text{ N} \cdot \text{s} = 46\text{ N} \cdot \text{s}$$

$$10\text{s} \leq t \leq 12\text{s}: \bar{F} = \frac{2+(-3)}{2} \text{ N} = -0.5\text{ N} \rightarrow p_6 = p_5 - 1\text{ N} \cdot \text{s} \\ = 46\text{ N} \cdot \text{s} - 1\text{ N} \cdot \text{s} = 45\text{ N} \cdot \text{s}$$

$$12\text{s} \leq t \leq 14\text{s}: F = -3\text{ N} \rightarrow p_7 = p_6 - 3\text{ N} \cdot 2\text{s} = 45\text{ N} \cdot \text{s} \\ - 6\text{ N} \cdot \text{s} = 39\text{ N} \cdot \text{s}$$

$$14\text{s} \leq t \leq 16\text{s}: \bar{F} = \frac{-3+0}{2} \text{ N} = -1.5\text{ N} \rightarrow p_8 = p_7 - 1.5 \cdot 2\text{ N} \cdot \text{s} \\ = 39\text{ N} \cdot \text{s} - 3\text{ N} \cdot \text{s} = 36\text{ N} \cdot \text{s}$$

$t[s]$	$p[N \cdot s]$
0	0
2	4
4	12
6	23
8	37
10	46
12	45
14	39
16	36