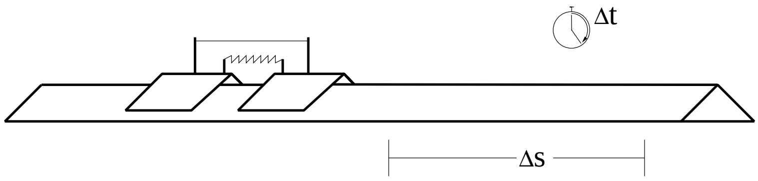
1. Physik-Klausur LK 12 Musterlösung

1. Aufgabe

(a) Aufbau und Durchführung:



Auf einer Luftkissenschiene befinden sich zwei mit einen Faden zusammengebundene Gleiter unterschiedlicher Masse. Zwischen ihnen befindet sich eine gespannte Feder. Nun wird der Bindfaden durchgebrannt, so dass die Gleiter durch die Feder auseinandergetrieben werden. Für einen der beiden Gleiter wird für eine Strecke von $\Delta s = 0,5m$ die Durchgangszeit gemessen.

(b) Durch die Entspannung der Feder wird eine Kraft auf die beiden Gleiter ausgeübt, die deren Einzelimpulse $\vec{p_i} = m\vec{v_i}$ ändert. Da jedoch der Gesamtimpuls der Gleiter erhalten bleibt und dieser vor dem Durchbrennen den Betrag 0 hatte, muss gelten

$$\vec{p_1} + \vec{p_2} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{p_1} = -\vec{p_2} \Rightarrow |\vec{p_1}| = |\vec{p_2}|. \tag{1}$$

Die Beträge der beiden Einzelimpulse sind also gleich groß.

(c) Mit den Messwerten $m_1 = 0,574kg; m_2 = 0,488kg; v_1 = \frac{\Delta s}{\Delta t_1} = \frac{0,5m}{4,0s} = 0,125\frac{m}{s}$ folgt daraus:

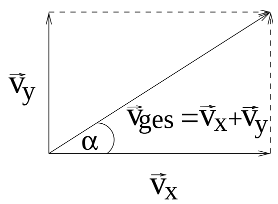
$$\vec{p_1} = m_1\vec{v_1} = 0,072kg\frac{m}{s}$$

Mit (1) folgt daraus $\vec{v_2} = \frac{-\vec{p_1}}{m_2} = -0,148\frac{m}{s}$.

(d) Die experimentellen Schwierigkeiten lassen sich in Messfehler und systematische Unzulänglichkeiten einteilen. Zu den ersteren gehören Ungenauigkeiten bei der Bestimmung von m_i, Δs und Δt_1, letztere sind vor allem die Luftreibung und der unregelmäßige Bahnverlauf (abschüssig, durchhängend). Bei den Messungen kann die Bestimmung der Massen mit relativ hoher Genauigkeit (Fehler $\approx 0,1\%$) vorgenommen werden, bei der Geschwindigkeit durch Δs und Δt sind dagegen bedingt durch Reaktionszeit und schiefes Ablesen Fehler im Prozentbereich zu erwarten. Diese ließen sich durch Vergrößerung von Δs reduzieren.

2. Aufgabe

Die Vertikalgeschwindigkeit v_y ergibt sich durch $v_y = \frac{\Delta s}{\Delta t} = 7\frac{m}{s}$. Für die Gesamtgeschwindigkeit $\vec{v_{ges}}$ ergibt sich durch Vektoraddition $\vec{v}_{ges} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$ (s. Abb.).

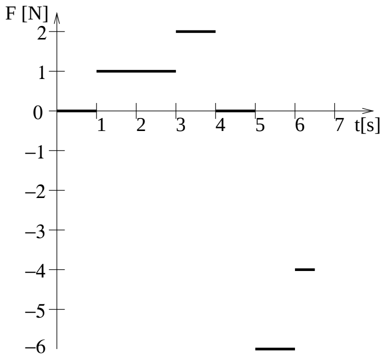


Den Betrag dieses Vektors erhält man durch den Satz des Pythagoras, den Steigwinkel α über die Tangensfunktion:

$$|\vec{v}_{ges}| = \sqrt{|\vec{v}_x|^2 + |\vec{v}_y|^2} = 13,04\frac{m}{s}\ ,\ \alpha = \arctan\frac{|\vec{v}_y|}{|\vec{v}_x|} = 32,47°$$

3. Aufgabe

(a) Da die Masse des Körpers im zeitlichen Verlauf unverändert bleibt, ist die Kraft F proportional zur Beschleunigung $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ mit dem Proportionalitätsfaktor m: $F = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$. Es ergeben sich somit folgende Kräfte für die einzelnen Intervalle: $F_{[0s;1s]} = 0N$, $F_{[1s;3s]} = 1N$, $F_{[3s;4s]} = 2N$, $F_{[4s;5s]} = 0N$, $F_{[5s;6s]} = -6N$, $F_{[6s;6,5s]} = -4N$. Das zugehörige Kraft-Zeit-Diagramm sieht wie folgt aus:



(b) Die Masse muss als konstant vorausgesetzt werden, damit die Impulsänderung sich allein durch die Geschwindigkeitsänderung a ergibt ($F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = m \cdot a$) , andernfalls könnte man die Kraft nicht ohne ein zusätzliches Masse-Zeit-Diagramm berechnen.

4. Aufgabe

(a) Da im Vakuum des Weltraums keine Möglichkeit besteht, sich durch Abstoß an Luftmolekülen zu bewegen, dient beim Raketenantrieb das verbrannte Treibstoffgas als Stoßpartner. Durch die Verbrennung des Treibstoffs werden Rakete und Gas auseinander gestoßen, wobei aufgrund des Impulserhaltungssatzes die jeweiligen Produkte aus Masse und Geschwindigkeit für beide gleich groß sind. Da sich die Masse des Raumschiffs im Laufe der Zeit durch die Verbrennung des Treibstoffs verringert, beschleunigt das Raumschiff bei gleichbleibendem Treibstoffausstoß immer stärker.

(b) i) Bestimmung der Schubkraft:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{7800kg \cdot 4700\frac{m}{s} - 8200kg \cdot 4100\frac{m}{s}}{20s} = \frac{3040000\frac{m}{s}kg}{20s} = 152000N$$

ii) Bestimmung der mittleren Ausstoßgeschwindigkeit:

$$c = \frac{\Delta p}{\Delta m} = \frac{3040000kg\frac{m}{s}}{400kg} = 7600\frac{m}{s}.$$

(c) Es gilt $F \cdot \Delta t = p_{nachher} - p_{vorher}$.
mit $p_{nachher} = (7800kg - m_{\text{Treibstoff}}) \cdot 6000\frac{m}{s}$ und $p_{vorher} = 7800kg \cdot 4700\frac{m}{s}$, also

$$F \cdot \Delta t = (7800kg - m_{\text{Treibstoff}}) \cdot 6000\frac{m}{s} - 7800kg \cdot 4700\frac{m}{s} \tag{2}$$

Welche Werte sind nun bei der Rakete konstant (können also aus der vorherigen Teilaufgabe weiterverwendet werden) und welche ändern sich? Es ändern sich: Masse, Geschwindigkeit, Impuls und Beschleunigung. Zeitlich konstant bleiben hingegen: Schubkraft F, Ausstoßgeschwindigkeit c und der Treibstoffverbrauch pro Zeiteinheit. Als zweite Gleichung, die $m_{\text{Treibstoff}}$ und Δt enthält, erhält man somit

$$20\frac{kg}{s} \cdot \Delta t = m_{\text{Treibstoff}} \tag{3}$$

und durch Einsetzen von (3) in (2)

$$(7800kg - 20\frac{kg}{s} \cdot \Delta t) \cdot 6000\frac{m}{s} - 7800kg \cdot 4700\frac{m}{s} = 152000N \cdot \Delta t$$

Daraus folgt $\Delta t = 37,3s$ und $m_{\text{Treibstoff}} = 746kg$.