

Einführung in die Physik I (für Nicht-PhysikerInnen)

Präsenzübungen Woche 6

12 - 16 November 2018

1. In der Vorlesung haben wir gesehen wie eine Wasserrakete vom Stillstand beschleunigt werden indem man Wasser in die entgegengesetzte Richtung beschleunigt.
 - (a) Leite eine Gleichung her für die horizontale Position des Wassers (Masse m_W , Geschwindigkeit v_W), unter der Annahme, dass keine Plattform oder Boden im Weg des Wassers steht bzw. nehme an, dass der Ausstoß im Flug stattfindet und die Anfangsgeschwindigkeit (der Rakete sowie des Wassers) Null ist.

Lösung: Hierzu benutzen wir einfach die Gleichung für die gleichförmig beschleunigte Bewegung: $x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, mit der Bemerkung, dass es in horizontaler Richtung keine Beschleunigung gibt, und mit der Anfangsposition definiert als $x_0 = 0$:

$$x_W(t) = -v_W t.$$

Bemerke hier das Minus-zeichen. Das Wasser wird *in die entgegengesetzte Richtung* der Rakete beschleunigt. Das heißt also, dass die Position des Wassers *oder* die Position der Rakete negativ sein sollte. Falls wir die X -Richtung positiv wählen in der Richtung des Wassers, muss für die nächste Teilfrage die Position der Rakete negativ herauskommen!

- (b) Leite jetzt auch eine Gleichung für die horizontale Entfernung der Wasserrakete als Funktion der Zeit her. Die Rakete (ohne Wasser) hat eine Masse m . (Tipp: Benutze die Impulserhaltung.).

Lösung: Die Impulserhaltung erfordert, dass:

$$\begin{aligned}\vec{p}_E &= \vec{p}_A \\ m v_E - m_W v_W &= 0 \\ m v_E &= m_W v_W \\ v_E &= \frac{m_W}{m} v_W.\end{aligned}$$

Da wir jetzt die Geschwindigkeit der Rakete kennen; und weil wir wissen, dass es in horizontaler Richtung keine Beschleunigungen gibt, können wir die horizontale Entfernung der Rakete einfach berechnen mit der Formel für die unbeschleunigte Bewegung:

$$x_{\text{Raket}}(t) = v t = v_W \frac{m_W}{m} t.$$

- (c) Berechne jetzt die horizontale Position des Massenmittelpunkts vom Gesamtsystem (Rakete plus Wasser). War diese Antwort zu erwarten?

Lösung: Den Massenmittelpunkt können wir wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned}x_S &= \sum m_i x_i \\ &= m x_{\text{Raket}} + m_W x_W \\ &= m v_W \frac{m_W}{m} t - m_W v_W t \\ &= 0.0.\end{aligned}$$

Diese Ergebnis war zu erwarten, weil es keine externe Kräfte gab in horizontaler Richtung und weil die Anfangsgeschwindigkeit Null war. Die Abwesenheit von externen Kräften impliziert, dass der Masseschwerpunkt nicht beschleunigt wird und deshalb auch nicht bewegt wird. Für die Berechnung des Massenschwerpunkts ist die Vorwärtsbewegung der Rakete also völlig kompensiert von der Rückwärtsbewegung des Wassers.

2. Unabhängig von der Menge an Butter oder Marmelade, wird eine Toastbrotsscheibe immer mit der Butter- oder Marmeladenseite nach unten auf den Boden fallen. Der Grund hierfür ist größtenteils mechanisch. Experimentell hat man gefunden, dass die Winkelgeschwindigkeit einer Brotscheibe bei so einem Fall berechnet werden kann als $\omega = 0,956\sqrt{g/l}$, wobei g die Gravitationsbeschleunigung ist und l die Länge der Scheibe. Berechnen Sie jetzt, ob die Scheibe mit der bestrichenen Seite zum Boden fällt oder nicht, für einen Tisch mit einer Höhe von 75 cm. Nehmen Sie für die Größe der Scheibe eine Repräsentativlänge von 10 cm.

Lösung: Die Winkelgeschwindigkeit der Scheibe ist:

$$\omega = 0,956\sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s}^2}{0,1 \text{ m}}}.$$

Um zu wissen wie viel die Scheibe sich während des Falls dreht, berechnen wir jetzt die Zeitlänge des Falls. Dieses ist einfach mit der Gleichung für die gleichförmig beschleunigte Bewegung: $x(t) = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$. Weil die Anfangsposition und Anfangsgeschwindigkeit Null sind, und der Abstand gleich der Höhe des Tisches ist, gibt diese: $h = \frac{1}{2}at^2$. Oder, für die Dauer des Falls:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Multiplizieren wir jetzt die Winkelgeschwindigkeit mit der Dauer, bekommen wir den Winkel über den das Brot sich während des Falls drehen wird:

$$\begin{aligned}\phi &= 0,956\sqrt{\frac{g}{0,1 \text{ m}}}\sqrt{\frac{2h}{g}} \\ &= 0,956\sqrt{\frac{2 \cdot 0,75 \text{ m}}{0,1 \text{ m}}} \\ &= 3,7 \text{ rad}.\end{aligned}$$

Rechnen wir dies um zu Graden, gibt dies: $\phi_{\text{Grad}} = \phi_{\text{Rad}}^{180/\pi} = 2,1 \times 10^2^\circ$. Weil dieses näher zu 180° liegt als zu 360° , heißt es, dass das Brot mit der bestrichenen Seite auf den Boden fallen wird.