

Woche4 Aufgaben

Aufgabe 1

Auf einem Volksfest versuchen Sie, einen schweren Zylinder umzustossen, indem Sie einen kleinen Ball auf ihn werfen. Sie haben die Wahl zwischen einem Ball, der an dem Zylinder kleben bleibt, und einem zweiten Ball mit identischer Masse und Geschwindigkeit, der von dem Zylinder zurückprallt. Mit welchem Ball ist die Wahrscheinlichkeit grösser, den Zylinder zu bewegen?★★

Hinweis 1

Sie wollen möglichst viel Impuls auf den Zylinder übertragen: In welchem der beiden Fälle geschieht dies? Schauen Sie sich den Impuls des Balles nach dem Stoss an und denken Sie daran, dass der Impuls ein Vektor ist. (siehe Tutorium Impulserhaltung, Folie 3-22 Kraftstoss)

Aufgabe 2

Ein Tennisball kann den Schläger eines Top-Spielers beim Aufschlag mit einer Geschwindigkeit von 65.0 m/s verlassen. Wie gross ist die auf den Ball wirkende durchschnittliche Kraft, wenn die Masse des Balls 0.060 kg beträgt und sie mit dem Schläger 0.030 s lang in Kontakt ist? Wäre diese Kraft gross genug, um eine Person mit einer Masse von 60 kg hochzuheben?★

Hinweis 2

Schauen Sie beim Thema Kraftstoss (03 Impuls Folie 10) nach. Sie können den Ball als am Anfang in Ruhe betrachten und über seinen Impuls nach dem Kraftstoss die Impulsänderung berechnen.

Aufgabe 3

Ein Güterwagen mit einer Masse von 9700 kg , der sich mit 18 m/s bewegt, fährt auf einen zweiten Wagen auf. Die beiden Wagen bleiben aneinander haften und bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 4.0 m/s weiter. Wie gross ist die Masse des zweiten Wagens?★

Hinweis 3

Setzen Sie die Impulserhaltung beim Stoss an und lösen nach der gesuchten Grösse auf. Setzen Sie die Impulserhaltung beim Stoss an und lösen nach der gesuchten Grösse auf.

Aufgabe 4

Ein oben offener Güterwagon rollt ohne Reibung in einem senkrecht fallenden Regenguss, so dass sich immer mehr Wasser im Wagon sammelt.

- a) Wie verändern sich die Geschwindigkeit, der Impuls und die Energie des Wagons? Erklären Sie.
- b) Es hat aufgehört zu regnen. Aus dem Abflussloch am Boden des Güterwagons wird der Stöpsel gezogen und das Wasser fließt langsam nach unten wieder heraus (Der Wagen rollt noch immer). Wie verändern sich die Geschwindigkeit, der Impuls und die Energie des Wagons jetzt? Erklären Sie.★★★

Hinweis 4

- a) Regen ohne Horizontalimpuls (senkrecht) fällt in Güterwagen. Können Sie die Horizontalbewegung als einen inelastischen Stoß sehen?
- b) Der horizontale Impuls von Wagen und Wasser bleibt konstant, weil keine horizontalen Kräfte wirken. Vertikale Kräfte kümmern uns nicht, sie werden von den Schienen aufgefangen.

Lösungen 1

Sie wollen möglichst viel Impuls auf den Zylinder übertragen.

Ihr Ball hat einen Impuls $-\vec{p}_B$

Die Impulsänderung ist die Differenz zwischen dem Impuls nachher und vorher.

Bleibt der Ball kleben, so ändert sich sein Impuls um $\Delta\vec{p} = -\vec{p}_B$

Prallt er aber ab, so wird sein Impuls umgekehrt und es ist

$$\Delta\vec{p} = -\vec{p}_B + (-\vec{p}_B) = -2\vec{p}_B$$

Die Impulsänderung ist jetzt doppelt so gross: Zuerst muss der Ball gestoppt werden und erhält dann wieder Impuls, um zurückzufliegen.

Lösungen 2

Die Impulsänderung des Balls ist

$$\Delta\vec{p}_{\text{Ball}} = m_{\text{Ball}}\vec{v}_{\text{Ball}}.$$

Die Kraft für diese Impulsänderung in der Zeit Δt ist dann

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}_{\text{Ball}}}{\Delta t} = \frac{m_{\text{Ball}}\vec{v}_{\text{Ball}}}{\Delta t} = \frac{60 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot 65.0 \text{ m/s}}{30 \times 10^{-3} \text{ s}} = 130 \text{ N}.$$

Lösungen 3

-Wir fassen die beiden Wagen zusammen als ein System auf.

-Es wirken keine äußeren Kräfte, der Impuls der beiden Wagen zusammen bleibt erhalten.

-Der Impuls vor dem Stoß ist:

$$\vec{p}_{\text{vor}} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{0} \quad (\text{der zweite Wagen ist in Ruhe}).$$

-Der Impuls nach dem Stoß ist:

$$\vec{p}_{\text{nach}} = (m_1 + m_2)\vec{v}_{\text{nach}}.$$

Es gibt nur noch eine gemeinsame Geschwindigkeit.

-Der Impuls bleibt erhalten, es muss gelten:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{0} = (m_1 + m_2)\vec{v}_{\text{nach}}$$

-Wir lösen auf nach der Masse des zweiten Wagens. Dabei lassen wir die Vektorpfeile weg, weil die Bewegung nur eindimensional ist (entlang der Schiene).

$$m_2 = \frac{m_1 v_1 - m_1 v_{\text{nach}}}{v_{\text{nach}}} = \frac{m_1 (v_1 - v_{\text{nach}})}{v_{\text{nach}}}$$

Zahlen eingesetzt:

$$m_2 = \frac{9700(18 - 4)}{4} = 33\,950 \text{ kg}$$

Lösungen 4

a) Impuls erhalten

Wir betrachten die Situation wie einen inelastischen Stoss zwischen Güterwagen der Masse m_G und dem Regen. Das Wasser im Wagen hat die Masse m_W .

Es wirken keine äusseren Kräfte. Der Impuls bleibt erhalten und ist gleich dem Impuls des Wagens am Anfang.

Vor dem Regen ist

$$\vec{p}_{\text{vor}} = \vec{v}_G m_G$$

Nach dem Regen ist

$$\vec{p}_{\text{nach}} = \vec{u}_{G+W} (m_G + m_W).$$

Mit \vec{u}_G bezeichnen wir die Geschwindigkeit nach dem Regen. Impuls vorher ist gleich Impuls nachher:

$$\vec{v}_G m_G = \vec{u}_{G+W} (m_G + m_W)$$

Die Geschwindigkeit \vec{u}_{G+W} nach dem Stoß ist dann

$$\vec{u}_{G+W} = \vec{v}_G \frac{m_G}{m_G + m_W}$$

Energie nicht erhalten

Beim Zerplatzen des Regentropfens treten nicht-konservative Kräfte auf (konservativ sind z.B. die Gravitation und die Federkraft)

Die mechanische Energie (kinetische und potenzielle Energie) ist deshalb nicht erhalten

Vor dem Regen ist die kinetische Energie

$$E_{\text{vor}} = \frac{1}{2} m_G v_G^2$$

Nach dem Regen ist die kinetische Energie

$$E_{\text{nach}} = \frac{1}{2} (m_G + m_W) u_{G+W}^2$$

Wir berechnen das Verhältnis von Energie nachher zu Energie vorher und setzen die Geschwindigkeit nach dem Stoß von oben ein.

$$\frac{E_{\text{nachher}}}{E_{\text{vorher}}} = \frac{\frac{1}{2} (m_G + m_W) u_{G+W}^2}{\frac{1}{2} m_G v_G^2} = \frac{(m_G + m_W) v_G^2 \frac{m_G^2}{(m_G + m_W)^2}}{m_G v_G^2} = \frac{m_G}{m_G + m_W}$$

Das Verhältnis ist kleiner als 1, die Energie nimmt ab.

Gleichwertiges Bild

Statt dem Regen können Sie sich einen leichten zweiten Wagen vorstellen, der schon mit Wasser gefüllt ist.

Der erste Wagen macht dann einen inelastischen Stoss mit dem zweiten Wagen

und wir haben die gleiche Situation, wie wenn der Regen senkrecht in den ersten Wagen getropft wäre.

b) Abfluss:

Das Loch ist im Boden, der Ausfluss wirkt nicht in Bewegungsrichtung, sondern senkrecht dazu.

Der Gesamtimpuls Wasser + Wagen in Bewegungsrichtung bleibt auch beim Ausfliessen erhalten, weil keine äusseren Kräfte wirken.

Fliesst eine Masse dm aus, verliert der Wagen $dm \cdot v$ an Impuls, das Wasser nimmt deshalb den Impuls $dm \cdot v$ mit.

$$p_{\text{vor}} = mv, \quad p_{\text{nach}} = (m - dm)u + dm u = mu$$

Der Impuls muss erhalten bleiben, also gilt $|p_{\text{vor}} = p_{\text{nach}} \Rightarrow u = v|$

Die Geschwindigkeit des Wagens bleibt erhalten, aber sein Impuls nimmt ab, weil die Masse abnimmt.

Der Impuls inklusive der Erde bleibt aber erhalten, das Wasser macht mit den Schienen einen inelastischen Stoss.