

PhIT Übung 4

Prof. Dr. R. M. Fuchsli, Dr. M. Hertwig, Dr. A. - C. Uldry

October 4, 2017

Diese Übungen dienen dazu, Sie mit einigen Konzepten und Rechenmethoden der Physik vertraut zu machen. Sie machen diese Übungen für sich. Das bedeutet:

- Sie müssen keine Übungen abgeben.
- Sie können gerne in Gruppen arbeiten. Wir empfehlen das sogar.
- Wir machen keine Korrekturen, stellen aber Musterlösungen zur Verfügung. Der/die ÜbungsbetreuerIn ist Ihr Coach. Diese(r) wird Ihnen nach bestem Wissen Ihre Fragen beantworten. Die Fragen stellen müssen Sie aber selber.

Wir geben Ihnen Hinweise, wie schwierig eine Aufgabe ist: • Einfach, Einsetzaufgabe, •• Etwas schwieriger, braucht eigene Denkarbeit, ••• Irgendetwas zwischen Schwierig und Crazy Challenge.

AUFGABEN

1 IMPULS UND KRAFT

1.1 PROBLEMSTELLUNG

- Ein Ball mit der Masse $m = 200g$ prallt vertikal auf den Boden. Beim Aufprall beträgt die Geschwindigkeit $v = 2m/s$ und wir nehmen an, der Aufprall sei vollkommen elastisch. Wie gross ist die durchschnittliche Kraft auf den Boden (während des Aufpralles) wenn der Ball während $\Delta t = 20ms$ in Kontakt mit dem Boden ist?

2 INELASTISCHE KOLLISION ZWEIER AUTOS

2.1 PROBLEMSTELLUNG

- Zwei Autos ($m_1 = 1200kg$ und $m_2 = 2200kg$) kollidieren **inelastisch** gegeneinander und bewegen sich weiter zusammen ("inelastisch" bedeutet, dass der Impuls, nicht aber die kinetische Energie erhalten bleibt; "weiter zusammenbleiben" hiesst, dass die Autos ineinander verkeilt weiterfahren und somit dieselbe Geschwindigkeit haben.). Vor dem Stoss bewegen sie sich mit $v_1 = 50km/h$ und $v_2 = 100km/h$ in positiver, bzw. negativer x -Richtung (Wir könnten jetzt ein Riesentheater um Geschweindigkeiten und Schnelligkeiten machen, aber wir lassen das).

1. Wie gross ist die gemeinsame Geschwindigkeit v_{out} nach der Kollision?
2. Wie viel Energie geht durch den inelastischen Stoss "verloren"? Wohin geht diese Energie?

3 DYNAMISCHE UND ENERGETISCHE BEHANDLUNG DES SCHIEFEN WURFS

3.1 PROBLEMSTELLUNG

- Ein Ball der Masse m wird aus einer Höhe h mit der Geschwindigkeit v_0 horizontal geworfen (s. Fig. 3.1). Wie schnell ist der Ball, wenn er auf dem Boden auftrifft? Vernachlässigen vorerst den Luftwiderstand. Benutzen und vergleichen Sie:

1. Dynamische Gleichungen,
2. Impuls- und/oder Energie-Erhaltung.

Geben Sie die Aufprallgeschwindigkeit als Funktion der Höhe h an. Beantworten Sie folgende weiteren Fragen:

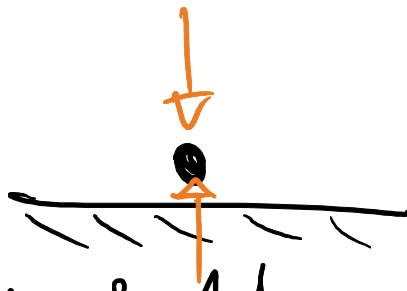
Aufgabe 1

$$m = 200g = 0.2kg$$

$$v = 2m/s$$

$$\Delta t = 20ms$$

vorher: $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ m \cdot v \end{pmatrix}$ auf der z -Achse nach unten



nachher: $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ m \cdot v \end{pmatrix}$ nach dem Aufprall geht es wieder an der z -Achse weiter

$$\Delta \vec{p} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 2 \cdot m \cdot v \end{pmatrix}$$

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \Rightarrow \frac{2 \cdot m \cdot v}{0.02}$$

$$\Rightarrow \frac{2 \cdot 0.2 \cdot 2}{0.02} \rightarrow 20ms = 0.02s$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{40N}}$$

Aufgabe 2

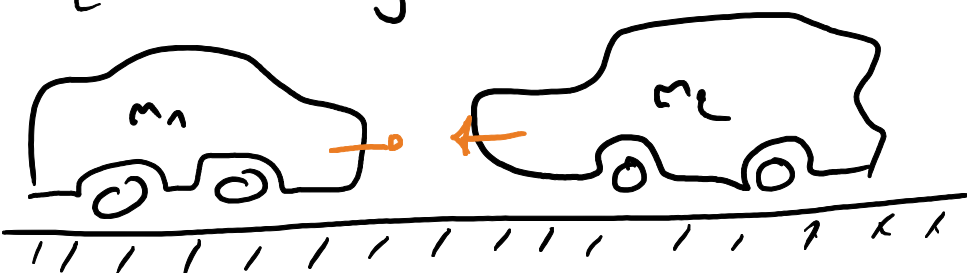
$$m_1 = 1200kg$$

$$m_2 = 2200kg$$

$$v_1 = 50km/h = 13.88m/s$$

$$v_2 = 100km/h = 27.77m/s$$

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$



$$\vec{p}_1 = 1200kg \cdot 13.88 = 16666.67$$

$$\vec{p}_2 = 2200kg \cdot 27.77 = 61111.11$$

① Inelastischer Stoß:

$$v = \frac{m_1 \cdot v_1 - (m_2 \cdot v_2)}{m_1 + m_2} = \underline{\underline{-13.071 \frac{m}{s} = -47,08 \frac{km}{h}}}$$

$$\textcircled{2} \quad E_{\text{vor}} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{(m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2)}{2} = 963,17 \text{ kJad}$$

$$E_{\text{end}} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{3400 \cdot (-13.071)^2}{2} = 290,45 \text{ kJad}$$

$$963,17 - 290,45 = \underline{\underline{672,72 \text{ kJad}}}$$

Verlorene Energie geht in die Kollision
 \Rightarrow Deformation der Autos

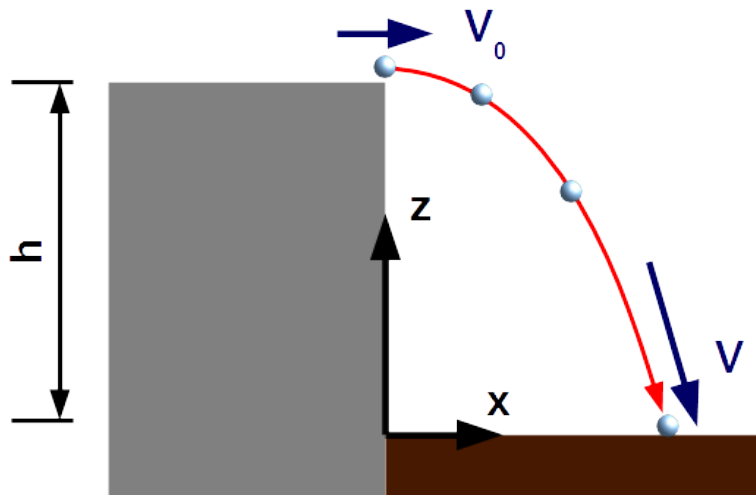


Figure 3.1: Horizontaler Wurf.

1. Vernachlässigter Luftwiderstand:

- a) Was passiert, wenn die Masse des Balls verdoppelt wird?
- b) Wie verändert sich die x -Komponente der Geschwindigkeit als Funktion der Zeit?

2. Mit Luftwiderstand:

- a) Was passiert, wenn die Masse des Balls verdoppelt wird? Wir möchten lediglich eine qualitative Antwort. Wird die Aufprallgeschwindigkeit grösser oder kleiner?
- b) Wie verändert sich die x -Komponente der Geschwindigkeit als Funktion der Zeit? Wieder ist nur eine qualitative Antwort gefordert. Wird v_x grösser oder kleiner mit fortschreitender Zeit?

Anwendung dynamischer Gleichungen bedeutet, dass wir von

$$\vec{F} = m\vec{a} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

ausgehen und die entstehenden Differentialgleichungen lösen. Wir verlangen nicht, dass Sie die Differentialgleichung allgemein lösen. Der Spezialfall für den Fall ohne Luftreibung können Sie aber rein durch Integration bewältigen.

4 SCHÄTZAUFGABE

4.1 PROBLEMSTELLUNG

- Wieviel Energie verbrauchen Sie pro Jahr?

Eine Möglichkeit, den privaten Energieverbrauch abzuschätzen bietet die Website <http://www.2000watt.ch/fuer-mich/wo-stehe-ich/>.

Sie wissen natürlich, dass es an sich fehlerhaft ist, den Energieverbrauch in Watt anzugeben. Was die Leute meinen, wenn sie von Energieverbrauch sprechen, ist folgendes: Die angegebene Wattzahl multipliziert mit 24 Stunden mal 3600 Sekunden pro Stunde mal 365 Tage pro Jahr ergibt den Energieverbrauch pro Jahr. Ansonsten ist die angegebene Website recht gut.

5 SIMULATION VON IMPULSÄNDERUNGEN

5.1 PROBLEMSTELLUNG

•• Ein Objekt bewegt sich in x -Richtung (z.B. ein Schienenwagen mit Antrieb auf Geleisen, welche in x -Richtung ausgerichtet sind). Dabei ändert sich die x -Komponente des Impulses gemäss:

$$\frac{dp_x}{dt} = F_x - ap_x - bp_x^2. \quad (5.1)$$

Dabei sind F_x, a, b Konstanten.

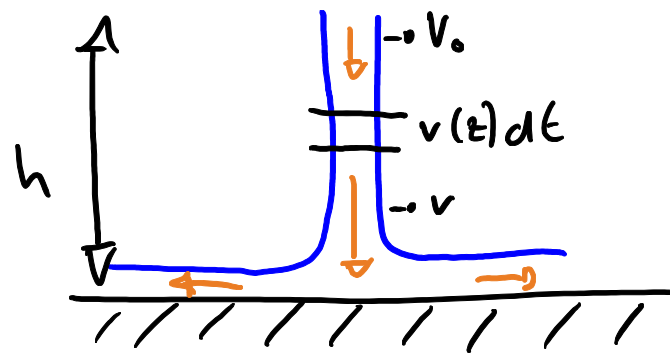
1. Modellieren Sie $p_x(t)$ mit Berkeley-Madonna. Wählen Sie Werte für die Konstanten F_x, a, b .
2. Überprüfen Sie die Simulation mit der Lösung für den stationären Zustand.

6 KRAFT = IMPULSÄNDERUNG!

6.1 PROBLEMSTELLUNG

••• Wasser fliesst aus einer Höhe $h = 25\text{ cm}$ vertikal aus einem Rohr in Richtung Boden. Die Ausflussgeschwindigkeit beträgt (Komponente in z -Richtung) $v_0 = -1\text{ m/s}$ und der Strahldurchmesser des Strahls mit kreisförmigen Querschnitt beträgt $D = 1\text{ cm}$. Beim Auftreffen auf den Boden wird das Wasser um 90° symmetrisch abgelenkt (siehe Fig. 6.1). Welche Kraft wirkt auf den Boden? Beachten Sie: Sie müssen zuerst klären, mit welcher Geschwindigkeit das Wasser auf den Boden auftrifft (Das Wasser fällt eine Strecke h hinunter). Dann müssen Sie klären, wie gross die Impulsänderung ist. Beachten Sie eine Schwierigkeit: Der Wasserstrahl hat, wenn er das Rohr verlässt, einen Durchmesser D . Nun wird das Wasser beim Runterfallen beschleunigt, fliesst also schneller. Da ja kein Wasser entsteht, muss der Strahl dünner werden (sonst käme ja unten pro Sekunde mehr Wasser an als oben aus dem Rohr geflossen ist). Formal ist die Lösung dieser Schwierigkeit sehr einfach, aber Sie müssen wirklich etwas überlegen.

Aufgabe C



$$h = 25 \text{ cm}$$
$$V_0 = -1 \text{ m/s}$$
$$D = 1 \text{ cm}$$

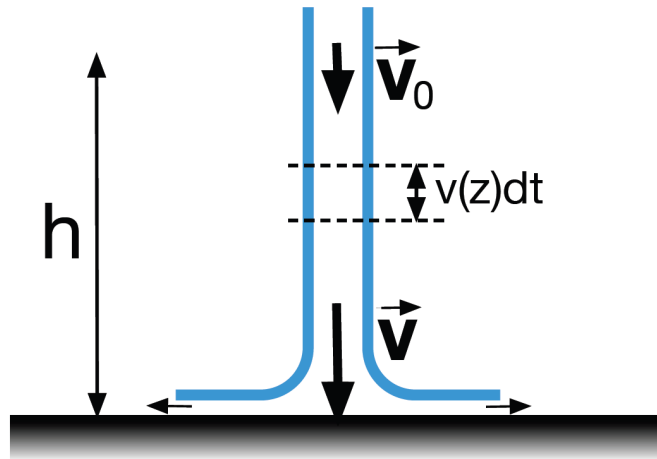


Figure 6.1: Wasserstrahl trifft auf Boden.

ZUSATZAUFGABEN

7 FRAGEN UND ANTWORTEN

• Ein Ball prallt elastisch auf den Boden, s. Fig. 7.1. Wie gross ist die Impulsänderung in x-Richtung?

- $\Delta p_x = 0$.
- $\Delta p_x = 2p_x$.
- $\Delta p_x = mv_x$.
- $\Delta p_x = -p_x$.
- $\Delta p_x = p_y$.

Wie gross ist die Impulsänderung in y-Richtung?

- $\Delta p_y = 0$.
- $\Delta p_x = 2p_y$.
- $\Delta p_x = mv_y$.
- $\Delta p_x = -2p_y$.
- $\Delta p_x = p_y$.

Zwei Massen mit $m_2 > m_1$ haben dieselbe Geschwindigkeit und werden durch eine Feder gebremst. Die Bremszeiten seien gegeben durch t_1, t_2 (Zeit, bis die Masse ruht). Welche Masse ist zuerst in Ruhe?

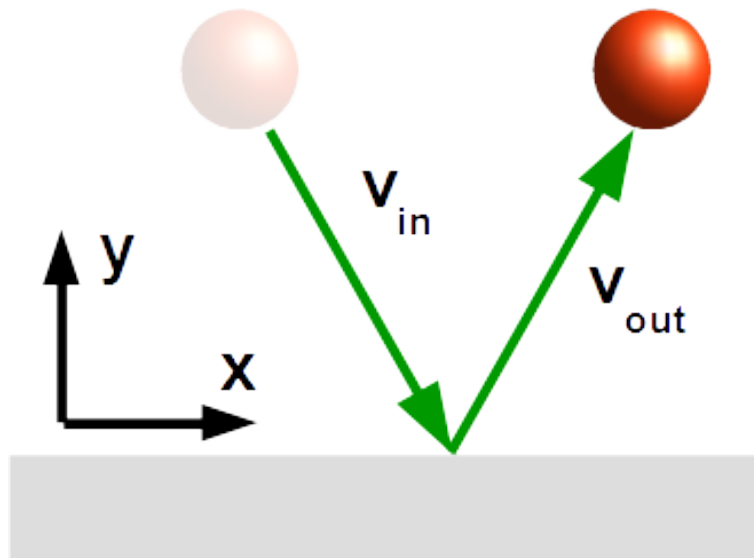


Figure 7.1: Ball prallt auf Boden.

- $t_1 = t_2$.
- $t_1 < t_2$.
- $t_1 > t_2$.
- Kann man nicht sagen.

8 SIMULATION EINER RAKETE

8.1 PROBLEMSTELLUNG

Eine Feuerwerksrakete mit einer Startmasse $m_0 = m_{\text{leer}} + m_{T,0}$ bewegt sich durch Ausstossen von Masse mit einem konstanten Brennrate r_B . Die Austrittsgeschwindigkeit des verbrannten Treibstoffs betrage (relativ zur Rakete) $v_B = 900 \text{ m/s}$. Selbstverständlich spielt auch die Luftreibung eine Rolle.

Erstellen Sie ein BM - Modell, welches diesen Raketenflug simuliert.