

Übungen zur Mechanik

Serie 8: Berechnungen mit der Energieerhaltung und mehr

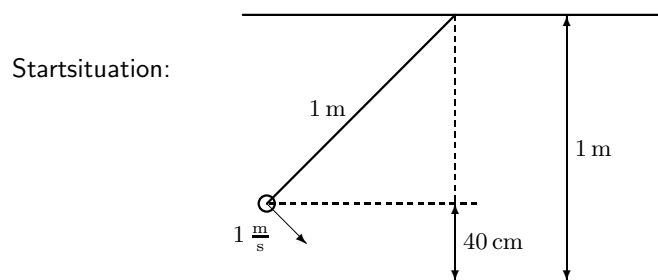
1. Der Medizinball im Unterricht

Ich werfe den Medizinball mit einer Masse 3.5 kg senkrecht in die Höhe. Nach der Beschleunigung, also unmittelbar nach dem Verlassen meiner Hände, beträgt seine Höhe 1.45 m (= Distanz zwischen dem Boden und der Unterseite des Balls).

- Was für Energieumwandlungen laufen ab, bis ich den Ball wieder auffange?
- Der Ball erreicht eine maximale Höhe von 2.38 m. Mit welcher Geschwindigkeit hat er demzufolge meine Hand verlassen?
- Welche Geschwindigkeit hat der Ball auf einer Höhe von 2.00 m über Boden?
- Von welcher zusätzlichen Annahme sind wir bei den Berechnungen unter (b) und (c) ausgegangen? Weshalb war diese Annahme notwendig und weshalb ist sie gerechtfertigt?

2. Ein Fadenpendel

Ein Fadenpendel (Fadenlänge 1.00 m) wird so weit ausgelenkt, dass die Kugel 40.0 cm höher ist, als wenn sie ruhig am Faden hängen würde. In dieser Situation wird der Kugel außerdem eine Startgeschwindigkeit von $1.00 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ gegeben.



- Mit welcher Geschwindigkeit durchquert die Kugel die tiefste Lage ihrer Bahn?
- Welche Höhe über der tiefsten Lage erreicht die Kugel bei ihrer Pendelbewegung maximal? Gib die Antwort in Zentimeter.

3. Abschuss auf einem Turm

Auf der Aussichtsplattform eines Turms werfe ich einen Stein senkrecht in die Höhe (Abwurfhöhe: 34 m über Boden). Er erreicht eine maximale Höhe von 51 m über Boden.

- Mit welcher **Geschwindigkeit** habe ich den Stein in die Höhe geworfen? Der Luftwiderstand sei vernachlässigbar.
- Auf welcher **Höhe über Boden** kommt der Stein mit einer Geschwindigkeit von $12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ vorbei?
- Beim Herunterfallen verfehlt der Stein die Plattform, auf der ich stehe und fällt bis zum Erdboden weiter. Bis zum Aufprall auf dem Boden wächst der Luftwiderstand merklich an, sodass der Stein ($m = 273 \text{ g}$) bis dahin insgesamt 15 J an mechanischer Energie verliert. Mit welcher **Geschwindigkeit** erfolgt der Aufprall am Boden?

4. Die Leistung des Jet d'Eau in Genf

In Genf steht am Seebecken eine Wasserfontäne, der **Jet d'Eau** (sprich: "Schedo"), welche einen Wasserstrahl 125 m in die Höhe schießt.



- (a) Berechne, mit welcher Geschwindigkeit das Wasser (theoretisch) unten aus der Düse geschossen werden muss. Gib deine Antwort in $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Tipp: Stelle dir den Strahl zusammengesetzt aus vielen kleinen Portionen Wasser vor und denke die Aufgabe für eine einzelne solche Portion durch.

- (b) In der Realität beträgt die Strahlgeschwindigkeit unten etwa $216 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Begründe in ein paar Sätzen, warum diese Geschwindigkeit größer ist als die unter (a) berechnete.

- (c) Pro Sekunde verlassen 500 Liter Wasser (entspricht etwa 500 kg) die Düse unten. Bestimme mit der Angabe in (b), welche Beschleunigungsleistung die Wasserpumpen am Wasser verrichten müssen. Geben Sie die Antwort in Kilowatt.

Tipp: "Leistung ist Arbeit pro Zeit." Die Beschleunigungsleistung ist demnach gegeben durch die pro Zeitspanne am Wasser verrichtete Beschleunigungsarbeit.

5. Reibungsarbeit eines "Brummis"

Ein Lastwagen besitze eine Masse von 28 t. Ohne auf die Bremse (oder aufs Gaspedal) zu treten verringere sich seine Geschwindigkeit auf einer horizontalen Strecke von 150 m von $55 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ auf $45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Wir wollen annehmen, der Luftwiderstand spiele für diese Temporeduktion keine Rolle.

Wie groß ist demnach die Rollreibungszahl zwischen Pneu und Straße?

Tipp: Energieerhaltung bedeutet hier: $E_{\text{kin},1} = E_{\text{kin},2} + W_{\text{R}}$.

6. Einen Gummiball fallen lassen

Ein Gummiball wird fallen gelassen und hüpft anschließend einige Male auf und ab, bevor er auf dem Boden liegen bleibt.

- (a) Nach dem Bodenkontakt springt der Ball wieder in die Luft. Weshalb ist die danach erreichte Maximalhöhe sicher kleiner als die Höhe, aus welcher der Ball fallen gelassen wurde?

Gib eine kurze Erklärung, in welcher du dich auf die Energie des Balls beziehen. Achte dabei auf einen korrekten Gebrauch der physikalischen Fachsprache.

- (b) Während dem Hüpfen gibt es immer wieder einen Moment, in welchem der Gummiball den Boden berührt und keine Geschwindigkeit hat (unterster Punkt der Bewegung).

In welcher Energieform liegt die mechanische Energie des Balls in diesem Moment und woran ließe sich diese Energieform erkennen?

7. Bessere Autos?

Ein Auto ($m = 1200 \text{ kg}$) ist mit $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ unterwegs. Plötzlich muss der Fahrer abrupt bremsen. Nach kurzer Zeit gibt er die Bremse wieder frei und das Auto rollt mit $44 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ weiter.

- Wie viele kJ kinetische Energie sind während diesem Bremsvorgang verloren gegangen?
- Was ist (bei einem konventionellen Auto) mit dieser verlorenen Energie passiert?
- Wie könnte man diese verloren gegangene Energie später wieder zur Beschleunigung des Autos verwenden? Gesucht ist ein Zwischenspeicher für die verlorengegangene Energie.

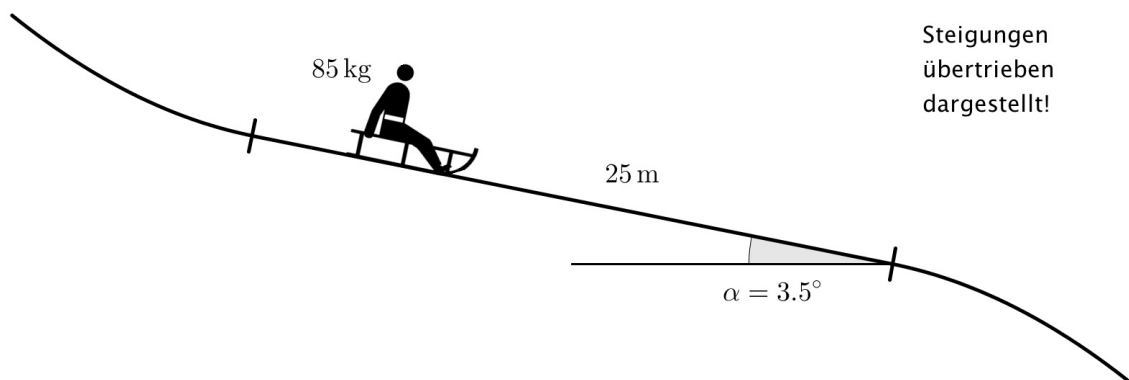
8. Ein Auto am Hang

Ein Auto steht auf einer leicht geneigten Straße. Es besitzt eine Masse von 1150 kg . Der Fahrer löst die Bremse und das Auto beginnt (ohne Motorenhilfe) abwärts zu rollen. Nach genau 5.00 m Höhendifferenz besitzt es eine Geschwindigkeit von $34.7 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

- Wie viele kJ potentielle Energie hat das Auto während dem Vorgang verloren?
- Welche Beschleunigungsarbeit wurde (durch die Gewichtskraft) am Auto verrichtet?
- Deine Resultate aus (a) und (b) sollten bestätigen, dass das Auto während dem Vorgang kein abgeschlossenes System bildete. Woraus wird das klar und weshalb war das Auto kein abgeschlossenes System? Wie viel Energie hat das System verloren?

9. Reibungsverlust beim Schlitteln (Zwischenprüfungsaufgabe)

Auf einem etwas flacheren Teilabschnitt einer Schlittelbahn (Neigungswinkel: 3.5° , Länge: 25 m) verringert sich die Geschwindigkeit eines Schlittlers (inkl. Schlitten 85 kg) von $6.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ auf $5.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, wenn er nicht angibt und es einfach laufen lässt.



- Wie groß ist die auf dieser Strecke verlorene mechanische Energie resp. die verrichtete Reibungsarbeit?**

Der Luftwiderstand sei vernachlässigbar.

Tipp 1: Potentielle und kinetische Energie sind zu Beginn des Streckenabschnittes zusammen gleich groß wie die kinetische Energie und die bis dahin erfolgte Reibungsarbeit (Nullniveau der potentiellen Energie = Ende des Streckenabschnittes).

Tipp 2: Die Anfangshöhe folgt aus einer trigonometrischen Überlegung (Vervollständigung des Steigungsdreiecks in der Skizze): $\sin \alpha = \dots$

- Berechne aus dem Resultat von Aufgabe (a) die Gleitreibungszahl zwischen Schlitten und Schnee.**

Tipp: "Arbeit ist Kraft mal Weg." Diese Definition gilt auch für die Reibungsarbeit: $W_R = F_R \cdot s$. Bedenke, dass wir uns auf der schiefen Ebene befinden. D.h., es gilt:

$$F_R = \mu \cdot F_N = \mu \cdot F_{G,\perp} = \dots$$

10. *Trionda in Aktion*

Der offizielle WM-Fussball 2026 trägt den klingenden Namen **Trionda** ("Tri" für die drei austragenden Länder, "Onda" für die La-Ola-Welle – ja, so kreativ ist die Fifa...).

Welche **Beschleunigungsleistung** erfährt der Trionda ($m = 435 \text{ g}$) beim Treten eines Penaltys, wenn er anschließend mit $93 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ aufs Tor zu fliegt und der Tritt gerademal 7.6 ms gedauert hat ($\text{ms} = \text{Millisekunden}$)?

Gib die Antwort in Kilowatt.



11. *Eine Sylvesterrakete*

Bei einem Sylvesterfeuerwerk startet eine Feuerwerksrakete senkrecht nach oben. Sie erreicht eine Höhe von 47 m bis sie schließlich explodiert.

Die Hülle der Rakete ($m = 72 \text{ g}$) fällt anschließend von dieser Höhe aus leer zu Boden. Mit welcher Geschwindigkeit schlägt sie auf dem Boden auf?

Beantworte diese Frage **unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes**, welcher während dem Fallen zu einem Energieverlust von 14 J führt.

12. *Elektrizitätskosten beim Theater*

In einem kleinen Theater sind 18 Scheinwerfer mit einer maximalen Bezugsleistung von je 850 W im Einsatz. Wir wollen annehmen, das Theaterstück dauert $1\frac{3}{4}$ Stunden, während denen die Scheinwerfer im Mittel mit 55% ihrer maximalen Leistung am leuchten sind.

Wie teuer sind unter diesen Annahmen die Kosten für die elektrische Energie der Scheinwerfer bei einer Aufführung?

Strompreis: Normaltarif von 20 Rp. pro kWh .

13. *Ausreden für den persönlichen Energieverbrauch. . .*

Otto Schlaumeier: "Ich bin sehr fürs Energiesparen. Zuhause zieh' ich den Stecker immer ganz raus, wenn ich ein Gerät nicht verwende. So vermeide ich den Standby-Betrieb von Computer, Ladegeräten, Stereoanlage, etc. . . . Dafür erlaube ich mir dann einmal pro Jahr zu fliegen. Im Schnitt beträgt meine jährliche Flugstrecke etwa 8000 Kilometer (\approx New York hin und zurück)."

In dieser Aufgabe sollst du Ottos Energieersparnis durch Vermeidung der Bereitschafts-Zustände (Standby) zuhause und seinen Energieverbrauch für das Fliegen miteinander vergleichen! Gehe dazu von folgenden realistischen Annahmen aus:

- Für den Standby-Verbrauch Ottos sämtlicher elektrischer Geräte nehmen wir einen permanenten Leistungsbezug von 7.0 W während dem ganzen Jahr an. (Das ist vermutlich sogar noch wesentlich zu viel, denn bei einem einzelnen Gerät darf man gemäss den Öko-Richtlinien der EU nur dann von einem Standby-Zustand sprechen, wenn nicht mehr als 0.5 W bezogen wird.) Diesen Leistungsbezug spart Otto ein.
- Für die jährliche Flugdistanz von 8000 km werden, heruntergerechnet auf den einzelnen Passagier, etwa $3000 \text{ lit. Kraftstoff}$ (Kerosin) benötigt. Dieser besitzt einen Energieinhalt von $34.5 \frac{\text{MJ}}{\text{lit.}}$ (Megajoule pro Liter).

Wie steht es nun mit Ottos Rechtfertigung für das Fliegen? Vergleiche seine jährliche Energieeinsparung durch Standby-Vermeidung mit dem Energieverbrauch für seine jährliche Flugdistanz und kommentiere das Resultat kurz (und knackig!).