

Habt ihr schon gewusst 273b ... Mechanik

Aufgabe M.01

Eine CO₂-Patrone wird fest auf einem Wagen montiert. Die CO₂-Patrone hat gefüllt (neu) eine Masse von 25 g; nach dem Entleeren hat sie eine Masse von 21,5 g. Der Wagen, auf dem die Patrone befestigt wird, hat eine Masse von 385 g. Die Patrone soll sich gleichmäßig in 8 Sekunden entleeren. Nach der Beschleunigung aus der Ruhe heraus hat der Wagen mit der fest montierten Patrone eine Endgeschwindigkeit von 3,75 m/s.

- Bestimmen Sie die Impulsänderung des Wagens.
- Bestimmen Sie die Ausströmgeschwindigkeit des CO₂-Gases
- Welche Schubkraft hatte die Patrone, wenn man davon ausgeht, dass der Schub während der Beschleunigung konstant ist. Warum ist das nur eine grobe Näherung?
- Welche Bewegungsenergie hat der Wagen?
- Welche Energie hatte das ausgeströmte Gas insgesamt aufgenommen?
- Warum wird die Patrone beim Ausströmen kalt?
- Diskutiere mit deinem Team die Entropiebilanz beim Ausströmen des Gases!

Aufgabe M.02

Die Definition der Winkelgeschwindigkeit ist $\omega = \frac{\Delta \alpha}{\Delta t}$

Zeigen Sie, dass die Winkelgeschwindigkeit ω bei einer Kreisbewegung mit der Bahngeschwindigkeit und dem Radius in folgender Weise zusammen hängt:

$$\omega = \frac{v}{R}$$

Eine Fliege sitzt auf einer Drehscheibe und kann sich mit ihren Krallen gerade noch auf der Drehscheibe halten. Wohin müsste die Fliege krabbeln, um sich auch bei einer erhöhten Winkelgeschwindigkeit auf der Drehscheibe halten zu können?

Die Kraft, die notwendig ist, damit sich ein Körper mit der Masse m und der Geschwindigkeit v auf einer Kreisbahn mit dem Radius r bewegen kann, ist:

$$F_{ZP} = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Aufgabe M.03

[01] **Freier Fall:** Berechne die Beschleunigung eines Körpers, wenn man ihn im Vakuum fallen lässt.

Hanna weiß: Lässt man zwei Körper im Vakuum fallen, dann erfahren diese beiden Körper die gleiche Beschleunigung – völlig unabhängig davon, welche Masse die beiden Körper haben. Wenn die Körper aber z.B. in der Luft nach unten fallen, dann spielt der Luftwiderstand eine Rolle.

[02] Hanna erwartet auf dem Hintergrund dieses Wissens: Je größer der Luftwiderstand eines Körpers ist, umso kleiner fällt die Beschleunigung beim „realen Fall“ aus. *Hat Hanna Recht?*

[03] Hanna erwartet weiter, wenn man aber zwei Körper mit unterschiedlicher Masse – aber mit gleichem Luftwiderstand fallen lässt, dann dürfte der Luftwiderstand keine Rolle spielen. Sie nimmt zwei Luftballone, füllt einen vollständig und einen zweiten nur zur Hälfte mit Wasser – beide Luftballone haben nach dem Füllen die gleiche Größe (also auch den gleichen Luftwiderstand). Sie lässt die beiden Luftballone aus dem 6ten Stock gleichzeitig fallen. Was wird sie beobachten?

Aufgabe M.04

Der Planet im Märchen „Le Petit Prince“ von Saint-Exupéry hat einen Radius von 50 m, eine Dichte von $\rho = 5 \text{ g/cm}^3$ und ein Tag auf diesem Planeten dauert 2 Stunden.

[01] Bestimmen Sie die Masse dieses Planeten.

[02] Die Zwiebel der schönen - aber vergängliche Blume - hat eine Masse von 0,1 g. Welche Gewichtskraft erfährt diese schöne - aber vergängliche Blume -?

[03] Kann man diese schöne - aber vergängliche Blume – am Äquator des Planeten pflanzen?

Aufgabe M.05

In einem Physikbuch steht für den Fall, dass ein Körper mit der Masse m bei Luftwiderstand nach folgender Formel beschleunigt wird $a = (m \cdot g - C_v) / m$. Welche Einheit hat C_v ... Deute diesen Größe!

Aufgabe M.06

Horst meint, bei einer Geschwindigkeit von 36 km/h benötigt er mit dem Auto einen Bremsweg von 10m. Bei einer doppelt so hohen Geschwindigkeit erwartet er einen doppelt so großen Bremsweg. Horst weiß, dass der TÜV bei der Bremsprobe erwartet, dass die Bremskraft etwa der halben Gewichtskraft des Autos entspricht.

- [01] Kann die Vermutung stimmen, dass bei 36 km/h ein Bremsweg von 10m genügt?
- [02] Stimmt die Vermutung von Horst bzgl. der Verdoppelung des Bremsweges bei doppelter Ausgangsgeschwindigkeit?

Aufgabe M.07

Ein Auto durchfährt eine 90° Kurve. Am Anfang der Kurve hat das Auto eine Geschwindigkeit von 60 km/h – am Ende der Kurve hat das Auto noch eine Geschwindigkeit von 40 km/h. Die Masse des Autos beträgt 1,5 kg. Welchen Impuls hat das Auto vor und nach der Kurve? Welcher Impuls wurde hierbei an die Erde abgegeben?

Aufgabe H.01

- [01] Ein Überlaufgefäß wird vollständig mit Wasser gefüllt. Nun wird ein Körper mit der Masse $m=10\text{g}$ und der Dichte 5g/cm^3 in das Überlaufgefäß getaucht. Wie viel Wasser wird überlaufen?
- [02] Nun setzt man ein Papierschiff (Masse vernachlässigbar klein) in das Überlaufgefäß und legt den Stein in das Boot. Wie viel Wasser läuft jetzt über?
- [03] Die obigen zwei Experimente werden mit einem Körper wiederholt, der eine Dichte von $0,9\text{g/cm}^3$ hat. Ergibt sich ein Unterschied?

Aufgabe H.02

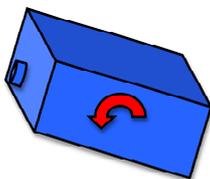
Ein Wasserbecken wird mit Wasser gefüllt. Mit dem Drucksensor des XplorerGLX bestimmt man den Druck am Boden des Wasserbeckens. Nun taucht man einen Stein mit der Masse von 1,2 kg und dem Volumen von 600 cm^3 in das Becken. Ändert sich der Druck am Boden des Beckens? Wenn ja, bestimmen Sie diese Druckänderung.

Aufgabe H.03

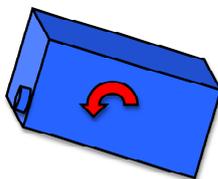
Hannes behauptet, Luft habe kein Gewicht. Um das zu beweisen, legt er zwei Gefrierbeutel auf eine Waage, mit der man Massenunterschiede von 0,001 g feststellen kann. Den einen Gefrierbeutel füllt er vollständig mit Luft, der anderen Gefrierbeutel bleibt vollständig leer. Was wird Hannes bei diesem Experiment feststellen? Wie kann er das Resultat erklären?

Aufgabe H.04

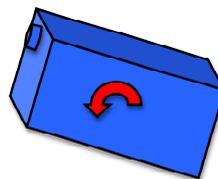
Eine H-Milchtüte hat die Form eines Quaders und die Öffnung (ein Plastikschaubverschluss) befindet sich in einer Ecke der Oberseite. Untersuche und Begründe das Ergebnis der Versuche, wenn man die Milchtüte folgendermaßen entleert:



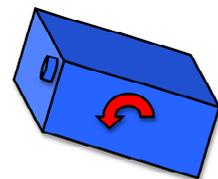
Fall A



Fall B



Fall C



Fall D

Differenzierte Aufgaben ...

Flugphysik

In den „Aero-Aufgaben geht man von folgenden Voraussetzungen aus:

Auftriebsformel $F_A = 1/2 \cdot C_A \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$

Luftwiderstand $F_W = 1/2 \cdot C_W \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$

„Jumbo“ B 747 Länge 70,5m | Spannweite 59,6m | Reisegeschwindigkeit 910 km/h |
Reisehöhe 10 000 m | Reichweite 10 000 km | Passagierzahl 355 | Gesamtmasse mit Treibstoff 320 t | Maximalschub jedes der vier Triebwerke $0,22 \cdot 10^6$ N | Fläche beider Tragflächen bei eingefahrenen Klappen im Reiseflug 430 m²

„Airbus“ A 320 Länge 37,6 m | Spannweite 43,9 m | Reisegeschwindigkeit 830 km/h |
Reisehöhe 10 000 m | Reichweite 3 000 km | Passagierzahl 134 ... restliche Daten siehe Internet ☺

Aero-Aufgabe 1a

Die Take-Off-Geschwindigkeit einer 747 sei 300 km/h; der Schub in der Startphase beträgt $8 \cdot 10^5$ N; die Masse beim Start ist 300 t.

Am Start geht man davon aus, dass die Rollreibungskraft 10% der Schwerkraft ausmacht. Der Luftwiderstand in dieser Phase ist vernachlässigbar.

Vor dem Take-Off sind die Räder fast unbelastet – also geht in dieser Phase die Rollreibung gegen Null; gleichzeitig wächst aber der Luftwiderstand und beträgt beim Abheben etwa 1/20-tel der Auftriebskraft.

- Bestimmen Sie aus diesen Daten die durchschnittliche Beschleunigung beim Start! ¹
- Wie lange dauert die Rollphase auf der Startbahn? ²
- Wie lange muss die Startbahn mindestens sein? ³

Aero-Aufgabe 1b

Die Startbahn ist aus Sicherheitsgründen - im Regelfall - 1/3 länger als die notwendige Startstrecke. Bestimmen Sie, welche Schubkraft minimal notwendig wäre, um auf einer Startbahnlänge von 3 000m zu starten. ⁴

Aero-Aufgabe 1c

Wie viele Triebwerke können während der Startphase bei einer 747 ausfallen und die Maschine kann bei 3 000 m Startbahnlänge immer noch sicher starten?

Warum kann man bei einer 747 die Maschine nach 2 500 m (300 km/h) nicht mehr abbremsen, wenn man feststellt, dass z.B. die Triebwerke nicht ordnungsgemäß arbeiten? ⁵

Aero-Aufgabe 1d

Eine 747 fliegt in 10 000 Höhe mit 910 km/h bei einer Luftdichte von $0,4 \text{ kg/m}^3$ bei einem C_A -Wert von 0,5..

¹ Die Rollreibungskraft liegt am Anfang der Startphase in der Größenordnung von $3 \cdot 10^5$ N; der Luftwiderstand liegt am Ende der Rollphase bei etwa $1,6 \cdot 10^5$ N ... d.h. wir können mit einer durchschnittlichen Reibungskraft von $2 \cdot 10^5$ N rechnen. Damit ergibt sich eine Beschleunigung von etwa $1,7 \text{ m/s}^2$

² ... eine Rollzeit von ≈ 50 s.

³ ... eine Rollstrecke von $\approx 2 000$ m

⁴ ... bei einer Rollstrecke von 3 000m ergibt sich eine notwendige Beschleunigung von $1,1 \text{ m/s}^2$ und eine notwendige Schubkraft von $6 \cdot 10^5$ N ...

⁵ ... $\frac{3}{4}$ der Schubkraft ist bei einer Startstrecke von 3 000m notwendig ... d.h. ein Triebwerk kann komplett ausfallen und die Maschine kommt immer noch in die Luft. Eine Abbremsung wäre gegen Ende der Rollphase nicht mehr möglich – bei defekten Triebwerken könnte man die Maschine nur mit den Radbremsen verzögern ... diese Verzögerung würde nicht ausreichen, um die Maschine auf 500m zum stehen zu bringen.

Schwerpunktsatz

Strohalm-Aufnahme

Ein Strohhalm liegt zur Hälfte auf einer Tischplatte, die andere Hälfte ragt über die Kante des Tisches hinaus. Der Tisch ist ideal glatt, so dass der Strohhalm darauf reibungsfrei gleitet. Eine Fliege landet (von oben kommend) auf dem auf dem Tisch liegenden Ende des Strohhalms und läuft zum anderen Ende, ohne dass der Strohhalm dabei kippt. Als sie hinten angekommen ist, landet eine zweite Fliege auf dem überstehenden Ende, um ihr Gesellschaft zu leisten.

Wie groß darf die Masse der zweiten Fliege höchstens sein, wenn der Strohhalm nicht kippen soll?

Lösung

Da es keine Reibung gibt, befindet sich der Schwerpunkt des Systems aus Strohhalm und Fliege in Ruhe. Bewegt sich die Fliege um a nach rechts, dann bewegt sich der Strohhalm (Schwerpunktsatz) um $b = a \cdot m/M$ nach links. Ist die Fliege am Ende des Strohhalms angekommen, gilt $a + b = L$ und $b(1 + M/m) = L$

Für M kleiner oder gleich m wird b größer oder gleich $L/2$, d.h. der ganze Strohhalm liegt auf dem Tisch und die zweite Fliege kann beliebig schwer sein.

Hat die Fliege aber eine kleinere Masse als der Strohhalm, dann gilt: $M \cdot g \cdot b > (m + m^*) \cdot g(L/2 - b)$ und damit ergibt sich $M \cdot L > (m + m^*)(M/m - 1) \cdot L/2 \dots$ oder $m^* < m \cdot (M + m)/(M - m)$

Wenn die Masse des Strohhalms viel größer ist als diejenige der Fliege, gilt $m^* < m$, das heißt die zweite Fliege darf keine größere Masse haben als die erste.

Logik I

Aussage A: Kein Apfel ist eine Zitrone

Aussage B: Keine Zitrone ist ein Apfelsine

Ist es logisch aus A und B zu folgern: Kein Apfel ist eine Apfelsine?

Begründen Sie, warum diese Folgerung falsch wäre!

Finden Sie ein Gegenbeispiel ...