

Übungsblatt 6

Besprechung in der Woche vom 14.12.2020

Aufgabe 1

ISS Versorgungsflug. Die ISS Raumstation muss regelmäßig versorgt werden. Ein bekanntes amerikanisches Raumfahrtunternehmen bietet hierfür Flüge mit einer Ihrer Raketen an. Wir wollen der Einfachheit halber annehmen, dass es sich bei der verwendeten Rakete um ein einstufiges Modell handelt und der Luftwiderstand sowie die Gravitationsbeschleunigung vernachlässigt werden können. Die Masse der ersten Rakete sei 450.000 kg, wobei 88 % davon Treibstoff ist, der mit einer Geschwindigkeit von 4,5 km/s ausgestoßen wird.

- Welche Endgeschwindigkeit kann die Rakete erreichen?
- Die Rakete benötigt 162 s um den gesamten Treibstoff auszustoßen. Der Schub wird dabei konstant gehalten. Geben sie die Geschwindigkeit der Rakete als Funktion der Zeit an. Welche Beschleunigung wirkt dabei auf einen Astronauten, der mit dieser Rakete mitfliegt? (in Einheiten von g)
- Für Raketen wird häufig Flüssigtreibstoff verwendet, beispielsweise eine Mischung aus Sauerstoff und Wasserstoff. Damit können große Triebwerke betrieben werden, die den benötigten Schub liefern um die Atmosphäre zu verlassen. Außerhalb der Atmosphäre bieten sich Iontriebwerke an, bei denen Gase zunächst in dem Triebwerk beschleunigt und dann mit hoher Geschwindigkeit ausgestoßen werden. Warum verwenden diese Triebwerke das verhältnismäßig teure Gas Xenon anstelle von bspw. Neon?

Aufgabe 2

ISS Versorgungsflug - Fortsetzung. In der Realität wird eine Rakete in einer ähnlichen Größenordnung wie aus Aufgabe 1 verwendet, um eine Raumfähre in einen Orbit zu bringen. Diese kann dann an die ISS andocken, um Ihre Fracht abzuliefern. Wir wollen dabei das Koordinatensystem benutzen, in dem die ISS am Anfang in Ruhe ist und annehmen, dass sich die Raumfähre mit einer relativen Geschwindigkeit von 0,1 m/s an die ISS annähert. Die Massen der Raumfähre und der ISS seien 25.000 kg und 450.000 kg.

- Welche Geschwindigkeit hat das Raumfähren-ISS Gespann, wenn erfolgreich andockt wurde?
Hinweis: Hier handelt es sich um einem unelastischen Stoß. Warum?
- Betrachten sie die gesamte kinetische Energie vor und nach dem Stoß. Ist dies verträglich mit der Energieerhaltung?
- Welche Geschwindigkeit haben die Raumfähre und die ISS, wenn das Andocken fehlgeschlagen ist? Nehmen Sie hierfür an, dass ein fehlgeschlagenes Manöver zu einem vollständig elastischen Stoß führt.

Aufgabe 3

Impulserhaltung an der Uni. Zwei Personen der Massen m_1 und m_2 und den Geschwindigkeiten $|v_1| = |v_2| = 15$ km/h rennen in der Universität auf dem Flur frontal ineinander. Beim Aufprallen

halten sich die Personen aneinander fest und bewegen sich gemeinsam weiter. Wie groß ist die Geschwindigkeit der beiden Personen nach dem Stoß bei einem Massenverhältnis von:

- a) 1 : 1 (Student gegen Student)
- b) 2 : 1 (Technischer Assistent gegen Student)
- c) 10 : 1 (Sehr dicker Professor gegen Student)
- d) in welche Richtung bewegen sich die Personen in den jeweiligen Fällen?
- e) Was passiert im Fall c), wenn sich die Personen nicht aneinander festhalten (der Bauch des Professors ist perfekt elastisch). Welche Geschwindigkeit hat der Student nach dem Zusammenstoß?

Aufgabe 4

Reale Stöße. In der Vorlesung hatten wir die Grenzfälle des (vollständig) elastischen und (vollständig) inelastischen Stoßes behandelt. Reale Stöße liegen aber meistens zwischen diesen Grenzfällen. Dies wollen wir in dieser Aufgabe mit Hilfe der *phyphox* App untersuchen.

- a) Installiere die App *phyphox* auf deinem Handy (oder einem dafür ausgeliehenem Handy), falls du dies noch nicht gemacht hast (oder auf einem dafür ausgeliehenem Handy - oder bearbeite die Aufgabe mit einer Partner/in die ein geeignetes Handy hat). In diesem Versuch benötigen wir die erste Funktion unter „Mechanics“ mit dem Namen „(In)elastic collision“. Ein Video mit Demonstrationen und Erklärungen zu dieser Funktion gibt es hier <https://www.youtube.com/watch?v=sqCEo4tj3e4>.
- b) Wir wollen nun Energieverluste beim Aufprall eines Gegenstandes auf dem Boden betrachten. Wähle hierzu einen Gegenstand, bei denen man mindestens drei Aufpralle nacheinander beobachten kann, also z.B. Bälle oder Murmeln. Bei „Settings“ sollte der „Threshold“ so gewählt werden, dass Hintergrundgeräusche die Messung nicht beeinflussen. Nun starte die Messung durch Drücken des „Play“ Symbols und lasse den Gegenstand aus einer geeigneten Höhe fallen. Führe die Messung für beide Gegenstände nacheinander durch.
- c) Notiere die Zeitintervalle zwischen den Aufschlägen auf dem Boden in einer Tabelle. Entweder kannst du sie einfach vom Bildschirm der App notieren oder du exportierst die Daten deiner Messung aus der App und bearbeitest sie in einer Software deiner Wahl (z.B. Excel) weiter. Zum Export der Daten kannst du die Funktion „Export Data“ im Menu oben rechts nutzen.
- d) **Für die Analyse mit Software:** Öffne die Daten in einem Programm deiner Wahl, z.B. QtPlot oder Excel. Für programmieraffine mit Python-Kenntnissen sind „Jupyter Notebooks“ und die „Numpy“ oder „Pandas“ Pakete sehr empfehlenswert.
- e) Berechne aus den gemessenen Zeitintervallen zwischen den Aufschlägen die maximalen Höhen, die zwischen den Aufschlägen erreicht werden *Hinweis: Zwischen den Aufschlägen auf dem Boden kann man die Bewegung als freien Fall nähern und die gemessenen Zeiten sind die Abstände zwischen zwei Aufprallen, also eine Anstiegs- und eine Fallbewegung.*
- f) Berechne nun die Verhältnisse der Energien jeweils zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufprallen. Dieses Verhältnis E_{N-1}/E_N ist ein Maß für den Energieverlust beim Aufprall, wobei E_N die Gesamtenergie des Gegenstandes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufschlägen ist. *Hinweis: Überlege, welche Energie hier involviert sind. Zur Berechnung von E_{N-1}/E_N betrachte den Gegenstand jeweils am höchsten Punkt zwischen den Aufschlägen.*
- g) Kann man aus den bisherigen Berechnungen auf die ursprüngliche Fallhöhe h_0 schließen?