

# Übungsblatt 5

## Besprechung am 28.11.2017/30.11.2017

### Aufgabe 1

**Bungeeseil Energieerhaltung.** Fred steht auf einer Brücke 200 m über einem spitzen Felsen. Fred möchte den Bungeesprung so durchführen, dass er am tiefsten Punkt mit seinem Kopf die Spitze des Felsens zwar berührt, dabei allerdings keine Relativgeschwindigkeit mehr zum Felsen hat (physikalisch gesehen ist das also völlig ungefährlich). Nähern Sie das Bungeeseil als ideale Feder und vernachlässigen Sie den Luftwiderstand.

- a) Schlagen Sie Fred ( $m = 90,0 \text{ kg}$ ) ein Seil vor mit dem er diesen Sprung durchführen kann.  
*Hinweis:* Rechnen Sie mit dem Energieerhaltungssatz und berechnen Sie die benötigte Federkonstante für eine beliebige sinnvolle ungedehnte Ausgangslänge  $l_0$  des Seils.
- b) Mit den Annahmen aus Aufgabe a) würde Fred nachdem er den Stein berührt hat auch wieder die volle Höhe erreichen, also gegen die Brücke prallen, oder im besten Fall wieder auf der Brücke stehen. In der Praxis beobachten wir das nicht. Bedeutet das, dass die Energieerhaltung nur in der Theorie Gültigkeit hat?

### Aufgabe 2

**Felix Baumgartner vs. Gewöhnlicher Fallschirmspringer.** Ein gewöhnlicher Fallschirmspringer mit einer Masse von  $m = 90,0 \text{ kg}$  springt aus einer Höhe von 4,00 km aus einem Flugzeug. Die bei diesem Sprung auftretenden Reibungskräfte können gut durch die in der Vorlesung besprochene Newton'sche Reibung genähert werden.

- a) In der stabilen Flugposition mit gespreizten Armen und Beinen hat der Fallschirmspringer eine Referenzfläche von  $A = 0,800 \text{ m}^2$  und einen  $C_W$  von 0,715. Die Dichte von Luft beträgt  $1,00 \text{ kg/m}^3$ . Welche maximale Endgeschwindigkeit kann der Fallschirmspringer in dieser Position erreichen? *Hinweis:* Für die Berechnung der Endgeschwindigkeit setzen sie die Gewichtskraft gleich Reibungskraft.
- b) Der Fallschirmspringer möchte jetzt so schnell wie möglich fallen, deshalb springt er mit dem Kopf voraus, wodurch sich zum einen seine Referenzfläche auf  $0,150 \text{ m}^2$  verringert und er etwas „windschnittiger“ wird, weshalb sein  $C_W$ -Wert auf 0,610 sinkt. Wie schnell kann er jetzt maximal werden?

- c) Am 14. Oktober 2012 erreichte Felix Baumgartner eine Geschwindigkeit von 1357,6 km/h im freien Fall. Wie war das möglich? Welche (als konstant angenommene) Dichte der Luft ist nötig um diese Endgeschwindigkeit zu erreichen? Bei dieser Geschwindigkeit ist eine stabile Fluglage unmöglich, man rotiert unkontrolliert. Rechnen Sie deshalb mit den Flächen- und  $C_W$ -Werten aus a).

### Aufgabe 3

**Gravitation und Umlaufbahnen.** Sputnik 1 war der erste Erdsatellit und damit das erste von Menschen hergestellte Objekt, das die Erde umkreiste. Der russische Satellit wurde vor etwas mehr als 60 Jahren am 04. Oktober 1957 von einer Rakete in einen Erdorbit geschossen und startete damit den „Wettlauf ins All“ zwischen den Russen und Amerikanern. Die Amerikaner gewannen schließlich den Wettlauf mit der Mondlandung am 21. Juli 1969, mithilfe der Saturn V Rakete, die von dem deutschen Physiker Wernher von Braun konstruiert wurde.

Der Sputnik hatte eine Masse von  $m_S = 83,7$  kg. In der folgenden Aufgabe können sie die Erdrotation und die Luftreibung der Atmosphäre vernachlässigen.

- a) Stellen Sie eine Gleichung für stabile, kreisförmige Umlaufbahnen um die Erde auf. Geben Sie einen Ausdruck für die Umlaufzeit (d.h. die Zeit für eine vollständige Umrundung der Erde) als Funktion des Radius der Umlaufbahn an.
- b) Nehmen Sie an, dass sich Sputnik 1 auf einer kreisförmigen Umlaufbahn 180 km über der Erdoberfläche befindet. Wie lange benötigt der Satellit für eine Umrundung der Erde? Wie würde sich die Umlaufzeit ändern wenn der Satellit auf gleicher Höhe um den Mond statt um die Erde kreiste? Welche Umlaufgeschwindigkeiten ergeben sich jeweils?
- c) Was kann man über die Umlaufzeiten von Satelliten sagen, die in kleinen Höhen um Planeten mit verschiedenen Größen aber gleichen Dichten fliegen?  
*Hinweis:* Sie dürfen annehmen, dass  $r_{Planet} \approx r_{UmlaufbahnSatellit}$  ist. Ersetzen Sie außerdem die Masse des umkreisten Planeten durch die Dichte multipliziert mit dem Volumen.
- d) Kann man aus der Beobachtung der Umlaufzeit und der Umlaufbahn auf das Gewicht des Satelliten schließen? Warum oder warum nicht? Warum war die Antwort für amerikanische Wissenschaftler sehr relevant?
- e) Ein Fernsehsatellit mit dem gleichen Gewicht wie der Sputnik 1 hat eine geosynchrone Umlaufbahn. Wie hoch ist seine Umlaufbahn? Warum sind geosynchrone Umlaufbahnen für Fernsehsatelliten praktisch? Gibt es geosynchrone Satelliten über Deutschland? *Hinweis:* Geosynchron bedeutet, dass der Satellit immer über der gleichen Stelle der Erde steht. Insbesondere muss die Umlaufdauer dann 24 h betragen.
- f) Welchen Einfluss hat die Luftreibung der Atmosphäre auf Satelliten? Was bedeutet das für ihre Lebensdauer?