

Übungsklausur

Einige nützliche Konstanten

Gravitationskonstante $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

Erdmasse $M_E = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Erdradius $R_E \approx 6400 \text{ km}$

Dichte von Luft bei Normaldruck und $T = 20^\circ\text{C}$: $1,2 \text{ kg/m}^3$

Dichte von Wasser bei Normaldruck und $T = 20^\circ\text{C}$: 1000 kg/m^3

Normaldruck: $1013 \text{ mbar} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Aufgabe 1

Verständnisfragen (20 Punkte). Geben Sie kurze Antworten (1-2 Sätze) auf die folgenden Fragen.

- Eine Kugel mit Radius R bewege sich mit einer Geschwindigkeit v durch ein Fluid der Dichte ρ und dynamischen Viskosität η . Wie kann man abschätzen, ob die Strömung um die Kugel laminar bleibt (und die Stokesche Reibungsformel gilt) oder turbulent wird?
- Mit einer hydraulischen Hebebühne kann man mit einem Arbeitskolben ein Auto einer Masse $\approx 1000 \text{ kg}$ anheben und braucht dazu am Pumpkolben nur eine Kraft von $\approx 100 \text{ N}$. Verletzt dies die Energieerhaltung? Warum oder warum nicht?
- Warum beginnt ein Heißluftballon zu fliegen, wenn man die Luft in seinem inneren erhitzt?
- Wie unterscheiden sich der vollkommen elastische und der inelastische Stoß?
- Unter welcher Bedingung lässt sich sagen, dass die potentielle Energie der Schwerkraft $E_{pot,G} = m \cdot g \cdot h$ ist?
- Was besagt das erste Newtonsche Axiom? Warum ist es ein Spezialfall des zweiten Newtonschen Axioms?
- Wann helfen wiederholte Messungen (mit der gleichen Meßapparatur) einer Meßgröße den Meßfehler zu verringern?
- Wie groß ist der Ruck $\frac{d^3x}{dt^3}$ (Englisch: *jerk*) bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung?
- Wie viel größer ist der Luftreibungswiderstand wenn ein Auto mit Autobahnrichtgeschwindigkeit (130 km/h) statt innerstädtischer Geschwindigkeit (50 km/h) fährt?
- Was für ein Problem tritt auf, wenn man einen *Gyrobus* (d.h. ein von einer rotierenden Schwungscheibe betriebenes Fahrzeug) mit einem Schwungrad ausstattet, das um eine horizontale Achse rotiert?

Aufgabe 2

Sputnik (20 Punkte). Am 4. Oktober 1957 wurde der russische Satellit *Sputnik 1* von einer Rakete in eine Umlaufbahn geschossen. Seine Masse betrug $m_S = 83$ kg. In der folgenden Aufgabe können sie die Erdrotation und die Luftreibung der Atmosphäre vernachlässigen.

- 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 Radiuses der Umlaufbahn an.
- Nehmen sie an, dass sich *Sputnik 1* auf einer kreisförmigen Umlaufbahn 200 km über der Erdoberfläche befindet. Wie lange benötigt der Satellit für eine Umrundung der Erde?
- 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?

Aufgabe 3

Raketenschlitten (10 Punkte). Dr. Stapp steigt in seinen Raketenschlitten *Sonic Wind No. 2*, der auf einer geraden, horizontalen und 1070 m langen Spur fährt. Der Schlitten beschleunigt aus der Ruhe in 1,80 s auf seine Endgeschwindigkeit von 447 m/s (1000 mi/h).

- Was ist die Beschleunigung des Schlittens, unter Annahme konstanter Beschleunigung?
- Wieviel größer als die Beschleunigung des freien Falls (g) ist diese Beschleunigung?
- Wie weit fährt der Schlitten in den 1,80 s?
- Ein Bericht über das Experiment behauptet, dass der Schlitten am Ende seiner Fahrt in 1,40 s von 283 m/s auf Null abbremst habe und dass während dieser Zeit der Betrag der Beschleunigung größer als 40 g gewesen sei. Sind diese Angaben konsistent?

Aufgabe 4

Der rotierende Professor (20 Punkte). Ein 90 kg schwerer Professor steigt auf einen reibungsfreien Drehstuhl. Der Professor kann als homogener Zylinder mit einem Radius von 20 cm genähert werden. Das Trägheitsmoment eines Vollzylinders ist allgemein durch $I = \frac{1}{2}mr^2$ gegeben, das eines Hohlzylinders durch $I = mr^2$, wobei m die Masse und r der Radius des Zylinders sind.

- In jeder Hand hat er eine Hantel mit (jeweils) $m_H = 2.5$ kg, die er anfänglich mit symmetrisch ausgestreckten Armen auf einem Abstand von (jeweils) $l_A = 1$ m von seiner Drehachse hält. Ein Student gibt ihm Schwung, so dass er sich mit einer Umdrehung pro Sekunde dreht. Was ist seine Drehgeschwindigkeit, wenn er die Arme an seinen Körper (auf $l_K = 0.2$ m) heranzieht? Sie können zunächst die Masse der Arme vernachlässigen.
- Wie ändert sich das Ergebnis von b) qualitativ, wenn die Masse der Arme berücksichtigt wird?

- c) Nach dem er von einem freundlichen Studenten wieder abgebremst wurde, legt der Professor die Hanteln weg und nimmt stattdessen ein bleiverstärktes Rad zur Hand. Das Rad hat eine Masse von 5 kg, einen Radius von 0,5 m und seine Masse sei vollständig in einem dünnen Rand lokalisiert. Zunächst setzt sich der Professor auf den in Ruhe befindlichen Drehstuhl und hält das sich mit 4 Umdrehungen pro Sekunde drehende Rad so, dass die Radachse vertikal steht und sich das Rad (von oben gesehen) gegen den Uhrzeigersinn dreht. Nun dreht der Professor das Rad um 180 Grad, d.h. so dass sich das Rad um eine vertikale Achse im Uhrzeigersinn dreht. Was passiert mit dem Professor? (Hinweis: Zeichnen sie den Drehimpuls vor und nach der Drehung der Radachse.) Sie können davon ausgehen, dass das System aus Professor und Rad ein Gesamtträgheitsmoment von $I_{P+R} = 5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ hat.

Aufgabe 5

Ein Raum voller Luft (10 Punkte). Wir betrachten einen 4 m breiten und 5 m langen Raum mit einer 3 m hohen Decke und einer Temperatur von 20° C.

- Was ist die Masse der Luft, die sich bei Normaldruck in diesem Raum befindet? Was ist die Gewichtskraft, die auf die Luft wirkt?
- Wie ändern sich die Ergebnisse von a), wenn der Raum statt mit Luft mit Wasser gefüllt ist?
- Was ist die Kraft auf den Boden des Raumes durch den Luftdruck bei Normaldruck?
- Warum kollabiert der Boden nicht unter dieser Kraft?

Aufgabe 6

Wasserdruck im Wohnhaus (20 Punkte). Die Hauptwasserleitung eines Hauses liege ebenerdig und habe einen Durchmesser von 2 cm. Der Wasserdruck in der Hauptleitung sei 4 bar. Von der Hauptleitung zweigt eine Nebenleitung mit einem Durchmesser von 1 cm ab, die im zweiten Stock (5 m über dem Boden) in einem Wasserhahn endet. Nun öffnen Sie den Wasserhahn und das Wasser beginnt zu fließen. Die Flußgeschwindigkeit in der Hauptleitung sei nun 1,5 m/s. Betrachten Sie das Wasser in den Leitungen als ideales Fluid.

- Was ist die Flußgeschwindigkeit direkt vor dem Wasserhahn im zweiten Stock?
- Was ist der Druck direkt vor dem Wasserhahn im zweiten Stock?
- Was ist die Volumenflussrate im zweiten Stock?