Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Dr. Peter Keim

Ausgabedatum: 08.01.2015
Besprechung: 15./16.01.2015

ÜbungsgruppenleiterInnen: Mathias Altenburg, Richard Rau, Dirk Ropers, Wolfgang Scheffer, Moritz Schlötter, Annika Schoe, Bernd Illing, Alexa Herter

Übungen zu Experimentalphysik I für Biologinnen und Biologen

Blatt 10

Aufgabe 1: Elastizität

Die Elastizitätstheorie beschäftigt sich mit der 'Antwort' oder Rückstellkraft eines starren, makroskopische Körpers, wenn dieser deformiert wird, bzw. mit den Grenzen dieses Verhaltens (wenn ein Körper bricht oder zerreißt) .

a) Deformationen können translativ oder rotatorisch sein und verschiedene Richtungen haben. Überlegen Sie sich, welche Grundtypen makroskopischer Deformationen existieren und beschreiben Sie diese anhand eines Zylinders!

b) Wird an einem Körper eine positive Spannung (Dehnung) oder negative Spannung (Stauchung) bezüglich einer Achse in beide Richtung angelegt, folgt die Verformung des Körper entlang dieser Achse näherungsweise dem Hooke'schen Gesetz (für kleine Verformungen). Zusätzlich erfolgt eine Deformation in den Richtungen senkrecht zur angelegten Spannung. Wie sieht diese Deformation jeweils für die Dehnung und Stauchung aus? Erklären Sie anhand des Federmodells des Körpers, wieso diese Deformation zustande kommt!

c) Betrachten wir nun einen Quader der Länge l und der quadratischen Grundfläche d^2. Die relative Kontraktion $\Delta d/d$ des Quaders ist proportional zur relativen Dehnung $\Delta l/l$, wobei $\Delta d/d$ und $\Delta l/l$ positiv definiert sein sollen. Die Proportionalitätskonstante μ wird Poisson-Zahl genannt. Wie lautet die entsprechende Proportionalitätsgleichung? Skizzieren Sie die Deformation (Anfangs- und Endzustand) und bezeichnen Sie diese!

d) Berechnen Sie die resultierende relative Volumenänderung $\Delta V/V$ als Funktion von $\Delta l/l$ und μ! Vernachlässigen Sie dabei alle kleinen Terme (Δ-Terme), die quadratisch oder kubisch (^{3}) auftreten (auch wenn diese gemischt auftreten, z. B. $\Delta l \cdot \Delta d$)! (Hinweis: Überlegen Sie sich wie groß das neue Volumen des Körpers ist! Die Volumenänderung ΔV ergibt sich dann aus dem alten Volumen minus dem neuen Volumen.) Ergebniss:

$$\frac{\Delta V}{V} = (1 - 2\mu)\frac{\Delta l}{l}$$

Siehe auch: „Kuchling: *Taschenbuch der Physik*; S.186 Auflage 20“

Aufgabe 2: Elastizität von Aluminium

Sie besitzen einen Zylinder aus Aluminium mit dem Durchmesser d=5 cm und der Länge l=30 cm. Das Elastizitätsmodul von Aluminium ist E=70 GPa und die Poisson-Zahl ist $\mu = 0{,}34$.

a) Wieviel Kraft müssen Sie aufwenden um die Länge l des Quaders auf 29,5 cm zu komprimieren?
b) Wie ändert sich dabei der Durchmesser des Zylinders?

Aufgabe 3: Barometrische Höhenformel

Auf Meereshöhe befüllen sie eine große Plastiktüte mit 2 Litern Luft.

a) Sie klettern auf den Mont Blanc ($h = 4800$ m). Welcher Druck herrscht auf dem Gipfel? Wie groß ist dann die Plastiktüte?
b) 10 m unter dem Meeresspiegel herrscht ein Gesamtdruck von 2 bar. Wie groß wäre die Plastiktüte dort?

Aufgabe 4: Vakuumkugel

Eine beeindruckende Veranschaulichung des atmosphärischen Druckes (auf der Erdoberfläche) wurde schon 1654 von Otto von Guericke in Form der *Magdeburger Halbkugeln* umgesetzt: Zwei gusseiserne Halbkugeln wurden mit einer Dichtung versehen und mithilfe einer Pumpe so gut wie damals möglich evakuiert. Wie in der Abbildung zu sehen, waren die Kugelhälften danach selbst mit zwei 8-Spannern, also insgesamt 16 Pferden, nicht mehr zu trennen.

a) Begründen sie mit Hilfe des dritten Newtonschen Prinzips, wie man die Hälfte der Pferde (eins der Gespanne) durch eine feste Verankerung (deutlich günstiger, dafür nicht so spektakulär) hätte ersetzen können.
b) Welche Kraft wäre erforderlich gewesen um die 2 Kugelhälften zu trennen, wenn diese einen Durchmesser von 42 cm haben? Der Luftdruck auf Meereshöhe war auch damals ca. 1 bar (=1000 hPa). Verwenden sie als Ansatz den bekannten Zusammenhang zwischen Kraft F, Druck p und Fläche A[1]

$$F = p \cdot A \quad .$$

[1] Überlegen sie sich hierzu ein Argument, warum sie aus Symmetriegründen lediglich die Fläche der Schnittebene zwischen den Halbkugeln betrachten müssen, was die Rechnung erheblich erleichtert!