Aufgabenblatt 12

Übungen E1 – Mechanik WS 2017/2018

Dozent: Prof. Dr. Hermann Gaub
Übungsleitung: Dr. Martin Benoit und Dr. Res Jöhr

Verständnisfragen

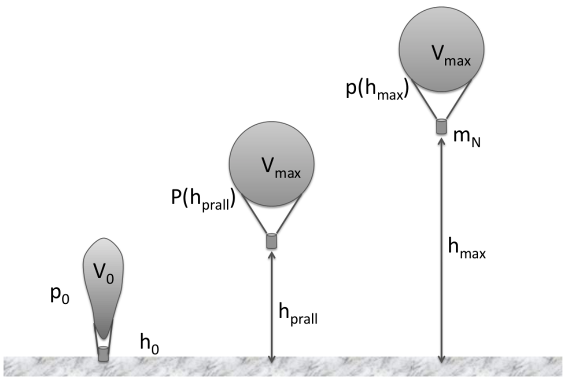
i.) Welche Eigenschaften kennzeichnen ein ideales Gas?

ii.) Schätzen Sie den Abstand der Atome in flüssigem Wasser ab. ($M(H_2O) = 18u$)
Warum kann flüssiges Wasser nicht als ideales Gas betrachtet werden?

iii.) Erklären Sie die Unterschiede zwischen und geben Sie jeweils Beispiele für Longitudinal- und Transversalwellen.

iv.) Welche Bedeutung haben Phasen- und Gruppengeschwindigkeit? Berechnen Sie letztere für Tiefwasserwellen, deren Phasengeschwindigkeit $v_{ph} = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$ ist.

Aufgabe 1 Gasballon



Ein Ballon wird auf Meereshöhe h_0 mit einem idealen einatomigen Gas der Dichte $\rho_{0_{Gas}} < \rho_{0_{Luft}}$ bis zum Volumen $V_0 < V_{max}$ gefüllt und fest verschlossen (d.h. kein Gas kann mit der Umgebung ausgetauscht werden). Die Temperatur T des Gases im Ballon und der Atmosphäre sollen als konstant angenommen werden.

a) Leiten Sie die Prallhöhe des Ballons her, also die Höhe, bei der das maximal mögliche Ausdehnungsvolumen V_{max} des Ballons erreicht wird.
Schreiben Sie die Prallhöhe als $h_{prall} = h_{prall}(p_0, V_0, V_{max}, \rho_{0Luft})$

b) Welche Steighöhe h_{max} kann der Ballon maximal erreichen, wenn die Masse der Ballonhülle m_B und die Nutzlast m_N betragen?

Während der Ballon noch auf Meereshöhe h_0 ist, haben die Atome im Ballon folgende Geschwindigkeitsverteilung:

$$f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2k_B T} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}}$$

c) Berechnen Sie die am häufigsten auftretende Geschwindigkeit v der Gasatome im Ballon ?

d) Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit $\overline{v}_{h_0}$ der Gasatome im Ballon? (verwenden Sie hierzu: $\int_0^\infty v^3 e^{-av^2} dv = \frac{a^{-2}}{2}$))

e) Wie ist das Verhältnis der mittleren Geschwindigkeiten $\overline{v}_{h_0}/\overline{v}_{h_{max}}$ der Gasteilchen im Ballon vor dem Start (h_0) und beim Erreichen der Maximalhöhe h_{max} ?

Aufgabe 2 Doppler Effekt

a) Ein Physikstudent lasse eine mit 440 Hz schwingende Stimmgabel in den Aufzugsschacht eines hohen Gebäudes fallen. Wie weit ist die Stimmgabel gefallen, wenn er die Frequenz von 400 Hz hört? (Schallgeschwindigkeit in Luft $340\frac{m}{s}$)

b) Sie sitzen in einem Auto an einer Bahnstrecke, auf der ein Zug mit konstanter Geschwindigkeit an Ihnen vorbeifährt. Der Zug stößt permanent einen Signalton aus. Bei Annäherung des Zuges hören Sie den Signalton der noch weit entfernten Lok mit einer Frequenz von 880Hz. Nachdem der Zug vorbeigefahren ist, hören Sie einen Ton mit der Frequenz von 720Hz.

  i.) Wie schnell fährt der Zug, wenn die Schallgeschwindigkeit in Luft $340\frac{m}{s}$ beträgt?

  ii.) Nachdem die Lok Sie passiert hat, fahren Sie mit $50\frac{km}{h}$ parallel zur Bahnlinie in die Richtung, aus der die Lok kam. Welche Frequenz hat der Ton, den Sie nun hören?

Aufgabe 3 Töne in einer Glasflasche

Eine als zylinderförmig angenommene Glasflasche der Länge L wird durch ihre Öffnung mit Tönen verschiedener Frequenz beschallt. Die Schallgeschwindigkeit in Luft sei gegeben als $c = 340\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

a) Bei welchen Frequenzen f entsteht in der Flasche eine stehende Welle? Gehen Sie von eintreffenden Wellen der Form $\psi(x,t) = \psi_0 \sin(kx + \omega t)$ aus, wobei bei $x = 0$ der Flaschenboden liegt. Die Wellen sollen die Geschwindigkeit der Luftbewegung beschreiben. Denken Sie an das Reflexionsverhalten des Flaschenbodens und die Randbedingungen an Boden und Deckel. Unterscheiden Sie dabei die zwei Fälle:

  i.) Der Flaschenboden wurde entfernt.

  ii.) Die Flasche ist an ihrem Boden verschlossen.

  Das Additionstheorem $\sin(\alpha) \pm \sin(\beta) = 2\sin(\frac{1}{2}(\alpha \pm \beta))\cos(\frac{1}{2}(\alpha \mp \beta))$ könnte hilfreich sein.

b) Zeichnen Sie die Verläufe von Druck und Teilchengeschwindigkeit in der Flasche für i.) und ii.) für jeweils die ersten beiden Resonanzen.

c) Sie möchten den Grundton der Flasche mit geschlossenem Boden auf den Kammerton $f_a = 440\text{Hz}$ stimmen. Ihnen steht als Hilfsmittel nur Wasser zur Verfügung. Wie gehen sie vor? (mit Rechnung) Gegeben sind: Länge $L = 30\text{cm}$, Radius $r = 5\text{cm}$.

Aufgabe 4 Gitarrenkonzert

Auf zwei Gitarren in einem Abstand von d wird gleichzeitig jeweils eine Saite gezupft. Die Saiten haben die Länge L. Die Phasengeschwindigekeit von Wellen auf einer Saite beträgt $v_{ph} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, wobei F die Spannkraft und μ die Längendichte der Saite sind.

a) Berechnen Sie die Frequenzen der beiden erzeugten Töne. Gehen Sie jeweils davon aus, dass der Grundton (der niedrigstmögliche) erzeugt wird. Beachten Sie die Randbedingungen für Schwingungen auf den Saiten. Werte: Länge $L = 70\text{cm}$, Dichte $\rho = 7\text{g/cm}^3$, Saitenradius $R = 0,3\text{mm}$, Spannkraft $F = 50N$.

b) Leiten Sie einen Ausdruck für die mittlere kinetische Energie einer der Saiten her. Gehen Sie dafür zunächst von einem infinitesimalen Teilstück aus. Rechnen Sie ohne die Zahlenwerte.

c) Beschreiben und erklären Sie die Lautstärkeverteilung zwischen den beiden Gitarren. Berechnen Sie die Orte maximaler Lautstärke. Dabei breitet sich Schall in Luft mit $c = 340\text{m/s}$ aus, $d = 4\text{m}$.

d) Was für eine Lautstärkeverteilung würden Sie in der Realität erwarten? Welche Effekte könnten die Inteferenz beeinflussen?