Physik 1: Mechanik und Thermodynamik

Humboldt–Universität zu Berlin, Wintersemester 2014/15,
Dr. M. zur Nedden / Prof. Dr. S. Kowarik (VL),
Dr. A. Nikiforov, A. Stasik, L. Pithan, M. Kerber und G. Hoffmann (UE)

Übungsblatt 9

Ausgabe: Do, 11. Dezember 2014 in der Vorlesung oder online
Rückgabe: Do, 18. Dezember 2014 vor Beginn der Vorlesung, 11.15 h

Aufgabe 1: Reibung (30 %)

Ein Matrose lege ein als masselos zu betrachtendes Tau eines Schiffes dreimal um einen Pfahl und ziehe mit der Kraft $F_0 = 200\,\mathrm{N}$ daran (siehe Bild). Der Haftreibungskoeffizient zwischen Tau und Pfahl betrage $\mu_\mathrm{H} = 0.8$.

1. Wie groß darf die Gegenkraft des Schiffes sein, damit sie durch die Haftreibung und die Zugkraft F_0 des Matrosen kompensiert wird?
2. Wie groß muss umgekehrt die Gegenkraft des Schiffes mindestens sein, damit der Matrose nicht auf den Rücken fällt?

Aufgabe 2: Auftrieb (30 %)

Ein Becken der Grundfläche $A = 10\,\mathrm{m}^2$ sei bis zur Höhe $H = 1\,\mathrm{m}$ mit Wasser der Dichte $\rho_\mathrm{W} = 10^3\,\mathrm{kg/m^3}$ gefüllt. Danach werde ein quaderförmiges Boot der Masse $m_\mathrm{B} = 500\,\mathrm{kg}$ zu Wasser gelassen. Die Grundfläche des Bootes betrage $A_\mathrm{B} = 2\,\mathrm{m}^2$.

1. Berechnen Sie die Höhe H_1 des Wasserspiegels nach Einsetzen des Bootes!
2. Berechnen Sie die Eintauchtiefe d_1 des Bootes!

Nun werde vom Boot eine Kugel der Dichte $\rho_\mathrm{K} = \alpha \cdot \rho_W$ mit einem Volumen von $V_K = 0.1\,\mathrm{m}^3$ ins Wasser geworfen, wodurch sich die Masse des Bootes entsprechend vermindere. Berechnen Sie die Höhen H_2 und H_3 des Wasserspiegels sowie die Eintauchtiefen d_2 und d_3 für die Fälle $\alpha < 1$ sowie $\alpha \geq 1$. Verwenden Sie dann für das Zahlenbeispiel $\alpha = 0.5$, $\alpha = 1$ und $\alpha = 2$.

Hinweis: Lösen Sie das zweite Problem zuerst für die beiden Fälle formal und setzen Sie erst am Schluss die Zahlen ein. Ferner seien die Wände des Bootes sowie des Beckens so dimensioniert, dass kein Wasser überläuft oder ins Boot gelange.

Aufgabe 3: Verdrängung und Reibungskraft (40 %)

Ein Ball mit Radius $R = 5\,\text{cm}$ und der Masse $m = 20\,\text{g}$ werde in eine Tiefe von $d = 20\,\text{cm}$ unter Wasser gedrückt (gemessen am Mittelpunkt des Balles) und dann losgelassen. Es wirke die Reibungskraft $\vec{F} = -\alpha \cdot \vec{v}$, wobei $\alpha_\text{W} = 10\,\text{kg/s}$ im Wasser und $\alpha_\text{L} = 0.1\,\text{kg/s}$ in Luft sei.

1. Stellen Sie die Bewegungsgleichungen für die Bewegung im Wasser sowie in Luft auf. Verwenden Sie dabei den Ansatz $\ddot{x} + \lambda\dot{x} + A = 0$ mit der allgemeinen Lösung $x(t) = C_0 e^{-\lambda \cdot t} - \frac{A}{\lambda} \cdot t + C_1$ und bestimmen Sie zuerst die Konstanten λ und A. Zeigen Sie, dass dies ein guter Ansatz für die Bewegungsgleichung ist und bestimmen Sie anschließend die Konstanten C_0 und C_1 aus den Randbedingungen.
   Hinweis: Es handelt sich um ein eindimensionales Problem und für die Geschwindigkeit gilt dann entsprechend $v = \dot{x}$.
2. Finden Sie eine allgemeine Lösung mit den Parametern R, m, d, α_L und α_W.
3. Bestimmen Sie die Höhe über dem Wasserspiegel, die der Mittelpunkt des Balles mit den oben angegebenen Werten maximal erreichen kann.

Hinweis: Das Problem soll in einer vereinfachten Weise betrachtet werden: Der Ball verdränge sein gesamtes Volumen, solange der Mittelpunkt unter dem Wasserspiegel liege, und verdränge schlagartig kein Wasser mehr, wenn der Mittelpunkt über dem Wasserspiegel liege. Das gleiche gelte für die Reibung: solange der Schwerpunkt unter Wasser liegt, wirke die Reibungskraft mit α_W, sobald sich dieser über dem Wasser befindet gelte schlagartig $\alpha = \alpha_\text{L}$. Ferner sei das Wasserreservoir so groß, dass der Wasserspiegel sich beim Auftauchen des Balles nicht verändere. Alle komplexeren Effekte wie Turbulenzen, Oberflächenspannung, Strömungen, Drehung des Balles u.ä. sollen auch vernachläsigt werden.

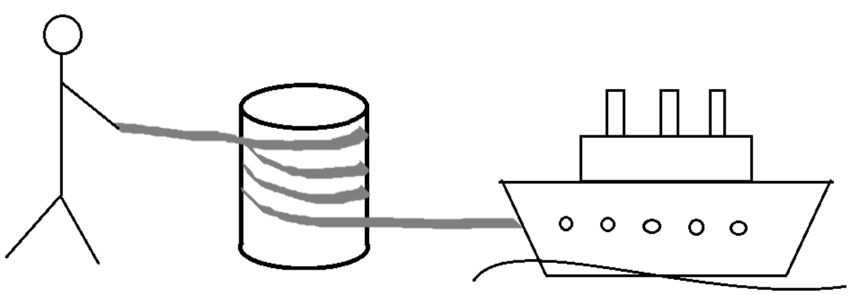

Abbildung 1: Zu Aufgabe 1: Ein Matrose an Land befestigt das Tau des Schiffes am Pflock.