Grundlagen der Physik Ib - Übungen

Ass.Prof. Dr. R.A. Wilhelm
wilhelm@iap.tuwien.ac.at
TU Wien - Grundlagen der Physik (130.002) 2022W

15.12.2022

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE PHYSIK
Institute of Applied Physics

## Aufgabe 9.1 - 3 Pkt.

Ein rundes Kletterseil aus Nylon (spezifische Dichte $1150\,\mathrm{kg/m^3}$) dehnt sich unter der Belastung durch einen Kletterer mit einer Masse von $m = 90\,\mathrm{kg}$ um die Strecke $\Delta l = 2\,\mathrm{m}$ aus.
(a) Berechnen Sie das Elastizitätsmodul $E$, wenn das unbelastete Kletterseil eine Länge $l_0 = 60\,\mathrm{m}$ und einen Durchmesser $d_0 = 11\,\mathrm{mm}$ hat, und Sie die Dehnung des Seiles infolge seiner Eigenmasse mitberücksichtigen.
(b) Berechnen Sie den Durchmesser des Kletterseils $d_n$ unter der Belastung mit dem Kletterer (Querkontraktionszahl $\mu_{Kletterseil} = 0.2$).

Hinweis: Berücksichtigen Sie, dass die Zugspannung entlang des Seils zunimmt. Finden Sie einen analytischen Ausdruck für $E$ und $\mu$ und setzen Sie erst anschließend die numerischen Werte ein.
**Lösung:** (a) $E = 288.9\,\mathrm{MPa}$, (b) $d_n = 10.93\,\mathrm{mm}$

## Aufgabe 9.2 - 2 Pkt.

An einer masselosen Stange ist eine Punktmasse $m$ befestigt.

Wie groß darf die Dämpfungskonstante $d$ sein, damit das System im Erdschwerefeld schwingt (Es sollen kleine Ausschläge angenommen werden)? Lösen Sie erst allgemein und berechnen Sie $d$ anschließend für $m = 100\,\mathrm{g}$, $c = 100\,\mathrm{N/m}$, $a = 10\,\mathrm{cm}$.

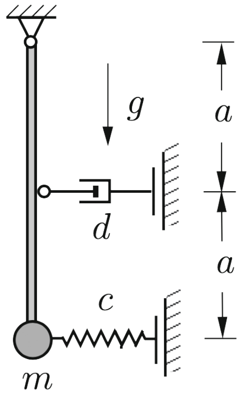

Figure 1: Skizze der Stange.

**Lösung:** $d < 25.9\,\mathrm{kg/s}$

## Aufgabe 9.3 - 4 Pkt.

Gegeben sei ein System, welches in der Abbildung gezeigt ist. Eine Masse $m_1$ gleitet auf einer reibungslosen Ebene. An der Masse $m_1$ ist über eine Pendelstange eine Masse $m_2$ befestigt. Die Feder (Federkonstante $k$; an einer Wand und der Masse $m_1$ befestigt) und die Pendelstange (Länge $l$) seien masselos. Die Abstände $x_1$ und $x_2$ sind von der statischen Ruhelage aus gemessen. Der Auslenkwinkel $\beta$ kann als klein angenommen werden, d.h. Sinus bzw. Cosinus können linearisiert werden.

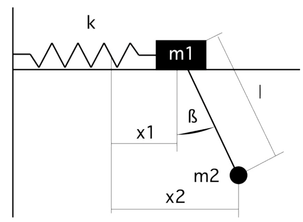

Figure 2: Skizze des Problems.

(a) Ermitteln Sie die gekoppelten Bewegungsgleichungen für die gleitende Masse und das Pendel ($x_1$ und $x_2$). (Hinweis: Drücken Sie $\sin(\beta)$ allgemein über die Längen aus.)
(b) Bestimmen Sie die Frequenzen der Normalschwingungen des Systems für $m_1 = m_2 = m$. (Hinweis: Machen Sie dazu einen sinnvollen Lösungsansatz für $x_1$ und $x_2$ für den Fall einer Normalschwingung. Einsetzen in das Differentialgleichungssystem liefert dann ein Gleichungssystem für die Frequenzen der Eigenschwingungen.)
**Lösung:** (b)
$$\omega_{1,2} = \sqrt{\frac{1}{2}\left(\frac{k}{m} + \frac{2g}{l}\right) \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{k}{m}\right)^2 + 4\left(\frac{g}{l}\right)^2}}$$

## Aufgabe 9.4 - 2 Pkt.

Ein Modellschiff mit der Masse $m_S = 3.15\,\mathrm{kg}$ (mittlere spezifische Dichte $\varrho_s \approx 0.5\,\mathrm{g/cm^3}$) treibt auf dem Wasser ($\varrho_w \approx 1\,\mathrm{g/cm^3}$). Wie groß ist die notwendige Menge an Blei ($\varrho_b \approx 11.4\,\mathrm{g/cm^3}$), die an einem Faden unter dem Schiff hängen muss, um das Schiff zum Sinken zu bringen.
Hinweis: Berücksichtigen Sie auch den Auftrieb des Bleigewichts.

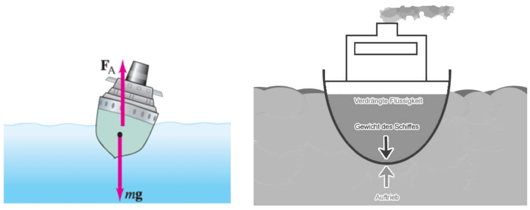


Figure 3: Skizze des Problems.

**Lösung:** 3.45 kg

## Aufgabe 9.5 - 2 Pkt.

Eine ruhende Fledermaus sendet Ultraschall mit einer Frequenz von 50.0 kHz aus. Ein Objekt bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 25.0 m/s von der Fledermaus weg.
Welche Frequenz hat die reflektierte Schallwelle für die Fledermaus?
Die Schallgeschwindigkeit sei dabei 343 m/s.
**Lösung:** 43207 Hz

## Aufgabe 9.6 - 3 Pkt.

Gegeben sei eine periodische Sägezahnspannung der in der Abbildung dargestellten Form.

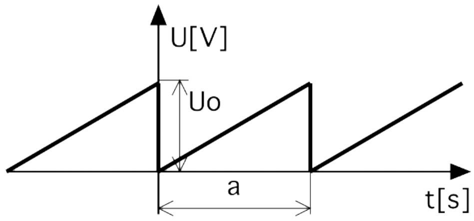


Figure 4: Sägezahnspannung

Dies ist eine periodische Sägezahnspannung, deren Zeitintervall die Länge $a$ hat und bei der die Spannung in diesem Intervall linear von 0 auf $U_0$ ansteigt.
(a) Ermitteln Sie den mathematischen Ausdruck für diese Sägezahnspannung.
(b) Bestimmen Sie dann die entsprechenden Fourierkoeffizienten bis $n = 3$.

Freiwillige Zusatzaufgabe: Testen Sie mit einem Plot-Programm (z.B. Mathematica, Matlab, python mit matplotlib, usw.) wie sich die aus den Basisfunktionen zusammengesetzte Funktion mit steigendem $n$ an die Sägezahnform annähert.

Hinweis: Verwenden sie eine Nomenklatur analog zu Demtröder, wobei eine periodische Funktion $f(t)$ folgendermaßen in Basisfunktionen zerlegt werden kann:

$$
\begin{aligned}
f(t) &= \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}(a_b \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)) \\
\text{mit } a_0 &= \frac{2}{T}\int_0^T f(t)dt \\
a_n &= \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\cos(n\omega t)dt \\
b_n &= \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\sin(n\omega t)dt \\
\omega &= \frac{2\pi}{T}
\end{aligned}
$$

**Lösung:** (a) $u(t) = \frac{t}{a}U_0$ für $0 \leq t < a$, (b) $\omega = \frac{2\pi}{a}$

### Aufgabe 9.7 - 3 Pkt.

Fallende Kugel in einer Flüssigkeit. Eine Kugel aus einem Material der Dichte $\varrho_1$ hat den Durchmesser $d$. Wir lassen diese Kugel in einer Flüssigkeit mit der Viskosität $\eta$ und der Dichte $\varrho_2$ frei fallen. Wie groß wird die Geschwindigkeit der Kugel nach der Zeit $t$, vom Beginn der Bewegung an gemessen? (Berücksichtigen Sie den Auftrieb!)

Hinweis: Zur Bestimmung der Geschwindigkeit leiten Sie eine Differentialgleichung 1. Ordnung für $v$ her und nutzen, dass die allgemeine Lösung einer solchen Differentialgleichung aus der Summe der Lösung der homogenen Gleichung und einer speziellen Lösung der inhomogenen Gleichung besteht.

**Lösung:** $v = \frac{\alpha}{\beta}(1 - \mathrm{e}^{-\beta t})$

### Aufgabe 9.8 - 2 Pkt.

Eine Seifenblase (Oberflächenspannung $\sigma = 0.03\,\mathrm{N/m}$) wird von 3 cm auf 12 cm Durchmesser aufgeblasen.

(a) Wie groß ist der Überdruck in der Blase in beiden Zuständen?
(b) Welche Arbeit ist zum Aufblasen erforderlich?

**Lösung:** (a) 8 Pa und 2 Pa, (b) $2.54 \cdot 10^{-3}$ J