Übungen zur Experimentalphysik I — Blatt 5

Aufgabe 1: *Gravitationsfeld ausgedehnter Körper* — 3 Punkte

Ein ausgedehnter Körper mit der Gesamtmasse M befinde sich im homogenen Gravitationsfeld. Zeigen Sie, dass die Summe aller Gravitationskräfte an den einzelnen Teilen des Körpers äquivalent ist der Kraft $F = Mg$, die am Schwerpunkt angreift.

Aufgabe 2: *Zentraler Stoß zwischen zwei Körpern* — 3 Punkte

Leiten Sie die angegebenen Lösungen (Gleichungen 43 und 44) auf Seite 18 im Skriptteil 4 (Version vom 30. Oktober 2022) aus Energie- und Impulserhaltung her.

Aufgabe 3: *Kugelstapel* — 5 Punkte

Vier Flummis (vollkommen elastische Gummibälle) mit den Massen $m_1 = 2m_2 = 4m_3 = 8m_4$ sind in einem vertikalen Stapel der Masse nach geordnet, der schwerste Flummi der Masse $m_1 = 100$ g unten. Sie lassen diesen Stapel im Vakuum aus einer Höhe von 1 m auf den Boden fallen und sehen, wie die Flummis mit unterschiedlicher Geschwindigkeit nach oben geschleudert werden. Bestimmen Sie die maximale Flughöhe des obersten (leichtesten) Flummis.

Aufgabe 4: *Fourierdarstellung einer periodischen Funktion* — 5 Punkte

Die Fourierreihe einer periodischen Funktion $g(t)$ der Periode T kann dargestellt werden durch

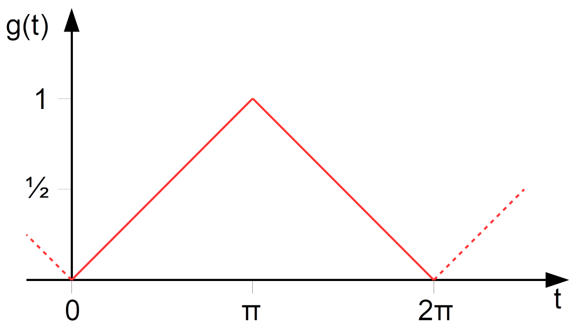
$$g(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\,\omega\,t) + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin(n\,\omega\,t)$$

mit

$$A_0 = \frac{1}{T}\int_0^T g(t)\,\mathrm{d}t$$

$$A_n = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\cos(n\,\omega\,t)\,\mathrm{d}t$$

$$B_n = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\sin(n\,\omega\,t)\,\mathrm{d}t$$



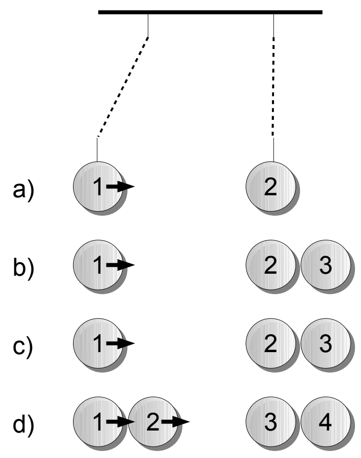
Stellen Sie die rechts abgebildete periodische Funktion als Fourierreihe dar.

(bitte wenden)

Aufgabe 5: *Newton's Cradle (Kugelstoßpendel)*

5 Punkte $(2 + 2 + 1)$

Mehrere Stahlkugeln sind an Schnüren nebeneinander und auf gleicher Höhe aufgehängt. Die Länge der Schnüre sei so groß, dass die Pendelbewegungen (kleine Auslenkungen) als lineare Bewegung in horizontaler Richtung betrachtet werden können. Stöße zwischen den Kugeln seien vollkommen elastisch.



a) Die linke Kugel der Masse m_1 werde ausgelenkt und stoße mit der Geschwindigkeit v_1 zentral auf die vorher ruhende Kugel der Masse m_2. Drücken Sie die Geschwindigkeiten v_1' und v_2' der beiden Kugeln nach dem Stoß in Abhängigkeit des Massenverhältnisses $\alpha = m_2/m_1$ aus.

b) Die Massen aller beteiligten Kugeln seien nun gleich m. Kugeln 2 und 3 befinden sich in Ruhe, Kugel 1 werde ausgelenkt. Sie stoße mit der Geschwindigkeit v_1 auf Kugel 2, unmittelbar danach stoße letztere auf Kugel 3. Geben Sie die Geschwindigkeiten aller Kugeln nach dem Stoß an.

c) Kugel 1 habe nun die doppelte Masse der Kugeln 2 und 3 einzeln. Geben Sie die Geschwindigkeiten aller Kugeln nach dem analogen Versuch zu b) an. Beachten Sie, dass Kugel 1 nach dem ersten Stoß nicht ruht. (Überlegen Sie sich, in welcher Reihenfolge welche Stöße stattfinden und betrachten Sie nur die Stöße, bevor die Kugeln zurückschwingen)

Aufgabe 6: *Harmonische Wellen*

4 Punkte $(2 + 1 + 1)$

Überlagern Sie die zwei gegebenen harmonischen Wellen mit gleicher Frequenz und gleicher Amplitude, aber unterschiedlicher Phase:

$$\begin{aligned} \xi_1 &= \xi_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_1) \\ \xi_2 &= \xi_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_2) \end{aligned}$$

a) Zeigen Sie, dass sich wiederum eine harmonische Welle ergibt.

b) Welche Phase hat diese Welle? Wie groß ist ihre Amplitude im Vergleich zu ξ_0?

c) Bestimmen Sie Phase und Amplitude der Welle für $\varphi_1 = 15°$, $\varphi_2 = 75°$ und $\xi_0 = 0{,}4$ m.

Allgemeiner Hinweis: Bitte rechnen Sie grundsätzlich so lange wie möglich mit den Variablen, d.h. setzen Sie die gegebenen Zahlenwerte erst ganz am Schluss ein.