

Heften Sie die Blätter zur Abgabe zusammen und tragen Sie auf **jedem** Blatt die **Nummer ihres Tutoriums und ihre Namen** ein. Rechnen Sie die Aufgaben zusammen mit ihrem Übungspartner und geben Sie eine Lösung zusammen ab. Das Aufgabenblatt müssen Sie nicht mit abgeben.

Abgabe bis Fr, 30. November, 13:00 Uhr im Erdgeschoss von Geb. 30.23 (Physikhochhaus)  
 Besprechung Mi, 5. Dezember

Lösen Sie die Aufgaben so, dass der Rechenweg für ihren Tutor klar wird. Ergebnisse ohne korrekte Einheiten führen zu einem Punktabzug. Geben Sie nur signifikante Nachkommastellen im Endergebnis an (orientieren Sie sich an der Genauigkeit der gegebenen Größen).

**Aufgabe 1: Kugel trifft Wand** **2 Punkte**

Die Stoßgesetze liefern beim zentralen Stoß sowohl die Beträge als auch die Richtungen der Endgeschwindigkeiten, sofern die Anfangsgeschwindigkeiten korrekt definiert werden. Bei eindimensionalen Stößen findet sich die Orientierung der Anfangsgeschwindigkeitsvektoren zur Stoßachse im Vorzeichen wieder: " + " falls parallel, " - " falls anti-parallel.

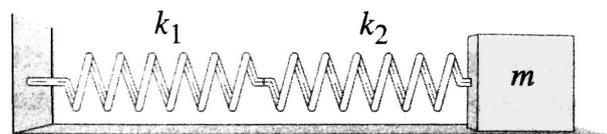
Beim zentralen elastischen Stoß einer Kugel mit Impuls  $m\vec{v}$  gegen eine ruhende Wand scheint dies jedoch verletzt: da der Impuls der Wand nach dem Stoß null zu sein scheint, ergibt die Impulserhaltung  $m\vec{v} = m\vec{v}'$ , also die falsche Richtung für die Endgeschwindigkeit  $\vec{v}'$ . Was ist der Fehler in dieser Argumentation? *Hinweis:* Berechnen Sie den Geschwindigkeitsvektor  $\vec{v}'$  der Kugel nach einem zentralen elastischen Stoß gegen ein ruhendes Objekt der Masse  $M$  unter Verwendung der Impuls- und Energieerhaltung. Welches Ergebnis bekommen Sie für  $M \gg m$ ?

**Aufgabe 2: Holzfloß** **1 Punkt**

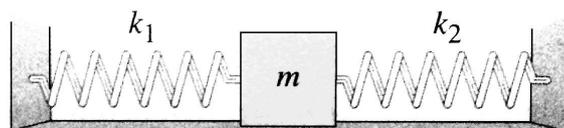
Ein Holzfloß mit einer Seitenlänge von  $5\text{ m} \times 2\text{ m}$  wiegt  $460\text{ kg}$  und treibt auf einem See. Ein Fischer mit einer Masse von  $80\text{ kg}$  steigt auf das Floß, worauf es um eine zusätzliche Strecke einsinkt. Nachdem er das Floß verlässt, schwingt es eine Zeit lang. Wie groß ist die Amplitude  $x$  relativ zur Ruhelage und Kreisfrequenz  $\omega$  der Schwingung? Vernachlässigen Sie Reibung. Die Dichte von Wasser beträgt  $1000\text{ kg m}^{-3}$ .

**Aufgabe 3: Federanordnungen** **2 Punkte**

Eine Masse  $m$  ist in zwei verschiedenen Anordnungen mit zwei Federn mit den Federkonstanten  $k_1$  und  $k_2$  verbunden, wie in der folgenden Abbildung gezeigt:



(a)



(b)

Berechnen Sie die Periodendauer  $T$  der Schwingung für beide Fälle. Vernachlässigen Sie Reibung.

---

**Aufgabe 4: Erzwungene Schwingung****5 Punkte**

Die Bewegungsgleichung für eine erzwungene Schwingung ist

$$m\ddot{x} + \rho\dot{x} + kx = F_0 \cos \omega t. \quad (1)$$

Die Lösung dieser Differentialgleichung ist die Summe der Lösung der homogenen Dgl. (Lösung des freien Oszillators)  $x_h(t)$  und der speziellen Lösung

$$x_p(t) = x_0 \cos(\omega t + \phi). \quad (2)$$

Die homogene Lösung ist

$$x_h(t) = e^{-\delta t} (c_0 \cos(\omega_h t) + c_1 \sin(\omega_h t)), \quad (3)$$

mit  $\delta = \rho/(2m)$ ,  $\omega_0^2 = k/m$  und  $\omega_h^2 = \omega_0^2 - \delta^2$ . Mit diesen Größen lässt sich die Bewegungsgleichung ein wenig abkürzen zu

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos \omega t. \quad (4)$$

Leiten Sie die Formeln für die Amplitude  $x_0(F_0, \omega)$  und Phase  $\phi(\omega)$  her, die in der Vorlesung angegeben wurden.

- Berechnen Sie  $\dot{x}_p$  und  $\ddot{x}_p$ . Nutzen Sie die Additionstheoreme um  $\sin(\omega t + \phi)$  und  $\cos(\omega t + \phi)$  aufzuspalten.
- Setzen Sie  $x_p$ ,  $\dot{x}_p$ , und  $\ddot{x}_p$  in Gl. 4 ein. Schreiben Sie die so erhaltene Gleichung in der Form:  $A(x_0, \omega, \phi, \delta, \omega_0) \cos \omega t + B(x_0, \omega, \phi, \delta, \omega_0) \sin \omega t = \frac{F_0}{m} \cos \omega t$ . Welche Bedingungen ergeben sich für  $A$  und  $B$  falls die Gleichung für alle Zeiten  $t$  gelten soll?
- Nutzen Sie diese Bedingungen um zunächst nach  $\tan \phi$  aufzulösen, dann nach  $x_0$ . *Hinweis:*  $\sin x$  und  $\cos x$  lassen sich jeweils allein durch  $\tan x$  ausdrücken indem Sie  $\tan x = \sin x / \cos x$  und  $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$  ausnutzen.