Übungen zu Experimentalphysik I WS 2010/2011
Prof. Karl Jakobs, Dr. Kristin Lohwasser, Dr. Iacopo Vivarelli
Übungsblatt Nr. 12

Die Lösungen müssen bis 11 Uhr am Montag den 24.01.2011 in die Briefkästen im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

---

1. **Gedämpfter Harmonischer Oszillator (3 Punkte)**

   Gegeben sei ein gedämpfter, harmonischer Oszillator mit zwei periodischen, äußeren Kräften

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = ae^{i\omega t} + be^{2i\omega t} \tag{1}$$

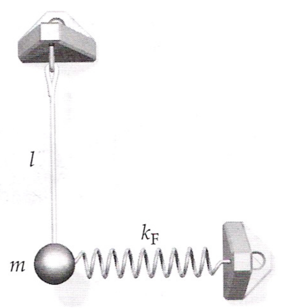
   a) Welche Lösung erhalten Sie im eingeschwungenen Zustand? Hinweis: Die Gleichung ist linear, daher gilt das ....-Prinzip.

   b) Wie sieht jetzt die Resonanzkurve aus?

   ★) Zeichnen Sie die Resonanzkurve mit *Mathematica*!

2. **Pendel und Feder (3 Punkte)**

   Die Abbildung zeigt ein Pendel der Länge l mit einem Pendelkörper der Masse m.



   Der Pendelkörper ist an einer horizontalen Feder mit der Federkostanten k_F befestigt. Wenn sich der Pendelkörper direkt unter der Aufhängung befindet, hat die Feder ihre Gleichgewichtslänge.

   a) Leiten Sie einen Ausdruck für die Schwingungsdauer dieses System bei kleinen Amplituden her.

   b) Nehmen Sie an, dass $m = 1$ kg ist und l so gewält wird, dass die Schwingungsdauer ohne die Feder 2 s beträgt. Wie groß ist die Federkonstante k_F, wenn die Schwingungsdauer 1s beträgt?

3. **Das Morse-Potential (3 Punkte)**

   Zur Beschreibung zwischenatomarer Kräfte verwendet man oft die Gleichungen für das sogenannte Morse-Potential, das sich in der Form

$$\phi(r) = D\left(1 - e^{\beta(r-r_0)}\right)^2 \tag{2}$$

   ausdrücken lässt: darin ist r der Abstand zwischen den zwei Atomkernen.

a) Erstellen Sie mit *Mathematica* einen Graphen des Morse-Potenzials mit den Werten $D = 5$ eV und $\beta = 0.2$ nm^{-1} sowie $r_0 = 0.75$ nm.

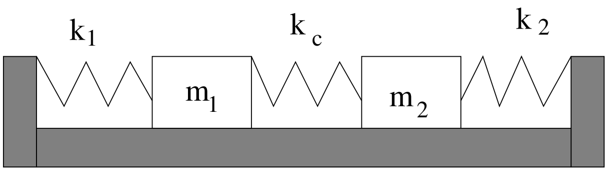
b) Bestimmen Sie den Gleichgewichtsabstand und die "Federkonstante" beim Morse-Potential, wenn nur kleine Auslenkungen aus der Gleichgewichtslage erfolgen.

c) Stellen Sie eine Formel für die Schwingungsfrequenz eines zweiatomigen Moleküls mit zwei gleichen Atome der Masse m auf.

Hinweis: Verwenden Sie die Taylor'sche Näherung um das Minimum, um die elastische Konstante zu erhalten.

★ **Gekoppelte harmonische Oszillatoren (4 Punkte) (*Nur Physik Bsc., Physik Lehramt*)**

Betrachten Sie das System von mit Federn gekoppelten Massen in der Abbildung. Was sind die Kräfte F_1 und F_2, die auf die Massen m_1 und m_2 wirken?



Leiten Sie daraus die Bewegungsgleichungen für die Position $x_{1,2}$ und Geschwindigkeiten $v_{1,2}$ her. Drücken Sie diese in Abhängigkeit von Δt ab und lösen Sie die Bewegungsgleichungen *numerisch* mittels *Mathematica*, indem Sie zunächst $v_{1,2}$ und dann daraus $x_{1,2}$ für kleine Zeiträume Δt berechnen lassen. Hinweis: Verwenden Sie einen `Do`-Loop.

Die Massen sind $m_{1,2} = 1.0$ kg, die Federkonstanten sind $k = 1.25$ und $kc = 0.25$.

Plotten Sie die Auslenkungen der Massen, $x_{1,2}$ als Funktion der Zeit für:

a) die Eigenschwingungen des Systems mit entsprechend gewählten Anfangsbedingungen

b) die folgenden Anfangsbedingungen: $x_1 = 1.0$, $x_2 = 0.0$ und $v_{1,2} = 0.0$

c) die folgenden Anfangsbedingungen: $x_1 = 1.0$, $x_2 = 1.0$ und $v_{1,2} = 0.0$ mit neuen Federkonstanten: $k_1 = 1.25$ und $k_2 = 2$.

d) die folgenden Anfangsbedingungen: $x_1 = 1.0$, $x_2 = 0.0$ und $v_{1,2} = 0.0$ mit neuen Federkonstanten: $k_1 = 1.25$ und $k_2 = 2$.

e) die folgenden Anfangsbedingungen: $x_1 = 1.0$, $x_2 = 0.0$ und $v_{1,2} = 0.5$ mit neuen Federkonstanten: $k_1 = 1.25$ und $k_2 = 2$.

Beschreiben Sie in Worten, was man für Fall b) - e) beobachtet und wie man diese Bewegung physikalisch deuten kann.

♡ **Maschine (2 Punkte, *Nur MST/ESE et al.*)**

Eine Maschine mit einer Masse M=0.5 t hat eine Federung mit einer Konstanten D= 3×10^4 N/m. Bei einer Drehzahl des Antriebsmotors von 73 min^{-1} tritt die maximale Schwingungsamplitude auf.

a) Wie groß ist die Dämpfungskonstante?

b) Wie müßte man sie ändern, um die Amplitude bei dieser Drehzahl auf die Hälfte zu reduzieren?