Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Dr. Peter Keim

M. Altenburg, S. Deutschländer, C. Klix, S. Gloger, H. Kaiser, A. Schoe, U. Siems

Ausgabedatum: 23.01.2013
Besprechung: 31.01.2013

Übungen zu Experimentalphysik I für Biologen

Blatt 11

Aufgabe 1: Spinnennetz

Das Netz einer Spinne kann als Hook'sche Feder und masselos angenommen werden.

a) Eine Fliege von 0,4 g fliegt in das Spinnennetz; dabei schwingt das Netz mit 10 Hz. Wie groß ist die Federkonstante k?
b) Berechnen sie die maximale Auslenkung des Netzes, wenn die Fliege mit 3,6 km/h in das Netz fliegt und die komplette kinetische Energie in Spannenergie des Netzes umgewandelt wird.
c) Eine andere Fliege ist nun doppelt so schwer und fliegt in das Netz. Mit welche Frequenz schwingt das Netz nun? (Die erste Fliege ist bereits verspeist und muss nicht mehr berücksichtigt werden.)
d) Erklären Sie mit dem Modell der erzwungenen Schwingung, warum die Flügelschläge der Fliege (etwa 200 Schläge pro Sekunde) keine Gefahr für die Stabilität des Netzes darstellten.

Aufgabe 2: Taylor-Reihe

Eine unendlich oft differenzierbare (analytische) Funktion $f(x)$ kann um einem Punkt x=a durch eine Taylor-Reihe

$$P_f(x) = f(a) + \frac{f'(a)}{1!}(x-a) + \frac{f''(a)}{2!}(x-a)^2 + ... + \frac{f^{(n)}(a)}{n!}(x-a)^n + ...$$

genähert werden. Zeigen Sie am Beispiel der Funktion

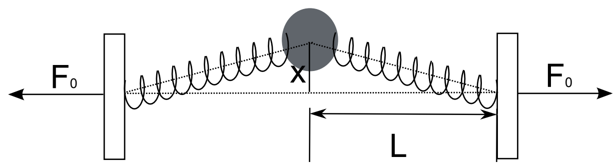
$$f(x) = 4x^3 - 2x^2 + 1 \ ,$$

und einer Taylorentwicklung bis zum dritten Grad um den Punkt a=0, dass sich wieder die Funktion selbst ergibt.
Anmerkung: In der Physik wird oft eine Linearisierung, d.h. Taylorentwicklung bis zum ersten Grad $T_1 = f(a) + f'(a)(x-a)$ genutzt, um ein analytisch lösbares Problem zu erhalten.

Bitte wenden!

Aufgabe 3: Transversale Schwingungen

Eine Kugel der Masse $m = 500$ g wird zwischen zwei Federn (Federkonstante k), die jeweils schon mit der Kraft $F_0 = 10$ N vorgespannt sind, eingespannt. Die vorgespannten Federn haben eine Länge von $L = 10$ cm. Nun wird die Kugel um einen kleinen Winkel α aus der Ruhelage ausgelenkt und losgelassen. Dannach führt die Kugel transversale Schwingungen mit einer Winkelgeschwindigkeit ω_0 um die Ruhelage aus. Im Folgenden soll diese bestimmt werden.



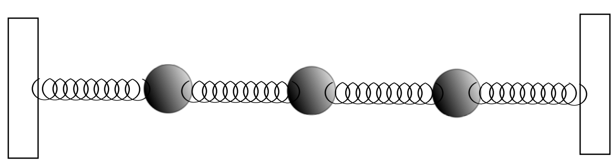
a) Die Kraft entlang der Feder bei einer Auslenkung um den Winkel α ist durch $F = F_0 + kL\left(\frac{1}{\cos(\alpha)} - 1\right)$ gegeben. Zeigen Sie, dass für kleine Winkel diese Kraft als konstant angenommen werden kann.

b) Zeigen Sie, dass die Kraftkomponente in Auslenkungsrichtung $F_R = -2F_0\frac{x}{L}$ ist.
Hinweis: Für kleine Winkel gilt $\sin(\alpha) = \tan(\alpha) = \frac{x}{L}$.

c) Bestimmen Sie die Kreisfrequenz ω_0 indem Sie F_R mit der Rückstellkraft einer einfachen Feder ($F = -Dx$) vergleichen.
Zwischenergebnis: $\omega_0 = \sqrt{\frac{2F_0}{mL}}$

d) Bestimmen Sie den Wert von ω_0 für die angegebenen Werte.

e) Nun sind zwischen vier Federn drei Kugeln (siehe Abbildung) eingespannt. Das System hat nicht nur eine transversale Eigenmode, wie im Fall einer einzelnen Kugel, sondere mehrere. Wie viele gibt es davon, und welche Form haben die Eigenmoden.



Aufgabe 4: Wahr oder Falsch?

Welche der folgenden Aussagen ist wahr, welche falsch?

a) Bei einer harmonischen Schwingung ist die rücktreibende Kraft proportional zur Auslenkung.

b) Die Eigenfrequenz eines mathematischen Pendels ist abhängig von der Masse des schwingenden Körpers.

c) Eine Pendeluhr, die in Höhe des Meeresspiegels genau geht, geht in größerer Höhe zu schnell.

d) Bei einer linear gedämpften Schwingung ist die Reibungskraft proportional zur Geschwindigkeit.

e) Die Frequenz einer gedämpften Schwingung ist größer als im ungedämpften Fall.

f) Beim aperiodischen Grenzfall findet kein Nulldurchgang statt.