Rechenübungen zur Experimentalphysik I

Aufgabenblatt 10

(Besprechung: ab 2022-01-19)

Aufgabe 1: Resonanzkatastrophe

Ihr neues vierrädriges Elektroauto hat einen wechselbaren Akkumulator mit dem Sie in wenigen Minuten „tanken“ können indem der entladene Akku gegen einen geladenen getauscht wird. Die Leermasse des Fahrzeugs (ohne Akku) beträgt $m_0 = 1200\,\mathrm{kg}$ und der Akku wiegt $m_\mathrm{l} = 200\,\mathrm{kg}$. Beim Beladen des leeren Fahrzeugs mit dem Akku federn alle 4 Federn $3\,\mathrm{cm}$ ein.

a) Welche Federkonstante k haben die verbauten Federn?

b) Mit welcher Frequenz wird das Fahrzeug (inkl. Akku) schwingen, wenn die Federung ungedämpft ist (d.h. keine Stoßdämpfer verwendet werden)?

Auf der Autobahn ärgern Sie sich über die schlecht verfugten Betonplatten, die beim Überfahren eine periodische Schwingung Ihres Fahrzeugs erzeugen. Tatsächlich können bei schneller Fahrt über solche Betonplatten (Länge $l_\mathrm{p} = 5\,\mathrm{m}$) Probleme auftreten da eine Resonanzkatastrophe auslöst werden kann.

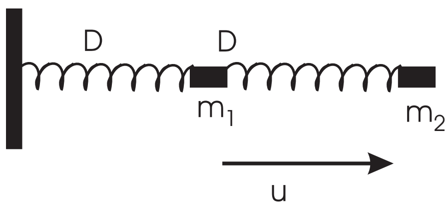
c) Mit welcher Geschwindigkeit sollten Sie mit Ihrem Fahrzeug keinesfalls über die Betonplatten fahren um die Resonanzkatastrophe zu vermeiden?

d) Wie würden Sie die Federn modifizieren, so dass selbst bei Totalausfall der Stoßdämpfer die Resonanzkatastrophe niemals bei Geschwindigkeiten bis zur Autobahnrichtgeschwindigkeit von $130\,\mathrm{km/h}$ auftreten kann?

Nehmen Sie eine sinusförmige Bodenwelle der Periode $2l_\mathrm{p}$ an.

Aufgabe 2: Gekoppelte Pendel

Zwei identische Massen m_1 und m_2 mit $m_1 = m_2 = m$ sind wie gezeigt durch zwei Federn untereinander und mit einer festen Wand verbunden. Die Bewegung erfolgt senkrecht zur Wand in u-Richtung. Die Federn haben die gleichen Federkonstanten D.



Stellen Sie die Bewegungsgleichungen für die Auslenkungen $u_1(t)$ und $u_2(t)$ auf. Dabei sind u_1 und u_2 die jeweiligen Auslenkungen aus den Ruhelagen der Massen. Verwenden Sie $u_1(t) = A\mathrm{e}^{i\omega t}$ und $u_2(t) = B\mathrm{e}^{i\omega t}$ als Lösungsansätze und berechnen Sie die Eigenfrequenzen dieses Systems von gekoppelten Oszillatoren.

Aufgabe 3: Transversalwelle und Schwingung

Im Ursprung eines Koordinatensystems findet ab dem Zeitpunkt $t = 0$ eine Schwingung statt, die dem Gesetz $y(t) = 0{,}06\,\mathrm{m}\sin(-\frac{\pi}{\mathrm{s}}t)$ folgt. m und s sind Einheiten. Diese Schwingung erzeugt eine ungedämpfte Transversalwelle, die sich in Richtung der positiven x-Achse mit der Geschwindigkeit $0{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ ausbreitet.

a) Wie groß sind Schwingungsdauer, Frequenz und Wellenlänge?

b) Wie lautet die Gleichung der Schwingung der (eindimensionalen) Welle, d.h. die Auslenkung in Abhängigkeit von Ort und Zeit?

c) Skizzieren sie die Welle zu den Zeitpunkten $t = (0, 2, 3)\,\mathrm{s}$.

d) Wie lautet die Gleichung der Schwingung, die im Punkt $x = 30\,\mathrm{cm}$ stattfindet?

Aufgabe 4: Stehende Welle & Monochord

Stellt man eine Flasche unter einen Wasserhahn und füllt diese auf, so hört man einen Ton dessen Frequenz sich verändert.

a) Wird die Frequenz des Tones größer oder kleiner, und wieso?

b) Diskutieren Sie stehende Wellen in Gefäßen mit offenen und geschlossenen Enden. Wo befinden sich die Knoten?

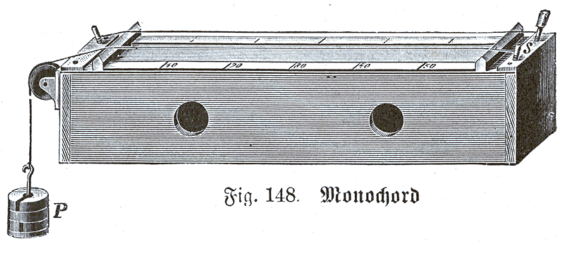


Fig. 148. Monochord

Die Saite eines Monochords hat die Länge $l = 1\,\mathrm{m}$. Regt man die Saite zur Grundschwingung an, so ertönt der Kammerton a' mit der Frequenz $f = 440\,\mathrm{Hz}$.

c) Berechnen Sie die Wellengeschwindigkeit längs der Saite.

d) Skizzieren Sie das Schwingungsbild für die 2. Oberschwingung der Saite und geben Sie die deren Frequenz an.