Technische Universität München
Fakultät für Physik

Ferienkurs

Experimentalphysik 1

WS 2018/19

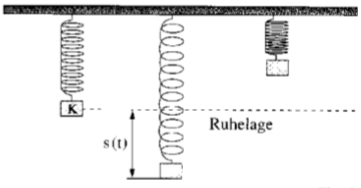
Aufgabenblatt 4

Cara Zimmermann
Lara Szeimies

Inhaltsverzeichnis

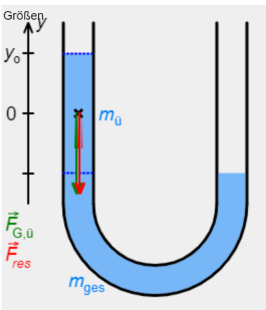
1 Mechanische Schwingung

Ein Gewicht der Masse m hängt an einer Feder mit der Federkonstanten D. Ist es um die Strecke s aus seiner Ruhelage entfernt, so wirkt die Rückstellkraft F_D. Dabei erfährt das Gewicht eine Beschleunigung a, die die Trägheitskraft $F_M = -ma$ zur Folge hat. Insgesamt muss $F_D + F_M = 0$ gelten.
Bestimme die Periodendauer und die Frequenz der Schwingung, die entsteht, wenn man ein Gewicht der Masse $m = 0,1kg$ an eine Feder mit $D = 10\frac{N}{m}$ um $s_0 = 1cm$ aus seiner Ruhelage entfernt und dann loslässt.



2 Schwingende Flüssigkeitssäule

Ein Flüssigkeitspendel, auch bekannt als schwingende Flüssigkeitssäule, ist im Allgemeinen ein U-Rohr, in dem eine anfangs aus der Gleichgewichtslage ausgelenkte Flüssigkeitssäule schwingt. In der Abbildung sieht man den Aufbau des Versuchs.



(a) Bestimmen Sie die Bewegungsgleichung.
Beachten Sie, dass die Flüssigkeitssäule im U-Rohr einen Zylinder darstellt. Die Größen m_{ges} und m_u lassen sich somit durch die Dichte ρ der Flüssigkeit, die Querschnittsfläche A des U-Rohrs, $y(t)$ und der Länge L ausdrücken.

(b) Die Bewegungsgleichung ist eine Differentialgleichung 2. Ordnung, die noch zwei Anfangsbedingungen zu ihrer kompletten Lösung erfordert. Gib diese beiden Anfangsbedingungen an.

(c) Weisen Sie rechnerisch nach, dass die Zeit-Ort-Funktion $y(t) = \overline{y} \cdot cos(wt)$ mit geeignet gewähltem w die Bewegungsgleichung erfüllt.

Gib den geeigneten Term für w an und bestimme den Wert $\overline{y}$ so, dass diese Zeit-Ort-Funktion auch die beiden Anfangsbedingungen erfüllt.

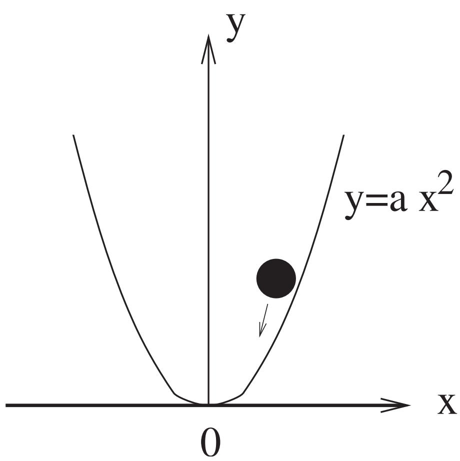
(d) Die Flüssigkeitssäule eines Flüssigkeitspendels habe die Länge 50 cm. Berechne die Schwinungsdauer dieses Flüssigkeitspendels.

3 Schwingung einer ausgedehnten Scheibe

Eine zylindrische Scheibe mit einem Radius $r = 0,80$m und einer Masse von $m = 6,00$kg habe eine homogene Massendichte. In der Entfernung d vom Mittelpunkt der Scheibe befindet sich ein kleines Loch, an dem man die Scheibe aufhängen kann.

1. Wie groß muss d sein, damit die Schwingungsdauer dieses physikalischen Pendels 2,50s beträgt?
2. Wie muss man d wählen, damit die Schwingungsdauer minimal wird? Wie groß ist diese minimale Schwingungsdauer?

4 Olive



Eine Olive (Masse m) wird in ein parabelförmiges Glas fallen gelassen ($y = ax^2$) und beginnt reibungsfrei in x-Richtung hin- und herzuschwingen. Den Nullpunkt des Koordinatensystems liegt im tiefsten Punkt des Glases.

1. Wie groß ist die potentielle Energie $U(x)$ der Olive?
2. Berechnen Sie aus $U(x)$ die Rückstellkraft und leiten Sie die Differentialgleichung für die Bewegung der Olive in x-Richtung her.

3. Mit welcher Kreisfrequenz ω schwingt die Olive im Glas?
4. Was ist die allgemeine Lösung der Differentialgleichung?

5 Wellenzahlen

Gegeben sei eine Welle mit der Frequenz $f = 5\text{Hz}$, der Amplitude $A = 12$ cm und der Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = 20$ m/s.

1. Bestimmen Sie Kreisfrequenz, Wellenzahl und geben Sie die Funktion $(y(x,t))$ der Welle an.

   Bestimmen Sie für jeden Ort der Welle
2. die maximale Geschwindigkeit v_{max} ,
3. die maximale Beschleunigung a_{max} .

6 Orgelpfeife

In einer Orgelpfeife wird die umschlossene Luftsäule zu Schwingungen angeregt, so dass sich eine stehende Welle ausbildet. Es soll ein Ton der Frequenz $\nu_0 = 35Hz$ (Grundton) erzeugt werden. (*Hinweis:* $c_{Luft} = 340\frac{m}{s}$)

1. Berechnen Sie die für die angegebene Frequenz ν_0 erforderliche Länge L der Pfeife für eine (i) beidseitig offene bzw. eine (ii) einseitig offene Pfeife.
2. Berechnen Sie die allgemeinen Frequenzen ν_h der Obertöne für die beidseitig und die einseitig offene Pfeife. Skizzieren Sie jeweils den Verlauf der ortsabhängigen Amplitude der stehenden Welle in beiden Fällen für den **ersten** und **zweiten Oberton**.

7 Transversale Seilwelle

Eine $m_k = 20\,\text{kg}$ schwere Kiste hängt am Ende eines $L = 80\,\text{m}$ langen Seils, das in einen Schacht hinuntergelassen ist. Die Masse des Seils betrage $m_s = 2\,\text{kg}$. Ein Höhlenforscher am Boden des Schachtes kommuniziert mit seinem Kollegen an der Erdoberfläche, in dem er das Seil am Ende, an dem auch die Kiste hängt, seitwärts auslenkt und eine transversale Welle im Seil anregt.

1. Was ist die Spannung im Seil (d.h. welche Kraft wirkt an seinem Ende), wenn Sie das Eigengewicht des Seiles vernachlässigen?

2. Was ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der transversale Seilwellen? Leiten Sie das Ergebnis aus einer Einheitenbetrachtung her, in dem Sie annehmen, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit nur von der Spannkraft aus dem Aufgabenteil a) und der Masse pro Seilllänge $\mu = \frac{m_s}{L}$ abhängt.
3. Im Seil wird eine transversale harmonische Welle mit einer maximalen Auslenkung von 5 cm und einer Frequenz von 2,0 Hz angeregt. Was ist die Wellenlänge der harmonischen Schwingung? (Wenn Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit in der letzten Teilaufgabe nicht ausrechnen konnten, rechnen Sie mit $c_{Seil} = 100\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ weiter).
4. Geben Sie einen mathematischen Ausdruck an, der die Auslenkung des Seils (y(x , t)) als Funktion von Zeit und Ort für die in der letzten Teilaufgabe besprochene Situation beschreibt.

8 Überlagerung zweier Schallwellen

Die ebene Schallwelle $\Psi_1(z,t) = A\cos(800s^{-1}\ t - 2m^{-1}\ z)$ wird mit der ebenen Schallwelle $\Psi_2(z,t) = A\cos(630s^{-1}\ t - 1,5m^{-1}\ z)$ überlagert. Wie sieht ihre Überlagerung aus und wie groß ist ihre Gruppengeschwindigkeit im Vergleich zu den Phasengeschwindigkeiten der beiden Einzelwellen?