Fakultät für Physik
Technische Universität München
Bernd Kohler & Daniel Singh

Blatt 2
WS 2014/2015
24.03.2015

Ferienkurs Experimentalphysik 1

(★) - leicht
(★★) - mittel
(★★★) - schwer

Aufgabe 1: *Verständnisfragen*

a) Unter welchen Bedingungen geht $W = \int \vec{F} d\vec{r}$ in $W = F \cdot s$ über?

b) Unter welchen Voraussetzungen gilt der Energieerhaltungssatz der Mechanik?

c) Weißen Sie nach, dass für eine Zentralkraft $\frac{d\vec{L}}{dt} = 0$ gilt.

d) Bei einer Zentralbewegung habe der Geschwindigkeitsvektor die Richtung a) des Ortsvektors und b) senkrecht zum Ortsvektor. Wie berechnet sich in beiden Fällen der Betrag L des Drehimpulsvektors?

e) In welcher Weise darf die Lage des Angriffspunktes einer Kraft am starren Körper verändert werden, ohne dass sich dabei das Drehmoment ändert?

f) Welche Bedingungen müssen zwei verschiedene Drehachsen eines Körpers erfüllen, damit für die zugehörigen Trägheitsmomente der Satz von Steiner angewendet werden kann?

g) Was muss ein Eiskunstläufer tun, damit er bei einer Pirouette seine Winkelgeschwindigkeit erhöht? Wie ist die Zunahme der Winkelgeschwindigkeit zu erklären? Muss der Eiskunstläufer bei diesem Vorgang mechanische Arbeit verrichten? (Die Reibung zwischen dem Eis und den Schlittschuhen wird außer Betracht gelassen.)

h) Warum hebt bei hoher Startbeschleunigung das Vorderrad eines Motorrades von der Fahrbahn ab?

i) Was gehört zu einem schwingungsfähigen mechanischen System?

j) Wann ist die Schwingung harmonisch? Was bedeutet das für die Lösung der zugehörigen DGL?

k) Was ist das mathematische Pendel?

l) Was ist die Gesamtenergie beim Federpendel?

m) Weshalb treten in der Ort-Zeit-Funktion der harmonischen Schwingung zwei Integrationskonstanten auf? Welche physikalische Bedeutung haben diese Konstanten?

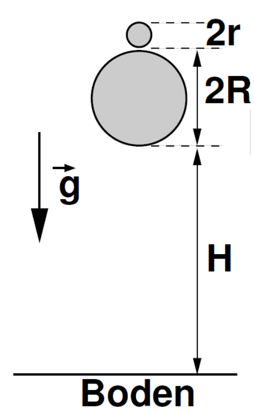
n) Wie kann man durch Beobachten der Ort-Zeit-Funktion einer gedämpften Schwingung die Abklingkonstante δ bestimmen?

o) Welche Formen der gedämpften Schwingung ergeben sich für die Fälle: a) $\delta < \omega_0$; b) $\delta = \omega_0$; c) $\delta > \omega_0$?

p) Weisen Sie nach, dass bei äußerer Erregung für sehr kleine Frequenzen und beliebige Dämpfungen die Resonatoramplitude mit der Erregeramplitude übereinstimmt. Wie lässt sich dies anschaulich erklären?

Aufgabe 2: *Kleiner Ball auf großem Ball* (★★)

In einer Höhe von $H = 2\,\text{m}$ liegt ein kleiner Ball mit der Masse m und dem Radius $r = 5\,\text{cm}$ auf einem großen Ball mit der Masse $M = 50 \cdot m$ und dem Radius $R = 4 \cdot r$. Die Mittelpunkte der Bälle befinden sich vertikal übereinander. Nun werden beide Bälle gleichzeitig fallen gelassen, sodass die Relativgeschwindigkeit der Bälle zueinander zunächst null ist, d.h. der kleine Ball bleibt auf dem großen Ball (vgl. Skizze) - der Zwischenraum ist vernachlässigbar klein. Beim Aufkommen auf dem Boden führt der große Ball zunächst einen elastischen Stoß mit dem Boden durch und unmittelbar danach einen ebenfalls elastischen Stoß mit dem kleinen Ball. Wie hoch springt der kleine Ball anschließend? (Gesucht ist der Abstand vom Boden zu seinem Mittelpunkt bei der maximalen Höhe.)
Hinweis: Vernachlässigen Sie Reibungseffekte bei Ihren Rechnungen.



Aufgabe 3: *Erdsatellit* (★★★)

Ein Erdsatellit hat im Abstand $r_1 = 10\,500\,\mathrm{km}$ vom Erdmittelpunkt die Geschwindigkeit $v_1 = 5{,}70\,\mathrm{km/s}$ und den Bahnwinkel $\alpha_1 = 90°$.

a) Um welchen Punkt der Bahn handelt es sich?

b) Wie groß sind die große Halbachse a seiner Bahnellipse und seine Umlaufdauer T?

Aufgabe 4: *Leistung eines PKW* (★★)

Ein PKW der Masse $m = 1{,}3\,\mathrm{t}$ fährt einmal auf waagrechter Strecke und einmal auf einer Steigung mit dem Winkel $\alpha = 4{,}0°$ gegen die Waagrechte aus dem Stand an. In beiden Fällen wirkt die gleiche Zugkraft, die über die Zeit $t_1 = 3{,}0\,\mathrm{s}$ aufrechterhalten werden kann. Deshalb erfolgt das Anfahren auf der Waagerechten während dieser Zeit mit der konstanten Beschleunigung $a_W = 2{,}9\,\mathrm{m/s^2}$. Berechnen Sie

a) die Arbeit W, die in der Zeit t_1 vom Motor auf der waagrechten Strecke verrichtet wird,

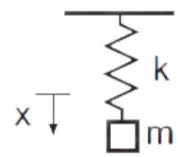
b) die Leistung P_W des Motors zur Zeit t_1 auf der waagrechten Strecke,

c) die Beschleunigung a_B, die bergauf erreicht wird,

d) die Leistung P_B des Motors zur Zeit t_1 auf der Bergstrecke.

Aufgabe 5: *Das Federpendel* (★★)

Es wird ein Federpendel betrachtet. Die Feder ist masselos. Unten wird als positive Richtung definiert.



a) Welche Kräfte wirken hier? Welche sind für das Prinzip des Federpendels notwendig?

b) Stellen Sie die DGL Federpendels mit Reibung auf!

c) Lösen Sie die DGL mit einem Exponentialansatz! (Hier ohne Reibung rechnen!)

d) Wie muss die Feder eines Sekundenpendels (T=2s) gewählt werden, wenn die Pendelmasse 50g beträgt?

Aufgabe 6: *Abklingvorgang* (★★)

Bei einer gedämpften Schwingung wird das Maximum der Elongation am Ende der 10. Periode zu $x_{10} = 264\,\text{mm}$ und am Ende der 15. Periode zu $x_{15} = 220\,\text{mm}$ auf der gleichen Seite der Auslenkung ermittelt.

a) Wie groß ist das Verhältnis zweier aufeinanderfolgender Maximalausschläge $\frac{x_i}{x_{i+1}}$?

b) Berechnen Sie das logarithmische Dekrement Λ.

Hinweis: Das logarithmische Dekrement Λ berechnet sich aus der Abklingkonstante δ und einem Zeitabstand T zwischen voneinander auftretenden Elongationen: $\Lambda = \delta \cdot T = \ln \frac{x_i}{x_{i+1}}$. Es ist ein Maß für das Dämpfungsverhalten von frei schwingenden Systemen.

c) Am Ende welcher Periode n_h ist die maximale Elongation auf der Hälfte der maximalen Anfangselongation x_0 abgeklungen?

d) Wie groß ist die Abklingkonstante δ, wenn das Abklingen von x_{10} auf x_{15} in der Zeit $\Delta t = 2{,}5\,\mathrm{s}$ erfolgt?

e) Berechnen Sie die Kreisfrequenz ω_0 der ungedämpften Schwingung und vergleichen sie diese mit der Kreisfrequenz ω der gedämpften Schwingung. (Ist die Dämpfung schwach oder stark?)

Aufgabe 7: *Äußere Erregung* (★★★)

Bei einem schwingungsfähigen System seien m, k und r gegeben. Es wird von außen erregt, wobei ξ_m konstruktiv festgelegt ist.

a) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz ω_R.

b) Berechnen Sie das Verhältnis Resonanzamplitude $x_m(\omega_R)$ zur Erregeramplitude ξ_m.

c) Welche Frequenzänderung erfährt der im Resonanzfall schwingende Resonator, wenn er nach Abschalten des Erregers freie Schwingungen ausführt?