Prof. Dr. F. Bernlochner
Dr. T. Lenz, Dr. Y. Dieter

Wintersemester 2022/23
Universität Bonn

# Übung 14 Physik 1

https://ecampus.uni-bonn.de/goto_ecampus_crs_2727296.html

**Anwesenheitsaufgaben** Wird in der Übungsgruppe am 31.01.2023 - 02.02.2023 besprochen.

## 1. Gedämpfte und erzwungene Schwingung

a) Welche mathematische Form hat die Auslenkung in Abhängigkeit von der Zeit im Fall einer freien gedämpften harmonischen Schwingung? Nehmen Sie an, dass die Reibungskraft proportional zur Geschwindigkeit ist ($F_D = -\beta \mathrm{v}$).

b) Skizzieren Sie die Auslenkung in Abhängigkeit von der Zeit von Aufgabe a) im Falle schwacher, starker und kritischer Dämpfung.

c) Gilt die Lösung von Aufgabe a) auch im Fall $F_D \propto \mathrm{v}^2$?

d) Wie lautet die Schwingungsgleichung eines angeregten harmonischen Oszillators mit Dämpfung?

e) Bei welcher Erregerfrequenz $\omega_F$ hat diese Schwingung ihre maximale Amplitude?

f) Wie ist bei einer erzwungenen harmonischen Schwingung die relative Phasenlage zwischen Anregung und Oszillator für sehr kleine bzw. sehr große Anregungsfrequenzen sowie in der Resonanz? Was gilt für die Amplitude der Schwingung?

---

**Hausaufgaben** Ausgabe am 20.01.2023, Abgabe am 27.01.2023, Besprechung am 31.01.2023 - 02.02.2023

## 1. Schwingende Kugel am Faden (5 Punkte)

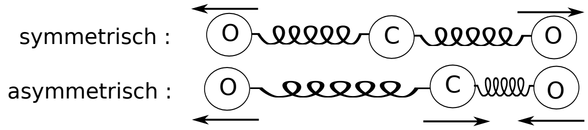
Ein physikalisches Pendel bestehe aus einer massiven Kugel mit Radius $r$ und Masse $m$, die an einem Faden aufgehängt sei. Der Abstand vom Schwerpunkt der Kugel zum Aufhängepunkt sei $l$. Die Masse des Fadens sei vernachlässigbar.

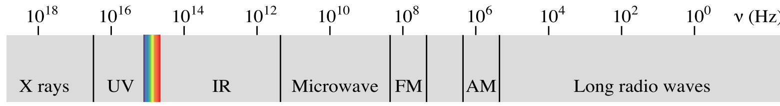
a) Wie groß ist die Schwingungsdauer dieses Pendels für kleine Auslenkungen? (Hinweis: Berücksichtigen sie das Trägheitsmoment).

b) Falls $r \ll l$, kann man das Pendel in guter Näherung als mathematisches Pendel mit Pendellänge $l$ betrachten. Wie groß muss das Verhältnis $r/l$ sein, damit der Fehler auf die Schwingungsdauer durch diese Näherung ein Prozent beträgt?

## 2. Molekülschwingung (4 Punkte)

Betrachten Sie ein Kohlendioxid Molekül als drei Bälle, die mit zwei identischen Federn gekoppelt sind. Die Federkonstanten sind jeweils $k = 1.9 \cdot 10^3$ N/m. Die Massen von Kohlenstoffatom und Sauerstoffatom betragen $m_C = 12u$ und $m_O = 16u$ ($u \sim 1.66 \cdot 10^{-27}$ kg ist die Atommasse). Berechnen Sie die Schwingungsfrequenz der symmetrischen und asymmetrischen Schwingung des Moleküls (siehe Abbildung 2). Welche elektromagnetische Wellen (Infrarotstrahlung(IR), sichtbare Spektrum oder Ultraviolettstrahlung(UV)) werden durch diese Schwingungen absorbiert?




**3. Dämpfung eines Pendels (3 Punkte)**

Ein Pendel, das aus einer Kugel der Masse $m$ an einer Schnur der Länge $l$ besteht, schwingt mit geringer Auslenkung und reibungsfrei mit der Frequenz $\omega_0 = \sqrt{g/l}$. Die Kugel erfahre jetzt eine Stokes-Reibung $F_S = -\alpha v$, proportional zu ihrer Geschwindigkeit $v$. Wie lange dauert es, bis die Schwingungsamplitude des Pendels auf den Bruchteil $1/e$ zurückgegangen ist? Hängt diese Zeit von der Pendellänge $l$ ab? Kann man durch Ändern von $l$ erreichen, daß das Pendel kritisch (aperiodisch) gedämpft wird? Wenn ja, für welches $l$?
Notiz: Sie können gerne Lösungen/Lösungsansätze aus der Vorlesung benutzen.

**4. Langsam angeregter Oszillator (4 Punkte)**

Der mit $F(t) = F_0 \cos(\omega t)$ getriebene gedämpfte harmonische Oszillator

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m}\cos(\omega t) \tag{1}$$

besitzt die Lösung

$$x(t) = \frac{F_0/m}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (\omega 2\delta)^2}\Big((\omega_0^2 - \omega^2)\cos(\omega t) + \omega 2\delta \sin(\omega t)\Big). \tag{2}$$

Betrachten Sie den quasi-stationären Fall sehr niedriger Anregungsfrequenzen $\omega \ll \omega_0$ und schwacher Dämpfung ($2\delta < 2\omega_0$). Berechnen Sie die durchschnittliche Leistung $\bar{P}$ (gemittelt über eine Oszillationsperiode), die die äußere Kraft $F(t)$ an dem sich mit $x(t)$ bewegenden Oszillator leistet, für $\omega/\omega_0 \ll 1$, in der niedrigsten *beitragenden* Ordnung. Nähern Sie dazu Gleichung (2) in erster Ordnung von $\omega/\omega_0$.
Hinweis: $\omega$ ist klein, nicht aber $\omega t$.