Universität des Saarlandes
Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät (NT)

Fachrichtung Physik
Dr. Ferdi Schank
M.Sc. M. Schöndorf (Mail: marius@lusi.uni-sb.de)
M.Sc. E. Maikranz (Mail: e.maikranz@lusi.uni-sb.de)
Web: http://santen.physik.uni-saarland.de/

Saarbrücken, den 23.11.2018

Übungsblatt 6 zur Theoretischen Physik I+II für Lehramtskandidaten, WS2018

Aufgabe 1 *Molekülschwingungen* [$1 + 1 + 2 = 4$ Punkte]

a) Entkoppeln Sie das nachfolgende System mit zwei Freiheitsgraden und der Lagrangenfunktion

$$L = \frac{m_1}{2}\dot{x}^2 + \frac{m_2}{2}\dot{y}^2 - \frac{k}{2}(x-y)^2$$

Geben Sie dazu die Lagrangefunktion in Koordinaten an welche die Dynamik entkoppelt.

b) Bestimmen Sie das Verhältnis der Schwingungsfrequenzen ω und ω' zweier zweiatomiger Moleküle, die aus verschiedenen Atomen bestehen. Die Atommassen seien m_1, m_2 für das eine Molekül bzw. m_1', m_2' für das andere.

c) Bestimmen Sie die Schwingungsfrequenzen eines linearen dreiatomigen Moleküls ABA (siehe Abbildung 1). Nehmen Sie an , dass die potentielle Energie nur von den Abständen AB und BA abhängt.

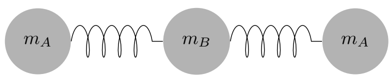

Abbildung 1

Hinweis: Stellen Sie zuerst die Lagrangefunktion auf.

Aufgabe 2 *Erzwungene Schwingung mit Reibung* [1 + 3 + 4 = 8 Punkte]

Zur Mechanik gibt es analoge elektrische Systeme, wie den RLC-Schaltkreis (Schwingkreis). Eine Spannungsquelle $V(t)$ erzeugt einen Strom $I(t)$ durch einen Widerstand R, der als Dämpfungsterm wirkt, eine Spule L, die sich wie ein Trägheitsterm des Stromes verhält, und einen Kondensator C, der Ladung speichert (alle Bauteile sind in Reihe geschaltet).

a) Verwenden Sie die Kirchhoffschen Regeln um die Bewegungsgleichung des Stromes herzuleiten

$$\ddot{I} + 2\lambda\dot{I} + \omega^2 I = \frac{1}{L}\dot{V}$$

mit $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ und $\lambda = \frac{R}{2L}$

b) Bestimmen Sie die Allgemeine Lösung des Stromes für die nachfolgenden Fälle, wenn das System keinen Widerstand (R=0)hat:

i) $V = At$
ii) $V = Bt^2$
iii) $V = V_0 e^{-\alpha t}$

Die Größen A, B, α, β sind Konstanten.

c) Bestimmen Sie für $V = V_0 e^{-\alpha t}\cos(\beta t)$ mit Reibung (R > 0) die Allgemeine Lösung.

Hinweis: Beachten Sie alle Fallunterscheidungen.

Aufgabe 3 *Kontinuumslimes* [1 + 1 + 1 = 3 Punkte]

Wir betrachten ein System aus $N + 1$ Teilchen die im Gleichgewichtszustand an den Punkten $(x_i, 0)$ sitzen (siehe Abbildung 2). Die x- Koordinaten seien äquidistant, sodass $x_i = i\ d$ $(0 \leq i \leq N, d \in \mathbb{R}_+)$ gelte. Die Punktmasse mit Masse m sind mit hookschen Federn (Federkonstante k) verbunden und können sich nur entlang der y-Achse bewegen. Das erste und das letzte Teilchen sollen sich jedoch nicht bewegen können.

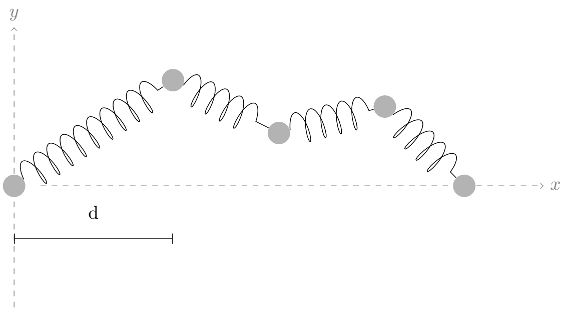

Abbildung 2: Beispiel des Systems mit fünf Teilchen. Achtung die Teilchen bewegen sich nur in y-Richtung.

a) Geben Sie die Lagrangefunktion des Systems an.

b) Bestimmen Sie die Bewegungsgleichung des i-ten Teilchens.
Hinweis: Beachten Sie alle nötigen Fallunterscheidungen.

c) Betrachten Sie nun den Grenzübergang zu einer Saite als Kontinuumslimes ($N \to \infty, d \to 0$), sodass die Länge der Saite, die Massendichte $\rho = \frac{m}{d}$, sowie das E-Modul $E = kd$ Konstant bleiben.

Um welche Gleichung handelt es sich? Was beschreibt Sie?

Hinweis: Denken Sie an die Definition der zweifachen Ableitung über den Grenzwert des Differenzenquotienten. Nehmen Sie außerdem an, dass die zweite Ableitung der Auslenkung nach dem Ort stetig ist.