

# Probeklausur Theoretische Physik I WS17/18

In der Klausur wird aus den drei Aufgabengebieten (1) Newtonsche Mechanik/Zentralpotential, (2) Lagrange- und Hamiltonformalismus und (3) Elektrostatik je eine komplexe Aufgabe gestellt. Es *kann* ausserdem eine vierte Aufgabe mit einer einfachen Frage aus einem der drei Aufgabengebiete geben. Es müssen ca. 40-50% der Punkte erreicht werden, um die Klausur mit der Note 4.0 zu bestehen.

## 1. Gedämpfter harmonischer Oszillator (1+1 Punkte)

Man betrachte den harmonischen Oszillator  $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ , wobei die  $\gamma$  gerade halb so groß sein soll wie die kritische Dämpfung.

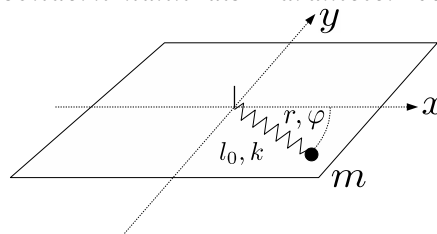
- Wie groß ist die Periodendauer  $\tau$  der Schwingung im Verhältnis zum ungedämpften Fall  $\gamma = 0$ ?
- Bestimmen Sie das Verhältnis der maximalen Auslenkungen (Amplituden) zweier aufeinanderfolgender Schwingungen.

## 2. Bewegung im Zentralpotential (2+2+2+2 Punkte)

An einer masselosen linearen Feder der Ruhelänge  $l_0$  mit Federkonstante  $k$ , welche an einem Ende frei rotierend in  $xy$ -Ebene (Gravitationspotential ist konstant) befestigt ist befindet sich ein Massepunkt der Masse  $m$

- Bestimmen Sie das effektive Potential der Radialbewegung und skizzieren Sie es.
- Für welche Anfangsbedingungen bewegt sich der Massepunkt auf einer Kreisbahn mit dem Radius  $R_0$ ?
- Mit welcher Frequenz  $\omega$  schwingt der Abstand  $r$  für kleine Abweichungen von  $R_0$  um diese Gleichgewichtslage?
- Welche Kreisradien  $R_0$  und Frequenzen  $\omega$  sind möglich?

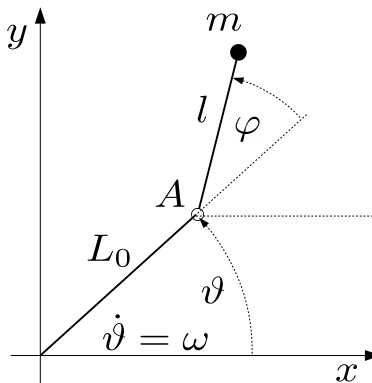
*Hinweis : Der Radius  $R_0$  muss nicht als Funktion der Anfangsbedingungen ausgedrückt, sondern kann als Parameter verwendet werden.*



3. **Lagrange Mechanik** (2+2+2 Punkte + 2 Zusatzpunkte)

An einem in der  $xy$  Ebene (kein Gravitationsfeld) mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um den Koordinatenursprung im Abstand  $L_0$  rotierenden Aufhängepunkt  $A$  befindet sich ein frei rotierender masseloser Stab der Länge  $l$  mit einer Punktmasse  $m$  am anderen Ende (siehe Abbildung). Der Aufhängepunkt stehe im Winkel  $\vartheta = \omega t$  zur  $x$ -Achse und der frei rotierende Stab im Winkel  $\varphi$  zur Verbindungslinie vom Koordinatenursprung nach  $A$ .

- (a) Stellen Sie die Lagrangefunktion für das System in den Variablen  $\varphi$  und  $\dot{\varphi}$  auf.
- (b) Stellen Sie die Lagrange Bewegungsgleichung auf.
- (c) Mit welcher Frequenz schwingt  $\varphi$  für kleine Auslenkungen und kleine Anfangsgeschwindigkeiten  $\dot{\varphi}$  um die Ruhelage?
- (d\*) (+2P) Bestimmen Sie die Hamiltonfunktion des Systems und zeigen Sie, mit Hilfe der Lagrange Bewegungsgleichung, dass diese eine Erhaltungsgröße ist.



4. **Legendre Transformation und Hamilton Formalismus** (1+1+1+1 Punkte)

Ein System bewegt sich in einer Dimension und besitzt die Lagrange-Funktion

$$L = \frac{m}{2}(\dot{q}^2 - \omega^2 q^2)e^{\gamma t} .$$

Die Konstanten  $m$ ,  $\omega$  und  $\gamma$  sind reell und positiv;  $\gamma < 2\omega$ .

- (a) Stellen Sie die Lagrangesche Bewegungsgleichung auf.
- (b) Für die Anfangsbedingungen  $q(0) = 0$  und  $\dot{q}(0) = v_0$  finden Sie  $q(t)$  für  $t \rightarrow \infty$ .
- (c) Stellen Sie die Hamilton-Funktion auf.
- (d) Stellen Sie die Hamiltonschen Bewegungsgleichungen auf.

5. **Coulomb Kraft**(2 Punkte)

Die elektrische Kraft, die auf zwei Punktladungen im Abstand  $L_0$  wirkt sei  $F_0$ . Wie groß ist die Kraft zwischen den Ladungen im Abstand  $L_1$  und wieviel Arbeit muss man verrichten, um den Abstand von  $L_0$  nach  $L_1$  zu ändern?

6. **Plattenkondensator und elektrische Energie**(2+2+1 Punkte)

- (a) Wie groß ist das elektrische Feld und die Energiedichte des elektrischen Feldes zwischen zwei großen, parallelen und identischen Metallplatten der Fläche  $A$  mit den Gesamtladungen  $Q$  und  $-Q$  im Abstand  $d$ ?
- (b) Wie groß ist die elektrische Kraft zwischen den beiden Platten, und welche Arbeit muss man verrichten, um den Plattenabstand von  $d_0$  auf  $d_1$  zu veraendern?
- (c) Die kinetische Energie einer Ladung, welche durch ein Photon der Frequenz  $\nu$  aus einer der Metallplatten herausgeschlagen wird beträgt  $\hbar\nu - W_0$ . Welche Spannung muss an den Metallplatten anliegen, damit die aus der Kathode herausgeschlagenen Elektronen gerade nicht mehr die Anode erreichen koennen?