ÜBUNGEN zu PHYSIK IV (SS 2003) **Blatt 3**

H. Kohl & S.J. Linz 30.05.03

Besprechung der Übungsaufgaben: 09.05.03/13.05.03

schriftlich: E5, E6, T4; Alle anderen Aufgaben/-teile mündlich

Abgabe der schriftlichen Aufgaben: In der Dienstagsübung am 06.05.03

Aufgabe E5: Compton-Streuung (3 Punkte)

Ein γ-Quant der Energie 58,6keV wird durch Compton-Streuung a) um 180°, b) um 90° abgelenkt (vgl. Vorlesung). Wie groß ist jeweils die Energie des gestreuten Photons? Welche Energie und welchen Impuls besitzt jeweils das Compton-Elektron, wenn es zuvor in Ruhe war? Unter welchem Winkel zum eingefallenen Röntgenquant bewegt sich das Compton-Elektron nach dem Stoßprozeß?

Hinweis: Benutzen Sie die Einheiten eV bzw. eV/c.

Aufgabe E6: Gaskinetischer Wirkungsquerschnitt (3 Punkte)

Ein Strahl monoenergetischer Elektronen durchläuft eine 5cm lange Gaszelle, die ein Gas mit der Temperatur 27°C und dem Druck 10^{-2}bar enthält.

a) Geben Sie die Beziehung für die Teilchendichte eines idealen Gases als Funktion von Druck und Temperatur an.

b) Berechnen Sie die mittlere freie Weglänge und den Wirkungsquerschnitt, wenn 5% der Elektronen nicht mehr in der Eintrittsrichtung herauskommen.

c) Welcher Anteil der Elektronen tritt nicht mehr in der ursprünglichen Richtung aus, wenn der Gasdruck auf 0,1bar erhöht wird?

Aufgabe E7: Atomare Masseneinheit (2 Punkte)

Die atomare Masseneinheit u ist definiert als $\frac{1}{12}$ der Masse des Kohlenstoff-Isotops ^{12}C, d.h. $m(^{12}\mathrm{C}) = 12\mathrm{u}$. Sie hat den Wert $1\mathrm{u} \approx 931,4944\mathrm{MeV/c^2} \approx 1,660541 \cdot 10^{-27}\mathrm{kg}$. Zeigen Sie, daß diese Definition zweckmäßiger ist als eine Definition, der die Protonenmasse zugrunde liegt. Um dies zu sehen, berechnen Sie die Masse des ^{238}U-Isotops in beiden Einheiten. $m(p) = 938,2723\mathrm{MeV/c^2}$, $m(^{238}\mathrm{U}) = 221,7445\mathrm{GeV/c^2}$.

Aufgabe E8: Ausheizen von Gefäßen (2 Punkte)

Um in einem Gefäß ein gutes Vakuum zu erhalten, muß die Gefäßwand beim Auspumpen erwärmt werden, damit adsorbiertes Gas entfernt werden kann. Berechnen Sie, um wieviel sich der Druck in einem Kugelgefäß mit dem Radius $r = 10$cm erhöhen kann, wenn die in einer monomolekularen Schicht adsorbierten Moleküle aus den Wänden

in das Gefäß übergehen. Nehmen Sie dabei eine Querschnittsfläche der Moleküle von 10^{-15}cm^2 und eine Temperatur von $T = 550\text{K}$ an.

Aufgabe E9: Photoeffekt (3 Punkte)

Ein monoenergetischer Lichtstrahl der Wellenlänge $\lambda = 4 \cdot 10^{-7}\text{m}$ und der Intensität $I = 3 \cdot 10^{-9}\text{W/m}^2$ wird auf ein Material mit der Austrittsarbeit $W_\alpha = 2\text{eV}$ gerichtet. Wie groß ist

a) die pro m^2 und s absorbierte Energie?

b) die kinetische Energie der Photoelektronen?

c) die Zahl der pro m^2 und s emittierten Elektronen?

Aufgabe E10: Atomradien (2 Punkte)

Aus der Messung von $p-V$ Diagrammen wurde das Kovolumen von He zu $b_{\text{He}} = 23,7\text{cm}^3/\text{mol}$ und von Hg zu $b_{\text{Hg}} = 16,96\text{cm}^3/\text{mol}$ bestimmt. Welche Atomradien ergeben sich daraus?

Aufgabe T3: Invarianzen der Euler-Lagrange-Gleichungen (5 Punkte)

a) Zeigen Sie, daß die Euler-Lagrange-Gleichungen

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0, \qquad (i = 1, ..., n)$$

invariant sind unter der Eichtransformation

$$\begin{aligned} L &\rightarrow L + \overline{L} \\ \overline{L}(\underline{q}, \underline{\dot{q}}, t) &= \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} f(\underline{q}, t) \end{aligned}$$

wobei f eine beliebige, hinreichend oft differenzierbare Funktion der Koordinaten $\underline{q} = (q_1, ..., q_n)$ und der Zeit t ist. (2 P)

b) Zeigen Sie, daß die Euler-Lagrange-Gleichungen forminvariant unter einer beliebigen Koordinatentransformation

$$\underline{q} = (q_1, ..., q_n) \rightarrow \underline{Q} = (Q_1, ..., Q_n), \qquad \text{mit} \qquad Q_i = Q_i(\underline{q}, t)$$

sind, wobei hinreichende Differenzierbarkeit der Transformation vorausgesetzt wird. (3 P)

Aufgabe T4: Gekoppelte Pendel (10 Punkte)

Zwei kleine Kugeln der Masse M sind über drei Federn zwischen zwei festen Wänden eingespannt (siehe Abbildung 1). Die beiden Teilchen können sich nur seitwärts und

nach oben und unten in der Figurenebene bewegen. Die drei Federn seien alle gleich mit der Federkonstanten K, masselos, perfekt elastisch, und im eingespannten Zustand unter Spannung (im nichtgespannten Zustand hätte jede Feder die Länge $a/2$).

a) Wie lauten die potentielle Energie und die Lagrangefunktion des Systems?(3 P)

b) Unter der Annahme *kleiner* Abweichungen aus der Gleichgewichtskonfiguration approximiere man die Lagrangefunktion und bestimme die Euler-Lagrange-Gleichungen. (3 P)

c) Mit Hilfe von Teil b) berechne man die vier Normalmoden des Systems. (2 P)

d) Was verändert sich, wenn zusätzlich die Gravitationskraft $\vec{F}_g = -Mg\vec{e}_z$ auf das System wirkt? (2 P)

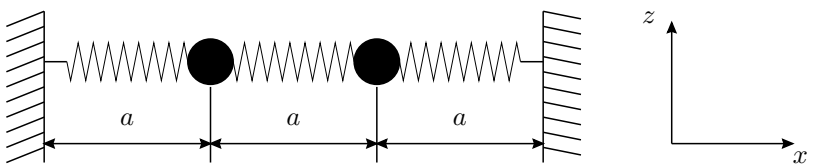

Abbildung 1: Gekoppelte Oszillatoren