4. Übungsblatt zur Vorlesung Theoretische Physik I (Mechanik)

Abgabe: Mittwoch, 20.November 2002 in den Übungen.

Aufgabe A10: *Fortsetzung von A9: Elastischer Stoß*
In Fortsetzung der Aufgabe A9 d) und e) betrachten wir wieder einen elastischen Stoß zweier Massenpunkte m_1 und m_2 mit $\vec{p}_2 = 0$. Das Teilchen mit der Masse m_2 und $\vec{p}_2 = 0$ wird auch *Targetteilchen* genannt, das Teilchen mit der Masse m_1 und $\vec{p}_1 \neq 0$ heißt auch *Projektilteilchen.* Weiterhin heißt das Koordinatensystem, in dem $\vec{p}_2 = 0$ gilt, auch *Laborsystem.* In Aufgabe A9 e) ergab sich für den Zusammenhang zwischen dem Streuwinkel θ im Laborsystem und dem Streuwinkel θ^* im Schwerpunktsystem der geschwindigkeitsunabhängige Zusammenhang

$$\tan(\theta) = \frac{\sin(\theta^*)}{\frac{m_1}{m_2} + \cos(\theta^*)}$$

a) Betrachten Sie nun den Spezialfall $m_1 > m_2$. Zeichnen Sie das zugehörige Diagramm entsprechend der Fig. 1 auf dem 3. Übungsblatt. Zeigen Sie mit Hilfe des Diagramms, dass für den Streuwinkel θ im Laborsystem gilt

$$0 \leq \theta \leq \theta_{max} < \frac{\pi}{2}$$

und bestimmen Sie $\sin(\theta_{max})$. **(2 Punkte)**

b) Wie ändert sich das Diagramm im Fall gleicher Massen $m_1 = m_2$? Was folgt für θ als Funktion von θ^* ? Sei ϕ der Winkel zwischen $\vec{p}_1$ und $\vec{p}_2{}'$. Zeigen Sie, daß $\phi + \theta = \frac{\pi}{2}$. **(2 Punkte)**

Aufgabe A11: *Elastischer Stoß: Streuung von Neutronen an Atomkernen*
Betrachten Sie die (elastische) Streuung von Neutronen (Masse m) an Atomkernen mit der Masse $A \cdot m$ (A =Massenzahl). $\vec{p}_1$ und $\vec{p}_1{}'$ seien die Impulse des Neutrons vor bzw. nach dem Stoß im *Laborsystem*, in dem die Kerne vor der Streuung in Ruhe sind. Die kinetische Energie des Neutrons vor und nach dem Stoß(im Laborsystem) ist dann gegeben durch

$$T = \frac{\vec{p}_1{}^2}{2m} \quad \text{(vor dem Stoß)}; \qquad T' = \frac{\vec{p}_1{}'^2}{2m} \quad \text{(nach dem Stoß)}$$

a) Zeigen Sie, dass für den relativen Energieverlust $(T - T')/T$ gilt:

$$\frac{T - T'}{T} = \frac{2A}{(1+A)^2}\,(1 - \cos(\theta^*))$$

(θ^* = Streuwinkel im Schwerpunktsystem, wie in A9, e) definiert.) **(2 Punkte)**

b) Berechnen Sie den mittleren Energieverlust der Neutronen pro Stoß:

$$\left\langle \frac{T - T'}{T} \right\rangle = \frac{1}{4\pi} \int d\Omega^* \, \frac{T - T'}{T}$$ **(2 Punkte)**

c) Für welches A ist der mittlere Energieverlust der Neutronen pro Stoß maximal ? Warum sind Materialien mit sehr schweren Kernen (z.B. Pb $A = 207$) zur Abschirmung von Neutronen nicht geeignet ? **(1 Punkt)**

Aufgabe A12: *Streuung von Massenpunkten: sphärischer Potentialtopf, Brechung*

Betrachten Sie einen homogenen Strahl von Punktteilchen der Masse m und Geschwindigkeit $\vec{v}$. Dieser werde an einem kugelsymmetrischen Potentialtopf mit Radius $R > 0$

$$V(r) = \begin{cases} -V_0 & \text{für } r \leq R \\ 0 & \text{für } r > R \end{cases}$$

durch "Brechung" gestreut.

a) Zeigen Sie mit Hilfe der Erhaltungssätze, dass der "Brechungsindex"

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \sqrt{1 + \frac{2V_0}{m\,v^2}}$$

ist. Dabei ist α der Einfallswinkel und β der Brechungswinkel (siehe Fig. 1). **(2 Punkte)**

b) Bestimmen Sie aus einer Skizze der Teilchenbahn (siehe Fig. 2) den Zusammenhang zwischen α, β und dem Streuwinkel θ. Drücken Sie damit den Stoßparameter b durch R, n und θ aus. **(3 Punkte)**

c) Berechnen Sie schließlich mit dem Ergebnis aus b) den differentiellen Wirkungsquerschnitt

$$\sigma(\theta) = \frac{b(\theta)}{\sin(\theta)} \left| \frac{d\,b(\theta)}{d\,\theta} \right|$$

(2 Punkte)

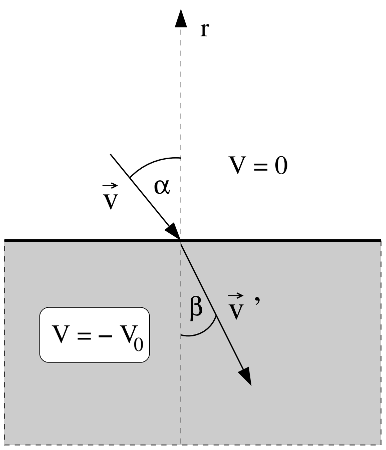

Fig. 1

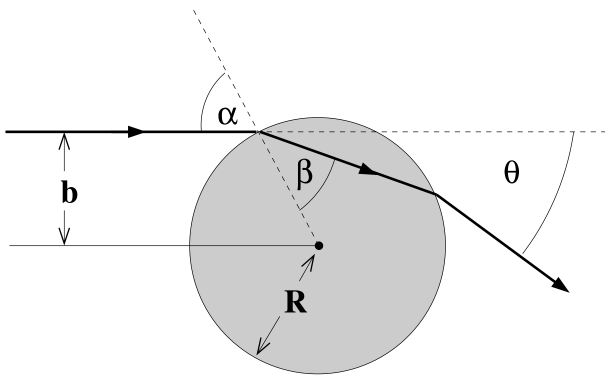

Fig. 2