

Prof. Dr. Holger Stark, Josua Grawitter, Maximilian Seyrich
 Lasse Ermoneit, Philip Knospe, Isaak Mengesha und Philipp Stammer

7. Übungsblatt – Theoretische Physik I: Mechanik

Termine: **S** Abgabe bis Donnerstag, 05.12.2019, 12 Uhr im Briefkasten am ER-Eingang
M Vorrechnen in den Tutorien Dienstag, 03.12. – Montag, 09.12.2019

Bitte die Matrikelnummern **und mind. ein Tutor** auf dem Aufgabenzettel angeben.

S Aufgabe 19 (8 Punkte): Coriolisbeschleunigung (4+4)

- (a) Ein voll beladener ICE mit einer Gesamtmasse $M = 660\text{ t}$ fährt mit der Höchstgeschwindigkeit $v = 250\text{ km/h}$ auf der Rheintalstrecke von Karlsruhe nach Basel (also von Nord nach Süd). Wie groß ist die Corioliskraft auf den Zug? In welche Himmelsrichtung wirkt sie? Wie groß ist die Gewichtskraft auf den Zug?
- (b) Ein Fluss der Breite D fließt mit einer Strömungsgeschwindigkeit v_0 auf der Nordhalbkugel bei der geographischen Breite α nach Norden. Wie weit höher liegt das rechte Flussufer als das linke aufgrund der Corioliskraft? Berechnen Sie den Höhenunterschied für $D = 2\text{ km}$, $v_0 = 5\text{ km/h}$ und $\alpha = 50^\circ$.

S Aufgabe 20 (12 Punkte): Gesamtenergie eines Systems von Massepunkten (6+6)

Betrachten Sie die folgenden Massenpunktsysteme im homogenen Schwerfeld mit der Schwerebeschleunigung $\mathbf{g} = -g \mathbf{e}_y$.

- (a) Ebenes Pendel mit loser Aufhängung und Pendelmasse m_2 . Der Aufhängepunkt mit der Masse m_1 sei beweglich gelagert, so dass er sich reibungsfrei auf einer horizontalen Geraden entlang der x -Achse bewegen kann. Die Pendelbewegung findet in der xy -Ebene statt.

$$E_{kin} = \frac{m_1 + m_2}{2} \dot{x}^2 + \frac{m_2}{2} (l^2 \dot{\varphi}^2 + 2l\dot{x}\dot{\varphi} \cos \varphi)$$

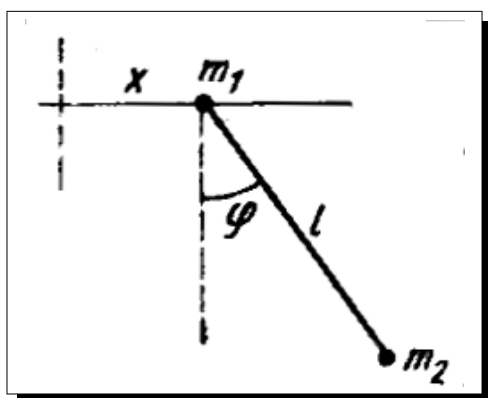
$$E_{pot} = -m_2 g l \cos \varphi$$

- (b) Doppelpendel mit fester Aufhängung, das ebenfalls in der xy -Ebene schwingt.

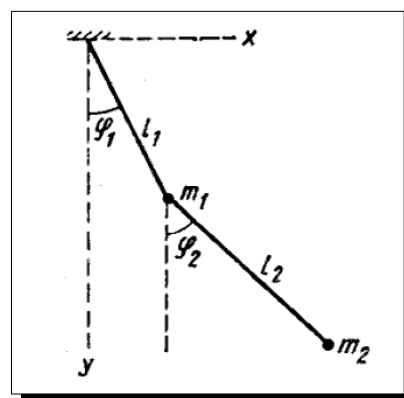
$$E_{kin} = \frac{m_1 + m_2}{2} l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{m_2}{2} l_2^2 \dot{\varphi}_2^2 + m_2 l_1 l_2 \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$E_{pot} = -(m_1 + m_2) g l_1 \cos \varphi_1 - m_2 g l_2 \cos \varphi_2$$

Zeigen Sie, dass in beiden Fällen die kinetische und potentielle Energie durch die angegebenen Ausdrücke darstellbar sind. *Hinweis:* Drücken Sie zunächst die Ortsvektoren der Massepunkte durch die Pendellängen und die Auslenkungswinkel aus (siehe Skizzen).



Ebenes Pendel mit beweglicher Aufhängung



Doppelpendel

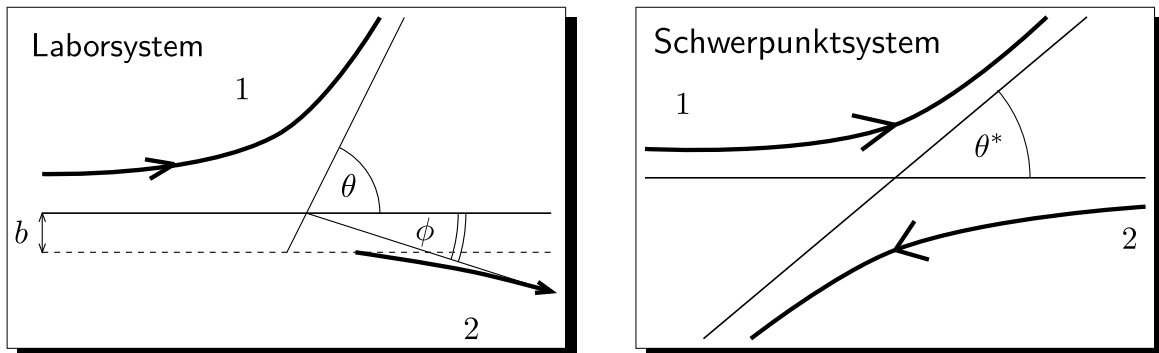
Bitte Rückseite beachten! →

7. Übung TP1 WiSe19/20

M Aufgabe 21 (4 Punkte): Elastischer Zweiteilchenstoß

Betrachten Sie zwei Teilchen der Massen m_1 und m_2 , die durch ein abstandsabhängiges Potential $U(r)$ (abstoßend oder anziehend) wechselwirken. (Das Potential verschwinde im Unendlichen mindestens wie r^{-1} .) Der Versuch wird im Labor so ausgeführt, dass Teilchen 2 vor dem Stoß ruht (das sogenannte *Target*), während Teilchen 1 (das *Projektil*) aus dem Unendlichen kommend am Target vorbeiläuft. Wir betrachten nur Wechselwirkungen, durch die beide Teilchen nach dem Stoß ins Unendliche entweichen (Abstoßung und schwache Anziehung).

Die Teilchen bewegen sich im Laborsystem unsymmetrisch, da ihr Schwerpunkt im Verlauf wandert (siehe linke Skizze). Wechselt man in ein Bezugssystem, das dem Schwerpunkt folgt (Schwerpunktsystem), bewegen sie sich symmetrisch. In beiden Systemen können die Teilchenbewegungen lange vor und nach dem Stoß durch ihre Impulse charakterisiert werden, ohne den Stoßverlauf direkt zu betrachten: im Laborsystem durch ihre Einzelimpulse $\{\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2\}$ (nach dem Stoß $\{\mathbf{p}'_1, \mathbf{p}'_2\}$) und im Schwerpunktsystem durch ihren Relativimpuls \mathbf{p}^* (nach dem Stoß \mathbf{p}'^*).



- Formulieren Sie, wie \mathbf{p}_1 und \mathbf{p}_2 mit \mathbf{p}^* und dem Gesamtimpuls \mathbf{P} vor dem Stoß zusammenhängen und was die Ausgangslage für \mathbf{P} und \mathbf{p}^* bedeutet. Welche Zusammenhänge gelten auch nach dem Stoß? Bestimmen Sie mit Hilfe von Energie- und Impulserhaltung wie \mathbf{p}'_1 und \mathbf{p}'_2 jeweils mit \mathbf{p}^* und \mathbf{p}'^* zusammenhängen. Welchen Impulszusammenhang liefert die Energieerhaltung im Schwerpunktsystem?
- Nutzen Sie die Ergebnisse aus (a), um das Skalarprodukt $\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}'_1$ einerseits mit Hilfe des Streuwinkels θ im Laborsystem und andererseits mit Hilfe des Streuwinkels θ^* im Schwerpunktsystem auszudrücken.
- Leiten Sie mit den Ausdrücken aus (b) den in der Vorlesung erwähnten Zusammenhang zwischen dem Streuwinkel θ und θ^* ab:

$$\tan \theta = \frac{\sin \theta^*}{m_1/m_2 + \cos \theta^*} \quad .$$

- Was gilt für den Zusammenhang, wenn $m_1 \ll m_2$, oder wenn $m_1 = m_2$? Interpretieren Sie Ihre Ergebnisse.