Ferienkurs Experimentalphysik 1

Übungsblatt 2

Tutoren: Julien Kollmann und Luca Italiano

1 Impuls

1.1 Zweidimensionaler Stoß

Ein Teilchen hat eine Anfangsgeschwindigkeit v_0. Es stößt mit einem ruhenden Teilchen derselben Masse zusammen und wird um einen Winkel ϕ abgelenkt. Seine Geschwindigkeit nach dem Stoß ist v. Das zweite Teilchen erfährt einen Rückstoß, und seine Richtung bildet einen Winkel θ mit der ursprünglichen Richtung des ersten Teilchens (Abbildung 1).

a) Zeigen Sie, dass $\tan\theta = (v\sin\phi)/(v_0 - v\cos\phi)$ gilt.

b) Zeigen Sie, dass für den Fall eines elastischen Stoßes $v = v_0\cos\phi$ gilt.
Hinweis: Pythagoras!

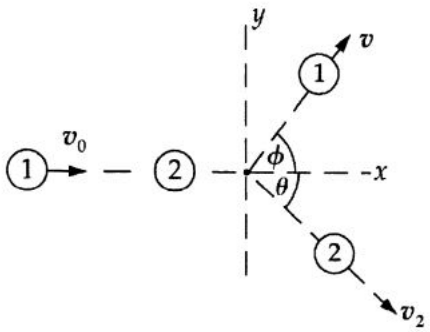

Abbildung 1: Stoß in Aufgabe 1.1

1.2 Elastischer Stoß beim Neutron

Ein Neutron der Masse m_n stößt elastisch zentral mit einem ruhenden Atomkern der Masse m_k zusammen.

a) Zeigen Sie, dass für die kinetische Energie des Kerns $T_{\text{K,e}}$ nach dem Stoß gilt:

$$T_{\text{K,e}} = T_{\text{N,a}} \cdot \frac{4m_N m_K}{(m_N + m_K)^2} \tag{1}$$

wo $T_{\text{N,a}}$ die kinetische Energie des Neutrons vor dem Stoß ist.
Hinweis: verwende $T = \frac{p^2}{2m}$.

b) Zeigen Sie, dass für den Energieverlust des Neutrons gilt:

$$\frac{\Delta T_{\mathrm{N}}}{T_{\mathrm{N,a}}} = \frac{-4(m_N/m_K)}{(1+(m_N/m_K))^2} \tag{2}$$

c) Was passiert, wenn die Neutronenmasse viel kleiner als die Kernmasse ist?

d) Bei welchem Masseverhältnis wird der Energieverlust maximal?

2 Scheinkräfte

2.1 Wolke

Eine Regenwolke zieht mit 36 km/h in 5 km Höhe auf 60 Grad nördlicher Breite nach Süden. Der Erdradius ist 6370 km.

a) Als Ursprung wird der Erdmittelpunkt gewählt. Wie sehen die Vektoren $\vec{r}$ und $\vec{v}$ der Wolke sowie der Vektor $\vec{\omega}$ der Erdrotation aus?

b) Welche Kraft und mit welcher Beschleunigung wird die Wolke in östlicher oder westlicher Richtung abgelenkt?

c) Um wie viel Grad hat sich die Bewegungsrichtung der Wolke nach zwei Stunden geändert? (Nehme an, dass sich die nördliche Breite nicht ändert und dass v in südlicher Richtung konstant bleibt.)

3 Starre Körper

3.1 Trägheitsmoment

a) Berechnen Sie mit Integration das Volumen eines Kegels mit Höhe h von Boden zur Spitze und Radius R des Kreisbodens.

b) Bestimmen Sie das Trägheitsmoment des Kegels (mit Masse M) um seine Symmetrieachse.

3.2 Kippender Stab

Ein dünner, homogener Stab der Masse m und Länge L steht senkrecht und kippt um, ohne am unteren Ende wegzurutschen.

a) Berechne mit Integration das Trägheitsmoment des Stabs bezüglich Drehung um das Stabende.
Hinweis: beim dünnen Stab ist die Masse zu einer Dimension beschränkt, also ist das Trägheitsmoment über einem eindimensionalen Integral definiert: $I = \rho \int z^2 \mathrm{d}z$

b) Berechnen Sie die Winkelgeschwindigkeit des Stabes und die Momentangeschwindigkeit der oberen Stabendes beim Aufschlag auf dem Boden.

Nun wird eine punktförmige Zusatzmasse m irgendwo am Stab fest angebracht. Die Position s der Zusatzmasse wird durch den Abstand vom unteren Ende des Stabes beschrieben.

c) Welche Winkelgeschwindigkeit hat der Stab nun, welche Momentangeschwindigkeit die Stabspitze beim Aufschlag, in Abhängigkeit von s?

d) Gibt es Positionen der Zusatzmasse, so dass der Stab mit Zusatzmasse genau so aufschlägt wie ohne?

e) Schlägt der Stab mit Zusatzmasse gleich, schneller oder langsamer auf also ohne Zusatzmasse, wenn die Zusatzmasse am oberen Ende angebracht ist?

3.3 Drehteller

Abbildung 2 zeigt eine Anordnung zur Messung von Trägheitsmomenten. An einem Drehteller ist ein Zylinder mit Radius r befestigt, um den eine Schnur gewunden ist. Drehteller und Zylinder können sich reibungsfrei um die vertikale Achse drehen. Die Schnur verläuft über eine reibungsfreie, masselose Rolle zu einem aufgehängten Gewichtsstück der Masse m. Man lässt diese fallen und misst die Zeit t_1, bis das Gewichtsstück eine Strecke d zurückgelegt. Um das Trägheitsmoment eines Objektes zu messen stellt man diese auf den Drehtisch und misst die Zeit t_2, bis das Gewichtsstück die gleiche Strecke d zurückgelegt. Bei diesem Aufbau ist $r = 10$ cm, $m = 2,5$ kg und $d = 1,8$ m. Bei der Messung eines Körpers mit unbekanntem Drehmoment I ist $t_1 = 4,2$ s ohne Körper und $t_2 = 6,8$ s mit Körper auf dem Drehteller.

a) Berechnen Sie das Gesamtträgheitsmoment des Systems aus Drehteller und Zylinder.

b) Berechnen Sie das Trägheitsmoment des Systems aus Drehteller, Zylinder und dem unbekannten Körper.

c) Berechnen Sie mit a) und b) das unbekannte Trägheitsmoment I.

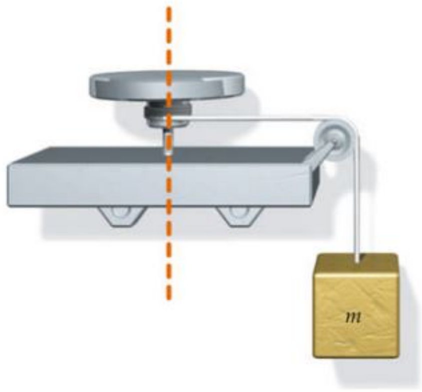

Abbildung 2: Aufbau bei Aufgabe 3.3

3.4 Schlagzentrum

Ein gleichförmiger Stab der Länge l und Masse m ist an einem Ende reibungsfrei drehbar aufgehängt (Abbildung 3). Er wird von einer horizontalen Kraft in einer Entfernung x unterhalb der Aufhängung angestoßen.

a) Zeigen Sie, dass die Geschwindigkeit des Massenmittelpunkts unmittelbar nach dem Stoß gegeben ist durch $v_0 = 3xF_0\Delta t/(2ml)$, wo F_0 die mittlere Kraft und Δt die Dauer der Krafteinwirkung ist.

b) Berechnen Sie die Horizontalkomponente der Kraft, die die Aufhängung auf den Stab ausübt. Für welches x verschwindet diese Kraft?
Hinweis: betrachte den linearen Impuls.

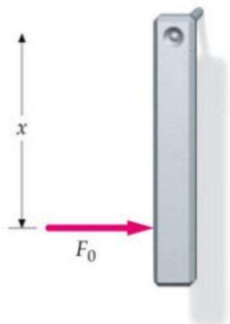

Abbildung 3: Aufbau bei Aufgabe 3.4