Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald
Institut für Physik

Physikalisches Grundpraktikum

Versuch M19 - Stoßpendel		
Name:	Mitarbeiter:	
Gruppennummer:	lfd. Nummer:	Datum:

1. Aufgabenstellung

1.1. Versuchsziel

Anwendung des Energie- und Impulserhaltungssatzes auf den zentralen elastischen Stoß.

Verschaffen Sie sich Kenntnisse zu folgenden Schwerpunkten des Versuches:

- Klassifizierung der Stoßprozesse
- Energie– und Impulserhaltungssatz
- Umwandlung kinetischer Energie in Hubarbeit.

1.2. Messungen

1.2.1. Messen Sie die Pendellängen l_1 und l_2 (vgl. Abb. 3). Messen Sie die geometrischen Abmessungen des Eisenquaders.

1.2.2. Lenken Sie das Stangenpendel m_1 um x_1 =12,5 cm aus. Lassen Sie es gegen den Eisenquader m_2 stoßen und messen dessen Auslenkung x_2. Diese Messung wird zehn Mal durchgeführt und tabellarisch erfasst.

1.3. Auswertungen

1.3.1. Berechnen Sie mit ρ = 7,7 g/cm³ die Masse m_2 des Eisenblocks.

1.3.2. Berechnen Sie die Hubhöhen h_1 und h_2 sowie die Geschwindigkeiten v_1 und v'_2.

1.3.3. Stellen Sie die Impuls- und die Energiebilanz des Systems auf. Berechnen Sie aus den Bilanzen die noch unbekannten Größen m_1 und v'_1.

1.3.4. Welcher Bruchteil der kinetischen Energie wird beim Stoß auf den Eisenblock übertragen? Wie groß müsste die Masse des Stangenpendels sein, damit die Hälfte der Energie des Stangenpendels auf den Eisenblock übertragen wird?

2. Grundlagen

2.1. Der zentrale Stoß

Stoßen zwei Kugeln aufeinander, so unterscheidet man entsprechend den Energieumwandlungen zwischen elastischen Stößen und unelastischen Stößen. Weiter kann man einerseits den geraden Stoß vom schiefen Stoß und andererseits den zentralen Stoß vom nichtzentralen Stoß unterscheiden.
Beim zentralen (geraden oder schiefen) Stoß schneidet die Stoßnormale die Massenmittelpunkte der Stoßpartner.
Beim geraden zentralen Stoß schließt die Stoßnormale zusätzlich mit den Geschwindigkeiten den Winkel Null ein, während beim schiefen zentralen Stoß dieser Winkel von Null verschieden ist.
Beim zentralen elastischen Stoß gelten der Impulserhaltungssatz (1) und der Energieerhaltungssatz (2):

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1{}' + m_2\vec{v}_2{}' = const. \qquad (1)$$

$$m_1\vec{v}_1{}^2 + m_2\vec{v}_2{}^2 = m_1\vec{v}_1{}'^2 + m_2\vec{v}_2{}'^2 = const. \qquad (2)$$

Der Strich ´ kennzeichnet die Größen nach dem Stoß. Bei bekannten Massen der Stoßpartner lassen sich somit mittels der beiden Erhaltungssätze aus den Geschwindigkeiten vor dem Stoß die Geschwindigkeiten nach der elastischen Wechselwirkung berechnen.
Beim vollkommen unelastischen Stoß gilt nur der Impulserhaltungssatz. Der Energiesatz in der Form (2) gilt hingegen nicht, da ein Teil der mechanischen Energie in Wärme umgewandelt wird. Der Impulssatz genügt in diesem Fall jedoch, da sich nach dem vollkommen unelastischen Stoß beide Stoßpartner gemeinsam mit derselben Geschwindigkeit weiterbewegen.

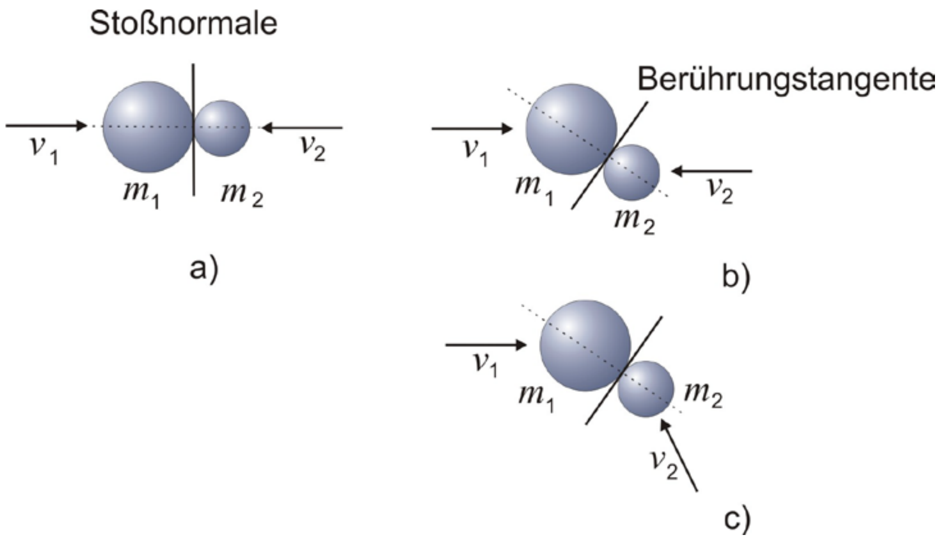

Abb. 1 Erläuterung zum zentralen Stoß
a) gerader zentraler Stoß
b) gerader zentraler Stoß (exzentrisch)
c) schiefer zentraler Stoß

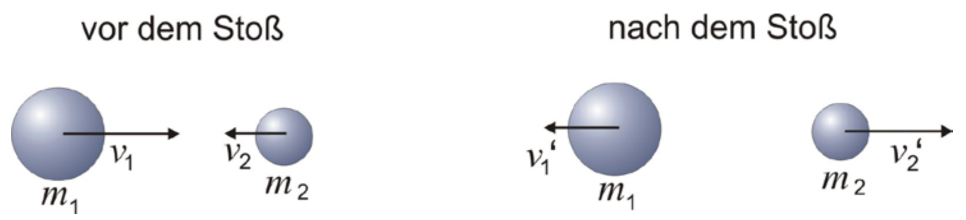

Abb. 2 Bezeichnungen der Geschwindigkeiten beim Stoß.

3. Experiment

3.1. Geräte und Materialien

1 - Stangenpendel
2 - Lineal

3.2. Versuchsaufbau

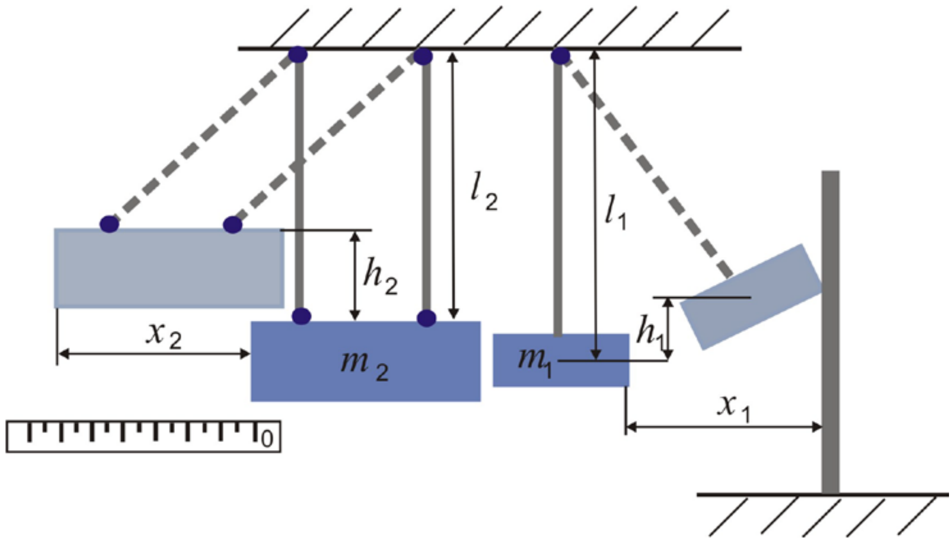

Abb.3 Schematische Darstellung des Stoßexperimentes.

3.3. Hinweise zum Experimentieren und Auswerten

Die Länge l_1 des Stangenpendels misst man vom Drehpunkt zum Massenmittelpunkt. Die Pendellänge l_2 des bifilar aufgehängten Eisenklotzes wird von Drehpunkt zu Drehpunkt des Aufhängedrahtes gemessen. Die Masse des prismatischen Eisenklotzes ermittelt man aus seinen geometrischen Abmessungen und der Dichte (ρ = 7,7 g/cm^3).

Vor dem Stoß befindet sich der Eisenklotz mit der Masse m_2 im tiefsten Punkt seiner möglichen Bahn und hat die Geschwindigkeit $v_2 = 0$.
Beim Stoß des Stangenpendel der Masse m_1 mit dem Eisenklotz der Masse m_2 erhält letzterer sowohl einen Impuls m_2v_2' als auch die Energie (1/2)$m_2v_2'^2$, wodurch dieser

um eine leicht messbare Strecke x_2 ausgelenkt und gleichzeitig um eine geringe Höhe h_2 angehoben wird (Abb. 3)

Die Höhe h_2 errechnet sich unter Zuhilfenahme des Satzes von Pythagoras aus den Größen l_2 und x_2. Um eindeutige Resultate zu erhalten, wird das Stangenpendel mit der Masse m_1 vor dem Stoß immer um eine definierte Strecke x_1 = 12,5 cm aus seiner Ruhelage ausgelenkt, wodurch es um ein geringe Höhe h_1 angehoben wird, die analog wie h_2 zu bestimmen ist.

Aus den Größen h_1 und h_2 errechnen sich die Geschwindigkeit $v_1 = \sqrt{2gh_1}$ des Stangenpendels vor dem Stoß sowie die Geschwindigkeit $v_2' = \sqrt{2gh_2}$ des Eisenklotzes nach dem Stoß.

Mit den nunmehr bekannten Größen m_2, v_2, v_2' und v_1 und den noch unbekannten Größen m_1 und v_1' schreibe man die Sätze für Impulserhaltung und Energieerhaltung auf und bestimme daraus rechnerisch die Masse m_1 des Stangenpendels sowie dessen Geschwindigkeit v_1' nach dem Stoß.

Der Bruchteil der kinetischen Energie, der beim vollkommen elastischen, geraden zentralen Stoß auf den anfangs in Ruhe befindlichen Eisenklotz übertragen werden kann, hängt nur vom Massenverhältnis der Stoßpartner ab. In diesem Spezialfall gilt

$$\frac{E_2'}{E_1} = 4\frac{m_2 / m_1}{(1 + m_2 / m_1)^2} = 4\frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} \qquad (3)$$

4. Literatur

Grimsehl: Lehrbuch der Physik.

Kohlrausch: Praktische Physik.

Ilberg: Physikalisches Praktikum für Anfänger.

Walcher: Praktikum der Physik.