

M 6 Stoßgesetze

1 Aufgabenstellung

1.1 Gerader elastischer Stoß zweier Kugeln gleicher Masse

Mit Hilfe des geraden elastischen Stoßes zweier Stahlkugeln gleicher Masse ist die Stoßapparatur zu justieren, die Geschwindigkeiten der Kugeln vor und nach dem Stoß sind aus den Wurfweiten als Mittelwert von je 5 Messungen zu bestimmen.

1.2 Gerader unelastischer Stoß zweier Kugeln gleicher Masse

Die Stoßzahlen k des unvollkommen elastischen Stoßes von Kugelpaaren dreier unterschiedlicher Materialkombinationen und die bei den Stößen in Wärme umgewandelten Anteile der Translationsenergie der stoßenden Kugel sind zu ermitteln. Die Kugelgeschwindigkeiten vor und nach dem Stoß sind wieder aus den Wurfweiten als Mittelwert von mindestens je 5 Messungen zu bestimmen.

1.3 Schiefer elastischer Stoß zweier Kugeln ungleicher Masse ($m_1 > m_2$)

Der Winkel β zwischen den Impulsen der stoßenden Kugel vor und der gestoßenen Kugel nach dem Stoß ist in 10° -Schritten im Bereich von $-90^\circ \dots +90^\circ$ zu verändern; das Stoßexperiment ist bei jedem Winkel β mindestens 2mal durchzuführen. Die geometrischen Orte der Auftreffpunkte der fallenden Kugeln auf die Unterlage sind gemeinsam mit den aus der Stoßgeschwindigkeit u zu berechnenden theoretischen Kurven darzustellen. Das Radienverhältnis der Kurven und der maximale Ablenkwinkel der stoßenden Kugel sind zu berechnen und mit den experimentellen Werten zu vergleichen.

Achtung! Zum Versuch sind mindestens 2 Blatt weißen Papiers DIN A3 und 4 Blatt DIN A4 mitzubringen!

2 Literatur

- 2.1 Stroppe, H. Physik
Fachbuchverlag Leipzig, Köln
10. Auflage 1994, S. 80 - 83
- 2.2 Demtröder, W. Experimentalphysik 1 - Mechanik und Wärme
Springer Berlin, Heidelberg, New York
1. Auflage 1994, S. 105 - 116
- 2.3 Gerthsen, Ch.,
Kneser, H. O.,
Vogel, H. Physik
Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen
Springer Berlin, Heidelberg, New York
16. Auflage 1989, S. 18 - 21, 27 - 29

und andere Lehrbücher der Experimentalphysik

3 Hinweise zum Versuch

- 3.1 Die Stoßapparatur besteht aus einer geeigneten Laufschiene, längs der die stoßende Kugel K1 (Radius r_1) abrollt, und einer höhenverstellbaren Auflagepfanne für die zu stoßende Kugel K2 (Radius r_2), die sich auf einem Drehtisch mit Winkelskala im Abstand $b = 17,5$ mm von dessen Drehachse befindet (siehe Bild 1). Laufschiene und Nullmarke der Winkelskala sind so auszurichten, dass der **Stoß gerade** erfolgt und die Kugel K1 am Ort des Stoßes **horizontal** fliegt, also unter einem kleinen Winkel φ nach oben von der Schiene abrollt. Die Höhe der Auflagepfanne wird so eingestellt, dass die Kugel K1 die Pfannenoberkante gerade ohne Berührung überfliegen kann.

Die Justierung ist beendet, wenn die Auftreffpunkte der Kugel K1 ohne Stoß und der gestoßenen Kugel K2 kollinear zur Laufschiene liegen und einen Abstand von ca. 15 mm voneinander haben (Begründung!). Die beiden Geschwindigkeiten sind jeweils mindestens 5mal aus den Wurfweiten zu bestimmen, die mit Hilfe von Blaupapier-Abdrücken der Auftreff-Punkte auf die Unterlage gemessen werden, die für die Kugeln K2

und K1 durch Verschiebung um b bzw. $(b - r_1 - r_2)$ in Richtung zum Nullpunkt $x = 0$ (Tischachse) zu korrigieren sind. Die konstante Fallzeit t wird aus der zu messenden Wurfhöhe h berechnet.

3.2 Gerader unelastischer Stoß

Jeder Stoßvorgang kann in Kompressions- und Expansionsphase unterteilt werden. Während der Kompressionsphase werden die stoßenden Körper zusammengedrückt, während der Expansionsphase geht die Deformation vollständig (vollkommen elastischer Stoß) oder teilweise (unelastischer oder unvollkommen elastischer Stoß) wieder zurück. Werden mit u und v die Geschwindigkeiten der Kugeln vor und nach dem Stoß und mit w ihre gemeinsame Geschwindigkeit am Ende der Kompressionsphase bezeichnet, dann ist die Impulsänderung in der 1. Stoßphase

$$\Delta p_1 = m_1 (u - w) = m_2 \cdot w \quad \text{und in der 2. Stoßphase} \quad \Delta p_2 = m_2 (v_2 - w) = m_1 (w - v_1).$$

Das Verhältnis der beiden Impulsänderungen stellt ein Maß für die Elastizität des Stoßes dar und wird als **Stoßzahl k** bezeichnet:

$$k = \frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} \quad (1)$$

Die Stoßzahlen k für den geraden Stoß von Kugelpaaren dreier unterschiedlicher Materialien sind aus den Geschwindigkeiten u und v_2 (oder auch v_1 , falls messbar) zu berechnen, die wieder aus den Wurfweiten bestimmt werden. Die Auftreffpunkte der Kugeln K1 und K2 sind durch Verschiebung gemäß 3.1 zu korrigieren. Aus k ist der in Wärme umgewandelte Anteil der Translationsenergie der stoßenden Kugel in Prozent zu berechnen. Alle erforderlichen Beziehungen sind herzuleiten.

3.3 Schiefer elastischer Stoß

Zur Untersuchung des Stoßes von Kugeln ungleicher Größe ist die Auflagepfanne nach Höhenjustierung gemäß 3.1 (Überflug von K1 ohne Berührung) mit Hilfe der Mikrometerschraube um $(r_1 - r_2) = 2,5$ mm anzuheben (siehe Bild 1). Danach ist die Ausrichtung von Laufschiene und Nullmarke der Winkelskala mit Hilfe gerader Stöße zu kontrollieren und erforderlichenfalls zu korrigieren. Zur Realisierung schiefer Stöße wird der Drehtisch mit der Auflagepfanne in Winkelschritten von 10° ($= 1$ Skalenteil der aufgebrauchten Winkelskala) zwischen $\beta = -90^\circ$ und $\beta = +90^\circ$ verdreht. Bei jeder Winkelposition sind mindestens zwei Stöße durchzuführen; die Auftreffpunkte (Blaupapier-Abdrücke) sind zu mitteln und durch Kurven zu verbinden. Da die stoßende Kugel K1 im Bereich kleiner β die Auflagepfanne berührt, werden deren Auftreffpunkte in diesem β -Bereich nicht berücksichtigt.

Die theoretischen Kurven sind **Kreise**, die auf das Papierblatt mit den Abdrücken aufzuzeichnen sind. Ihre Radien und die (entsprechend den unterschiedlichen Startorten der Kugeln korrigierten) Mittelpunkte sind aus der Stoßgeschwindigkeit u zu berechnen, die mindestens 4mal aus der Wurfweite der Kugel K1 ohne Stoß (z. B. bei $\beta = \pm 90^\circ$) bestimmt wird. Zur Berechnung werden wegen der gleichen Dichten der Kugeln deren Radien anstelle der Massen benutzt.

4 Zugeordnete Themenkomplexe

Energie- und Impulserhaltungssatz

Gesetze des Stoßes; elastischer, unelastischer, schiefer elastischer Stoß

Beispiele und Anwendungen der Stoßgesetze

