

Physikalisches Praktikum 21.11.2003 13.00 – 15.00 Uhr

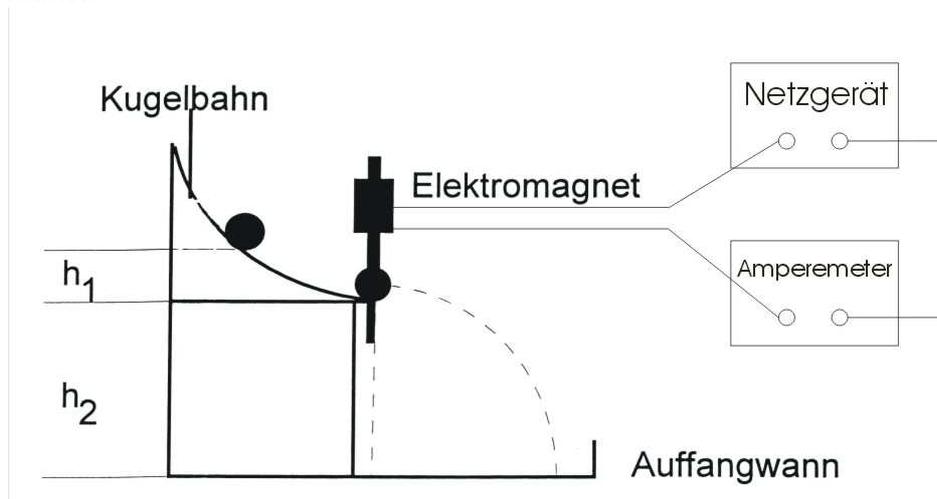
Untersuchung des nicht – zentralen elastischen Stoßes

Aufbau der Versuchsanordnung

Die Versuchsanordnung wurde so aufgebaut, wie in der Versuchsbeschreibung beschrieben:

Die Versuchsanordnung besteht aus einer Kugelbahn, einer Auffangkiste, einem Satz Kugeln und einem Haltemagneten für die gestoßene Kugel. Der Haltemagnet ist an Schieblehren befestigt und kann so horizontal und vertikal verschoben werden. Zusätzlich wird ein Gleichstromnetzgerät für die Elektromagneten, ein Strommessgerät, eine Wasserwaage, Papier zum Auslegen der Auffangkiste, Blaupapier sowie Reißnägel benötigt.

Das Gleichstromnetzgerät und das in Reihe geschaltete Strommessgerät wurden wie folgt hinzugeschaltet.



Außerdem wurde die Auffangkiste mit Papier ausgelegt und das Papier wurde mit Reißnägeln fixiert.

Zudem war es nötig auf der linken Seite der Apparatur ein paar Blätter Papier unterzulegen, sodass diese waagrecht stand, was mit der Wasserwaage überprüft wurde.

Festlegung des Koordinatensystems

Ermitteln einer Verlängerungsgeraden der Startbahn

Als erstes wurde der Eisenkern des Elektromagneten zur Seite geschoben und eine Kugel (Bezeichnung K_1) von verschiedenen Anlaufstellen losgerollt. Die Auftreffpunkte der Kugel, die sich durch das Kohlepapier auf das darunter befindliche weiße Schreibpapier abgedruckt haben, wurden mit Koord1, Koord2, Koord3 und Koord4 bezeichnet.

Ermitteln des Ursprungs des Koordinatensystems

Danach wurde die horizontale Schieblehre des Elektromagneten in Mittelstellung eingestellt (auf 7,75 cm).

Anschließend wurde das Netzgerät auf volle Leistung gestellt und dieselbe Kugel wurde an den mit dem Netzgerät verbundenen Elektromagneten befestigt. Nun wurde die Leistung des Netzgerätes langsam herabgedreht, bis die Kugel nicht mehr vom Elektromagnet gehalten werden konnte und in den darunter befindlichen Auffangkasten flog, dieser Auftreffpunkt wurde als Ursprung bezeichnet.

Dies passierte bei 60% der Leistung des Netzgerätes. (Das Netzgerät hat die Daten 0 – 20 V und 10 A). Gleichzeitig wurde auf dem Amperemeter eine Stromstärke von 0,120 A abgelesen.

Ermitteln der x-Achse und y-Achse

Um die x-Achse des Koordinatensystems zu erhalten wurden die Punkte Koord1, Koord2, Koord3, Koord4 und der Ursprung miteinander verbunden. Dabei wurde sogleich versucht etwaige Messungenauigkeiten auszugleichen.

Die y-Achse wurde durch eine Lotkonstruktion zur x-Achse durch den Ursprung konstruiert.

Ermitteln der Horizontalgeschwindigkeit v_0 beim Verlassen der Anlaufrinne

über den Energieerhaltungssatz

$$E_{pot} = E_{kin} + E_{rot}$$

$$mgh_1 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2$$

$$mgh_1 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \frac{2}{5} mR^2 \left(\frac{v_0}{R} \right)^2$$

$$mgh_1 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{5}mv_0^2$$

$$gh_1 = \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{5}v_0^2$$

$$v = \sqrt{\frac{gh_1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{5}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{10}{7}gh_1}$$

Für die Berechnung dieser Formel musste lediglich die Höhe h_1 (Höhenunterschied Rampe Anfang – Ende) gemessen werden.

Diese wurde zu

$$h_1 = 0,145 \text{ cm}$$

gemessen.

⊥

$$v_{0\text{energie}} = 1,426 \text{ m/s}$$

über den waagerechten Wurf

Beim waagerechten Wurf wird eine Bewegung ausgeführt, die in waagerechte Richtung die konstante Geschwindigkeit v_0 besitzt und in senkrechte Richtung einen freien Fall mit der Erdbeschleunigung g beschreibt. Für diese Bewegung gelten folgenden Formeln in waagerechter Richtung:

$$d_0 = v_0 t$$

$$t = \frac{d_0}{v_0}$$

in senkrechter Richtung:

$$h_2 = \frac{1}{2} g t^2$$

und da die Zeit, die die Kugel für die waagerechte und senkrechte Bewegung benötigt, die gleiche ist, folgt:

$$h_2 = \frac{1}{2} g \left(\frac{d_0}{v_0} \right)^2$$

$$v = \sqrt{\frac{g d_0^2}{2 h_2}}$$

Für die Berechnung dieser Formel musste lediglich die Höhe h_2 (Höhenunterschied Rampe Ende – Auffangkiste) und die Wurfweite der Kugel gemessen werden.

Diese wurden zu

$$h_2 = 0,628 \text{ m}$$

$$d_0 = 0,489 \text{ m}$$

gemessen.

±

$$v_{0\text{wurf}} = 1,366 \text{ m/s}$$

Interpretation der Ergebnisse

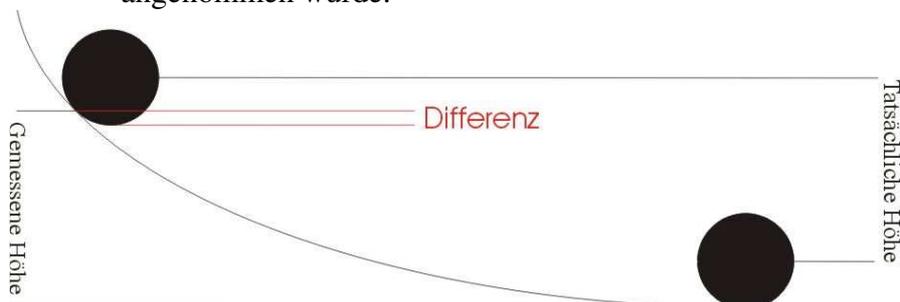
In der Theorie sollten die beiden Horizontalgeschwindigkeiten gleich sein.

Für das scheinbar falsche Ergebnis, da

$$v_{0\text{wurf}} = 1,366 \text{ m/s} \neq v_{0\text{energie}} = 1,426 \text{ m/s}$$

ist, gibt es aber folgende Begründungen:

- die horizontale Bewegung beim waagerechten Wurf stellt bedingt durch die Luftreibung eine abgebremste und keine konstante Bewegung dar.
- die Höhe h_1 wird immer geringfügig höher Abgelesen als die tatsächliche Höhe der Kugel, da die Anlaufbahn leicht gekrümmt ist und immer nur der untere Berührungspunkt der Bahn mit der Kugel als Messhöhe angenommen wurde.



Der zentrale elastische Stoß

Einstellen des zentralen Stoßes

Eine zweite gleich große Kugel K_2 (wie Kugel K_1) (die Gleichheit des Gewichts und des Durchmessers wurde überprüft) wurde aus der Kugelsammlung herausgenommen. Diese zweite Kugel wurde bei angeschaltetem Netzgerät (60% Leistung, Amperemeter : 0,120 A) am Elektromagneten befestigt. Nun wurden die horizontalen und vertikalen Schieblehren nach Augenmaß so eingestellt, dass eine andere Kugel diese Kugel zentral treffen würde.

Schieblehredaten:

2,97 cm	rechts
8,70 cm	links
7,75 cm	oben

Die Korrektheit dieser Daten wurde durch einen zentralen Stoß überprüft. Die gestoßene Kugel müsste bei einem zentralen Stoß direkt auf der x-Koordinatenachse landen.

Dazu wurde die Kugel K_1 auf der gleichen Position wie bei der Ermittlung der Horizontalgeschwindigkeit losgelassen, so dass sie am Ende der Anlaufbahn mit der zweiten Kugel zusammenstößt.

Da diese zufälligerweise (im Rahmen der Messgenauigkeit) bereits beim ersten Versuch die x-Koordinatenachse getroffen hatte, wurden die Schieblehren nicht weiter nachgestellt und der Auftreffpunkt direkt mit d_0' gekennzeichnet.

$$d_0' = 0,462 \text{ m}$$

Berechnung weiterer Größen

Nach der Formel, die zuvor schon hergeleitet wurde,

$$v_0' = \sqrt{\frac{gd_0'^2}{2h_2}}$$

kann

$$v_0' = 1,291 \text{ m/s}$$

berechnet werden.

Folglich beträgt die kinetische Energie

$$E_{kin}' = \frac{1}{2}mv^2 = 0,09175 \text{ J}$$

Interpretation der Ergebnisse

In der Theorie müsste bei einem zentralen Stoß, bei dem die beiden Kugeln die gleiche Masse besitzen, die Wurfweite d_0' genauso groß sein wie die Wurfweite d_0 . Folglich müssten auch die Horizontalgeschwindigkeiten und die kinetischen Energien gleich sein. Da dies aber bei den ermittelten Ergebnissen nicht ganz der Fall ist folgt daraus, dass es sich genau genommen nicht ganz um einen vollkommen elastischen zentralen Stoß handelt.

Denn die Energiedifferenz

$$E_{kin} - E_{kin}' = (1) 0,10272 \text{ J} - 0,09175 \text{ J} = 0,011 \text{ J}$$

$$(2) 0,111949 \text{ J} - 0,09175 \text{ J} = 0,02 \text{ J}$$

zeigt, dass einerseits nicht wie es eigentlich zu erwarten war, alle Energie übertragen wurde (die anstoßende Kugel blieb nach dem Stoß nicht vollkommen in Ruhe, sondern fiel die Apparatur herunter) andererseits aber auch Energie für Verformungsarbeit aufgebracht wurde.

Der nicht-zentrale elastische Stoß

Versuchsaufbau

Der Elektromagnet wurde in horizontaler Richtung um $4/3 R = 2 \text{ cm}$ verschoben.

Schieblehredaten:

2,97 cm	rechts
8,70 cm	links
5,75 cm	oben

Nun wurde die Kugel K_2 am Elektromagneten befestigt (Netzgerät wieder auf 60% Leistung) und die Kugel K_1 wieder auf der gleichen Markierung wie zuvor losgelassen.

Durchführung

Der oben beschriebene Versuchsablauf wurde 3 Mal ausgeführt, von denen der 1. und 3. Versuch ziemlich deckungsgleiche Auftreffpunkte besaßen. Deshalb wurde der 1. Versuch zur weiteren Messung herausgenommen.

$$r_1 = 0,275 \text{ m}$$

$$r_2 = 0,389 \text{ m}$$

$$\alpha = 52^\circ$$

$$\beta = 36^\circ$$

$$\chi = 88^\circ$$

Winkel r_1 und x-Achse

Winkel r_2 und x-Achse

Winkel r_1 und r_2

Berechnung/Konstruktion weiterer Größen

$$v_{2\text{Horizontal}} = v_2 \cos \beta$$

$$v_{2\text{Horizontal}} = \sqrt{\frac{g(r_2)^2}{2h_2}} \cos \beta$$

$$v_{2\text{Horizontal}} = 0,88 \text{ m/s}$$

$$v_{1\text{Horizontal}} = v_1 \cos \alpha$$

$$v_{1\text{Horizontal}} = \sqrt{\frac{g(r_1)^2}{2h_2}} \cos \alpha$$

$$v_{1\text{Horizontal}} = 0,47 \text{ m/s}$$

Der Summenvektor r_{ges} von r_1 und r_2 wurde durch Konstruktion zu

$$r_{\text{ges}} = 0,479 \text{ m}$$

ermittelt.

Interpretation der Messergebnisse

In der Theorie müsse $d_0 = 0,489 \text{ m}$ und $r_{\text{ges}} = 0,479 \text{ m}$ auf Grund des Energieerhaltungssatzes und Impulserhaltungssatzes gleich sein.

Diese Bedingung wird im Rahmen der Messgenauigkeit zur Zufriedenheit erreicht.

Somit gilt der Energieerhaltungssatz und der Impulserhaltungssatz.

Zum 2. Versuch des Versuchsablauf, bei dem die Auftreffpunkte der Kugeln erheblich von den anderen abweichen, lässt sich noch folgendes sagen:

- Die an dem Elektromagneten befestigte Kugel schwang immer leicht hin und her, dadurch war eine immer gleiche Stoßfläche der beiden Kugeln nicht gewährleistet.
- Es kann passieren, dass beim Loslassen die Kugel auf der Anlaufstrecke noch leicht in Rotation gerät, wodurch das Messergebnis noch zusätzlich verfälscht wird.