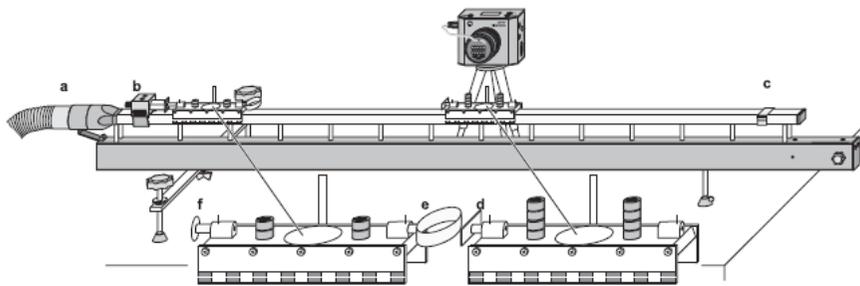


Labor für Technische Physik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus, Dipl.-Ing. W. Pieper

Versuch 1c:

Impulserhaltung / Stoßgesetze



- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| a: Adapter für Luftversorgung | d: Gleiter 2 mit Prallplatte |
| b: Haltemagnet mit Klemmreiter | e: Stoßfeder |
| c: Bremse | f: Gleiter 1 mit Halteplatte |

1. Versuchsziele

Auf einer Luftkissenfahrbahn sollen eindimensionale Bewegungen durchgeführt und deren Weg-Zeit-Diagramme mit Hilfe einer VideoCom aufgezeichnet werden. Dabei sind elastische Stöße zwischen zwei Gleitern zu untersuchen. Ferner sollen der Impulserhaltungssatz sowie das dritte Newtonsche Axiom bestätigt werden.

2. Theoretische Grundlagen

Die Newtonschen Axiome sind grundlegend für die Beschreibung der Bewegungen eines Massenpunktes. Das dritte Newtonsche Axiom (das Wechselwirkungsgesetz) besagt:

„Die von zwei Massenpunkten aufeinander ausgeübten Wirkungen, das seien Kräfte und Momente, sind stets gleich groß und entgegengesetzt gerichtet (actio et reactio).“

Beim zentralen, elastischen Stoß bewegen sich beide Massenschwerpunkte auf einer Geraden. Der Impuls- sowie der Energieerhaltungssatz gilt, was bedeutet, dass der Gesamtimpuls und die Gesamtenergie im geschlossenen System vor und nach dem Stoß gleich sind, daraus folgt:

$$\begin{aligned} p_1 + p_2 &= p'_1 + p'_2 \\ m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 &= m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2 \\ m_1 \cdot (v_1 - v'_1) &= m_2 \cdot (v'_2 - v_2) \end{aligned} \quad (1)$$

und

$$\begin{aligned} E_1 + E_2 &= E'_1 + E'_2 \\ \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2 &= \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2'^2 \\ m_1 \cdot (v_1^2 - v_1'^2) &= m_2 \cdot (v_2'^2 - v_2^2). \end{aligned} \quad (2)$$

Aus (1) und (2) folgt

$$v_1 + v'_1 = v_2 + v'_2. \quad (3)$$

Setzt man diese Gleichung nun in (1) ein so ergibt sich die Geschwindigkeit nach dem Stoß zu

$$v'_1 = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 (2 \cdot v_2 - v_1)}{m_1 + m_2} \quad (4)$$

und

$$v'_2 = \frac{2 \cdot m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_1. \quad (5)$$

Für den Fall, dass der Anfangsimpuls des zweiten Körpers gleich Null ist, vereinfacht sich die Gleichung auf folgende Ausdrücke:

$$v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot v_1 \quad (6)$$

und

$$v'_2 = \frac{2 \cdot m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_1 \quad (7)$$

Anhand dieser Formeln kann man nun einige Spezialfälle näher betrachten. Für den Fall, dass die zwei Massen gleich groß sind ($m_1 = m_2$) erhält man

$$v'_1 = 0.$$

Der gesamte Impuls wird übertragen, so dass der erste Körper nach dem Stoß ruht, d.h.

$$p'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot p_1 = 0 \quad (8)$$

und

$$p'_2 = \frac{2 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot p_1 = p_1. \quad (9)$$

Wenn dagegen die Masse des zweiten Körpers sehr viel größer als die des ersten Körpers ($m_1 \ll m_2$) ist, wird der erste Körper totalreflektiert ($v'_1 = -v_1$) und es gilt

$$p'_1 = v'_1 \cdot m_1 \approx \frac{-m_2}{m_2} \cdot v_1 \cdot m_1 = -p_1 \quad (10)$$

und

$$p'_2 = v'_2 \cdot m_2 \approx \frac{2m_1}{m_2} \cdot v_1 \cdot m_2 = 2p_1. \quad (11)$$

Ist die Masse des ersten Körpers sehr viel größer als die des zweiten Körpers ($m_1 \gg m_2$), dann bewegt sich der erste Körper mit unveränderter Geschwindigkeit weiter ($v'_1 = v_1$), d.h.

$$p'_1 = v'_1 \cdot m_1 \approx \frac{m_1}{m_1} \cdot v_1 \cdot m_1 = p_1 \quad (12)$$

und

$$p'_2 = v'_2 \cdot m_2 \approx \frac{2m_1}{m_1} \cdot v_1 \cdot m_2. \quad (13)$$

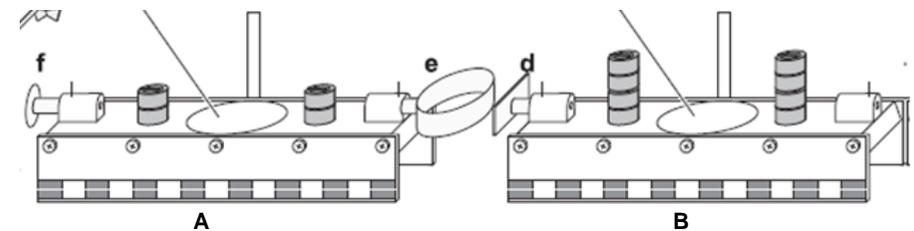
3. Versuchsaufbau

Geräteliste

1	Luftkissenfahrbahn	337 501
1	Luftversorgung	337 53
1	Leistungsstellgerät	337 531
1	VideoCom	337 47
1	Steckernetzgerät 230V / 12V / 20W	562 791
1	Kamerastativ	300 59
1	Stativstange 10cm	300 40
1	Metallmaßstab	311 02
1	Computer mit CASSY Lab	

Der Aufbau und Ausrichtung der VideoCom-Kamera, die Verzeichnungskorrektur und die Wegkalibrierung können aus dem Versuch 1a übernommen oder entsprechend des dort beschriebenen Verfahrens durchgeführt werden. Der Haltemagnet wird in diesem Versuchsteil nicht an die Videocom angeschlossen.

- Die Luftkissenbahn wieder möglichst horizontal ausrichten.
- Einen Gleiter A mit einer Halteplatte (f) und einer Stoßfeder (e) ausrüsten
- Einen zweiten Gleiter B mit einer Prallplatte (d) ausrüsten.



f: Halteplatte mit Stecker e: Stoßfeder mit Stecker d: Prallplatte

- Beide Gleiter auf eine Masse von jeweils 100 g aufrüsten (genaue Massen mit der Waage ermitteln), z.B.:
 - Gleiter A mit vier 1 g-Massen
 - Gleiter B mit acht 1 g-Massen .

- Im Programm „VideoCom Bewegungen“ im Fenster „Einstellungen/Wegkalibrierung“ folgende Einstellungen vornehmen:

Register „Messvorgaben“:

Δt	12,5 ms (80 fps)
Blitz	Auto
Glättung	Minimum (2 · Δt)
Stopp der Messung	über Start / Stop-Taster

4. Versuchsdurchführung

Messen sie die Weg-Zeit-Diagramme des elastischen Stoßes entsprechend der nachstehenden Messanleitung für folgende Bedingungen:

	Gleiter A	Gleiter B
a)	$m_1 = 100 \text{ g}$	$m_2 = 100 \text{ g}$
b)	$m_1 = 200 \text{ g}$	$m_2 = 100 \text{ g}$
c)	$m_1 = 100 \text{ g}$	$m_2 = 200 \text{ g}$

Messanleitung:

- den Gleiter A bei 0 m und den Gleiter B bei 0,6 m positionieren
- den Gleiter A leicht anstoßen und die Messung mit  oder F9 starten
- nach Ablauf des Stoßvorgangs die Messung manuell mit  oder F9 stoppen

Untersuchen sie für alle Messungen die Größen Energie, Impuls und wechselseitige Kräfte; dabei in den Formeln die tatsächliche Masse berücksichtigen.

- Zur Darstellung der Größen Energie, Impuls oder Kraft jeweils die folgenden Eintragungen im Menü „Einstellungen/Wegkalibrierung“ unter Register „Formel“ vornehmen:

Energie:

Größe:	Energie
Symbol:	E
Einheit:	mJ
Formeln:	$0,5 \cdot 100 \cdot v_1^2$ $0,5 \cdot 100 \cdot v_2^2$ $0,5 \cdot 100 \cdot v_1^2 + 0,5 \cdot 100 \cdot v_2^2$
	Minimum und Maximum zweckmäßig wählen

Impuls:

Größe:	Impuls
Symbol:	p
Einheit:	$\text{g} \cdot \text{m/s}$
Formeln:	$100 \cdot v_1$ $100 \cdot v_2$ $100 \cdot v_1 + 100 \cdot v_2$

Wechselseitige Kraft:

Größe:	Kraft
Symbol:	F
Einheit:	mN
Formeln:	$100 \cdot a_1$ $100 \cdot a_2$ $100 \cdot a_1 + 100 \cdot a_2$

Hinweis: Für eine zweckmäßigere Darstellung ist der Zoom-Modus hilfreich: Tastenkombination Alt+Z oder Kontextmenu über rechte Maustaste – Zoomen, dann mit gedrückter linker Maustaste den gewünschten Ausschnitt im Diagramm umrahmen.

5. Versuchsauswertung

- Für die Messungen sind die Zeitfunktionen für die folgenden Größen grafisch darzustellen und zu erläutern:
 - Weg
 - kinetische Energie
 - Geschwindigkeit
 - Impuls
 - Beschleunigung
 - wechselseitige Kraft