

Impuls, Energie und Stoß

Der Zusammenstoß von zwei Fahrzeugen auf der Experimentierfahrbahn kann hinsichtlich der Impulserhaltung und in manchen Fällen der Energieerhaltung beschrieben werden. Erfährt das System zweier Fahrzeuge keine externe Nettokraft, dann wird der Gesamtimpuls des Systems als erhalten angenommen. Dies gilt ungeachtet der Kraft, die zwischen den Fahrzeugen wirkt. Im Gegensatz dazu wird Energie nur erhalten, wenn bestimmte Arten von Kräften zwischen den Fahrzeugen ausgeübt werden.

Zusammenstöße werden eingeteilt in *elastische* (die kinetische Energie wird erhalten), *unelastische* (die kinetische Energie geht verloren) oder *vollständig unelastische* (die Objekte kleben nach dem Zusammenstoß aneinander). Manchmal werden Zusammenstöße als superelastisch beschrieben, wenn die kinetische Energie erhalten bleibt. In diesem Experiment können Sie die verschiedenen Arten von Zusammenstößen beobachten und in jedem Fall Impuls- und Energieerhaltung untersuchen.

LERNZIELE

- Zusammenstöße zwei Fahrzeuge beobachten, Impulserhaltung untersuchen
- Energieänderungen während verschiedener Arten des Zusammenstoßes messen
- Zusammenstöße einteilen in elastisch, unelastisch oder vollständig unelastisch

MATERIAL

Computer
Vernier Computerschnittstelle
Logger *Pro*
zwei Vernier Bewegungsdetektoren





Dynamikfahrbahn
zwei Dynamikfahrzeuge mit geringer Reibung
mit magnetischen und Velcro™ Stoßfängern

VORBEREITENDE FRAGEN



1. Betrachten Sie einen Frontalzusammenstoß zweier Billardkugeln. Der eine ist anfänglich in Ruhe, der andere bewegt sich auf ihn zu. Zeichnen Sie ein Weg-Zeit-Diagramm für jeden Ball, beginnend mit der Zeit vor dem Zusammenstoß und endend mit einer kurzen Zeit danach.
2. Betrachten Sie den Graphen. Wird der Impuls bei diesem Zusammenstoß erhalten? Bleibt die Energie erhalten?

VORGEHENSWEISE


1. Ermitteln Sie die Massen Ihrer Fahrzeuge und notieren Sie diese in der Datentabelle. Beschriften Sie die Fahrzeuge mit 1 und 2.
2. Bauen Sie die Fahrbahn so auf, dass sie horizontal steht. Überprüfen Sie dies, indem Sie ein Fahrzeug auf der Fahrbahn aus der Ruheposition loslassen. Es sollte sich nicht bewegen.

3. Üben Sie das Durchführen sanfter Zusammenstöße, indem Sie Fahrzeug 2 in der Mitte der Fahrbahn ruhend positionieren und Fahrzeug 1 so anstoßen, dass es gegen Fahrzeug 1 rollt, die beiden magnetischen Stoßfänger aufeinander zu zeigend. Die Fahrzeuge sollten sanft voneinander abgestoßen werden ohne dass sie sich physisch berühren.
4. Stellen Sie an jedem Ende der Fahrbahn einen Bewegungsdetektor auf, mit einem Mindestabstand von 0,15 m zwischen Detektor und Fahrzeug. Verbinden Sie die Bewegungsdetektoren mit DIG/SONIC 1 und DIG/SONIC 2 der Schnittstelle. Besitzen die Bewegungsdetektoren Schalter, stellen Sie diese auf *Track*.
5. Öffnen Sie die Datei "18 Momentum Energy Coll" aus dem Ordner *Physik mit Vernier*.
6. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf . Wiederholen Sie den eingeübten Zusammenstoß und verifizieren Sie mithilfe der Weg-Zeit-Diagramme, dass die Bewegungsdetektoren jedes Fahrzeug während des gesamten Bewegungsablaufs gut erfassen können. Möglicherweise müssen Sie die Positionen der Bewegungsdetektoren noch einmal anpassen.
7. Platzieren Sie zwei Fahrzeuge in Ruhe in die Mitte der Fahrbahn, so dass ihre Klettband-Stoßfänger aufeinander zu zeigen und Kontakt haben. Halten Sie Ihre Hände fern von den Fahrzeugen und drücken Sie . Wählen Sie beide Sensoren aus und drücken Sie . Dieses Vorgehen legt das gleiche Koordinatensystem für beide Bewegungsdetektoren fest. Stellen Sie sicher, dass das Nullstellen erfolgreich war, indem Sie auf  drücken und die immer noch verbundenen Fahrzeuge langsam über die Fahrbahn rollen lassen. Die Graphen beider Bewegungsdetektoren sollten annähernd gleich sein. Wenn nicht, wiederholen Sie das Nullstellen.

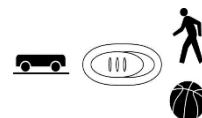
Teil I: Magnetische Stoßdämpfer

8. Stellen Sie die Fahrzeuge so auf, dass die magnetischen Stoßfänger aufeinander zu zeigen. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf  und wiederholen Sie den Zusammenstoß aus Schritt 3. Achten Sie darauf, dass sich Ihre Hände nicht im Erfassungsbereich der Bewegungsdetektoren befinden, nachdem Sie das Fahrzeug angestoßen haben.
9. Aus den Geschwindigkeitsdiagrammen können Sie für jedes Fahrzeug eine Durchschnittsgeschwindigkeit vor und nach dem Aufprall bestimmen. Zum Messen der Durchschnittsgeschwindigkeit in jedem Intervall ziehen Sie den Mauszeiger durch das Intervall. Drücken Sie zum Ablesen des Durchschnittswerts auf den Statistik-Knopf . Messen Sie für jedes Fahrzeug die Durchschnittsgeschwindigkeit vor und nach dem Zusammenstoß und notieren Sie die vier Werte in der Datentabelle. Schließen Sie das Statistik-Fenster.
10. Wiederholen Sie Schritt 9 noch ein zweites Mal und notieren Sie die Werte in der Datentabelle.

Teil II: Klettband-Stoßdämpfer

11. Ändern Sie die Art des Zusammenstoßes, indem Sie die Fahrzeuge umdrehen, so dass die Klettband-Stoßdämpfer (Velcro™-Stoßdämpfer) aufeinander zu zeigen. Die Fahrzeuge sollten nach dem Zusammenstoß aneinander hängen bleiben. Üben Sie die neue Art des Zusammenstoßes, wieder beginnend mit Fahrzeug 2 in Ruhe.
12. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf  und wiederholen Sie den neuen Zusammenstoß. Messen Sie mithilfe der Prozedur aus Schritt 9 die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge und notieren Sie diese in der Datentabelle.

13. Wiederholen Sie den vorhergehenden Schritt noch ein zweites Mal.



Teil III: Velcro- und magnetischer Stoßdämpfer

14. Drehen Sie die Fahrzeuge so, dass ein Klett-Stoßdämpfer und ein magnetischer Stoßdämpfer aufeinander zu zeigen. Die Fahrzeuge bleiben nicht aneinander hängen, werden jedoch auch nicht sanft voneinander abprallen. Üben Sie diesen Zusammenstoß, wieder beginnend mit Fahrzeug 2 in Ruhe.
15. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf **Collect** und wiederholen Sie den neunten Zusammenstoß. Messen Sie mithilfe der Prozedur aus Schritt 9 die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge und notieren Sie diese in der Datentabelle.
16. Wiederholen Sie den vorhergehenden Schritt noch ein zweites Mal.

DATEN-TABELLE

Masse Fahrzeug 1 (kg)		Masse Fahrzeug 2 (kg)		
Lauf	Geschwindigkeit Fahrzeug 1 vor Zusammenstoß	Geschwindigkeit Fahrzeug 2 vor Zusammenstoß	Geschwindigkeit Fahrzeug 1 nach Zusammenstoß	Geschwindigkeit Fahrzeug 2 nach Zusammenstoß
	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
1		0		
2		0		
3		0		
4		0		
5		0		
6		0		

Lauf	Impuls Fahrzeug 1 vor Zusammenstoß	Impuls Fahrzeug 2 vor Zusammenstoß	Impuls Fahrzeug 1 nach Zusammenstoß	Impuls Fahrzeug 2 nach Zusammenstoß	Gesamt-Impuls vor Zusammenstoß	Gesamt-Impuls nach Zusammenstoß	Verhältnis Gesamtimpuls nach / vor
	(kg·m/s)	(kg·m/s)	(kg·m/s)	(kg·m/s)	(kg·m/s)	(kg·m/s)	
1		0					
2		0					
3		0					
4		0					
5		0					
6		0					

Lauf	E_{kin} Fahrzeug 1 vor Zusammen- stoß (J)	E_{kin} Fahrzeug 2 vor Zusammen- stoß (J)	E_{kin} Fahrzeug 1 nach Zusammen- stoß (J)	E_{kin} Fahrzeug 2 nach Zusammen- stoß (J)	Gesamt- E_{kin} vor Zusammen- stoß (J)	Gesamt- E_{kin} nach Zusammen- stoß (J)	Verhältnis Gesamt- E_{kin} nach/vor
1		0					
2		0					
3		0					
4		0					
5		0					
6		0					

ANALYSE

- Bestimmen Sie den Impuls mv jedes Fahrzeugs vor dem Zusammenstoß, nach dem Zusammenstoß sowie den Gesamtimpuls vor und nach dem Zusammenstoß. Berechnen Sie das Verhältnis des Gesamtimpulses nach dem Zusammenstoß zum Gesamtimpuls vor dem Zusammenstoß. Notieren Sie die Ergebnisse in der Datentabelle.
- Bestimmen Sie die kinetische Energie $E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2$ für jedes Fahrzeug vor und nach dem Zusammenstoß. Berechnen Sie das Verhältnis der gesamten kinetischen Energie nach dem Zusammenstoß zur gesamten kinetischen Energie vor dem Zusammenstoß. Notieren Sie die Ergebnisse in der Datentabelle.
- Ist der Gesamtimpuls eines Systems vor und nach dem Zusammenstoß der gleiche, dann heißt dies, dass der Impuls *erhalten* bleibt. Wenn dies der Fall wäre, wie wäre das Verhältnis des Gesamtimpulses nach dem Zusammenstoß zum Gesamtimpuls vor dem Zusammenstoß?
- Ist die gesamte kinetische Energie eines Systems vor und nach einem Zusammenstoß die gleiche, dann heißt dies, dass die kinetische Energie *erhalten* bleibt. Wenn dies der Fall wäre, wie wäre das Verhältnis der gesamten kinetischen Energie nach dem Zusammenstoß zur gesamten kinetischen Energie vor dem Zusammenstoß?
- Untersuchen Sie die Verhältnisse der Impulse. Auch wenn der Impuls erhalten bleibt, können die gemessenen Werte vorher und nachher aufgrund von Messungenauigkeiten minimal voneinander abweichen. Das Verhältnis sollte jedoch nahe an 1 liegen. Bleibt bei Ihrem Zusammenstoß der Impuls erhalten?
- Wiederholen Sie die vorhergehende Frage für die kinetische Energie. Wird beim Zusammenstoß der magnetischen Stoßdämpfer die kinetische Energie erhalten? Wie ist es bei den Zusammenstößen mit Klettband? Wird bei der dritten Art des Zusammenstoßes kinetische Energie verbraucht? Teilen Sie die drei Zusammenstöße ein in elastisch, unelastisch und vollständig unelastisch.

Erweiterungen

1. Überlegen Sie sich für ein Fahrzeug mit Federkolben einen superelastischen Zusammenstoß. Dies wäre ein Zusammenstoß, bei dem die kinetische Energie zunimmt. Der Federkolben sollte vor dem Zusammenstoß zusammengepresst und verriegelt werden, während des Zusammenstoßes jedoch losgelassen werden. Messen Sie den Impuls vor und nach dem Zusammenstoß. Wird in diesem Fall der Impuls erhalten? Wird die Energie erhalten?
2. Überlegen Sie sich für Fahrzeuge mit magnetischen Stoßdämpfern andere Kombinationen der Fahrzeugmasse, indem Sie bei einem Fahrzeug das Gewicht erhöhen. Werden bei diesem Zusammenstoß Impuls und Energie erhalten?
3. Überlegen Sie sich für Fahrzeuge mit magnetischen Stoßdämpfern andere Kombinationen von Anfangsgeschwindigkeiten. Beginnen Sie damit, dass anfänglich beide Fahrzeuge aufeinander zu fahren. Werden bei diesem Zusammenstoß Impuls und Energie erhalten?
4. Führen Sie die Berechnungen von Impuls und Energie mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms durch.