

Big Bang HTL 1

Kap. 8 Impuls

Impuls

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

$$[p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = \text{N} \cdot \text{s}$$

Durch eine Impulsänderung $\Delta \vec{p}$ in einer bestimmten Zeitspanne Δt kann auf die dabei einwirkende Kraft geschlossen werden

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

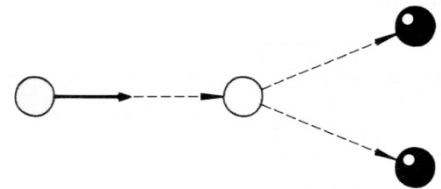
Satz von der Erhaltung des Impulses

In einem abgeschlossenen System bleibt der Gesamtimpuls erhalten.

Beispiel

B 8.1 (Vektoren benötigt)

Billard: Sandra (eine gute Physikerin) sieht Karl (einem guten Billardspieler) beim Trainieren zu. Karl versucht folgenden Stoß: Karl will die ruhende weiße Kugel so treffen, dass danach jede der beiden weißen Kugeln mit einer schwarzen Kugel zusammenstößt. Sandra sieht sich die Positionen der Kugeln an und sagt, dass der Stoß aus physikalischen Gründen nie gelingen kann, und sie schließen eine Wette ab. Wer gewinnt?



Wenn man das Problem als **elastischen nichtzentralen Stoß** betrachtet, hat Sandra recht.

Beim Stoß haben die beiden Kugeln die Geschwindigkeiten

$\vec{v}_1 \neq 0$, $\vec{v}_2 = 0$ und nach dem Stoß \vec{v}_1^* , \vec{v}_2^* . Aus der Erhaltung des Impulses folgt

$$m \cdot \vec{v}_1 = m \cdot \vec{v}_1^* + m \cdot \vec{v}_2^* \quad (1)$$

und aus der Energieerhaltung

$$\frac{m \cdot v_1^2}{2} = \frac{m \cdot v_1^{*2}}{2} + \frac{m \cdot v_2^{*2}}{2} \quad (2)$$

Dividiert man beide Gleichungen durch die gemeinsamen Faktoren m bzw. $m/2$ und quadriert man die erste Gleichung, so erhält man

$$v_1^2 = v_1^{*2} + 2 \cdot \vec{v}_1^* \cdot \vec{v}_2^* + v_2^{*2} \quad (1')$$

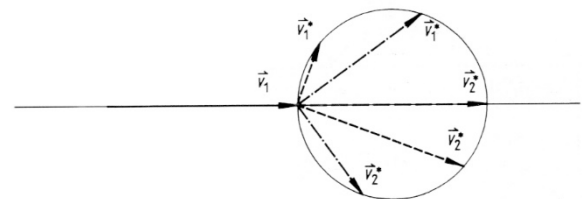
$$v_1^2 = v_1^{*2} + v_2^{*2} \quad (2')$$

Durch Subtraktion beider Gleichungen ergibt sich

$$\vec{v}_1^* \cdot \vec{v}_2^* = 0$$

Diese Bedingung ist nur erfüllt, wenn (mindestens) eine der beiden Geschwindigkeiten Null ist oder wenn die Geschwindigkeiten der beiden Kugeln (dh. die Bahnen) einen rechten Winkel einschließen.

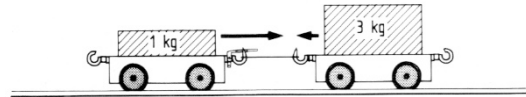
In der Zeichnung sind drei mögliche Bahnen eingezeichnet. Welcher die Teilchen folgen, hängt von der relativen Lage der beiden Kugeln vor dem Stoß ab (ob der Stoß zB zentral oder nur streifend ist). In diesem Sinne hat Sandra die Wette gewonnen, weil die Bahnen zu den beiden schwarzen Kugeln keinen rechten Winkel einschließen. Dennoch



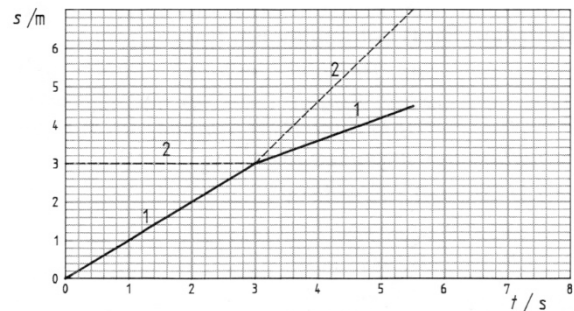
gelingt Karl der Stoß, und Sandra verliert die Wette und (kurzfristig) den Glauben an die Physik: Karl gibt der stoßenden Kugel einen Drall (Eigenrotation) - damit ergibt sich eine weitere komplizierte Wechselwirkung der Kugel mit dem Untergrund, die sogar äußerst gekrümmte Bahnen ermöglicht!

Übungen

- 8.1** Zwei ruhende Wägelchen mit den Massen 1 kg und 3 kg sind durch ein gespanntes Gummiband miteinander verbunden (siehe Abbildung). Beim Zusammenstoß kuppeln sie aneinander. Was geschieht nach dem Zusammenstoß?



- 8.2** Zwei Eisenbahnwaggons stoßen beim Verschiebbetrieb elastisch zusammen. Dabei ergibt sich das rechts stehende Zeit-Weg-Diagramm.



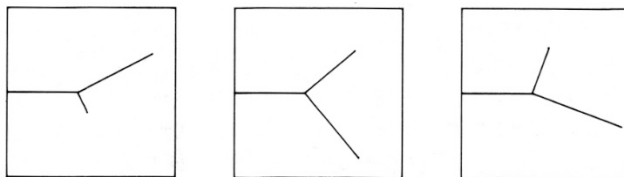
- a) Gib die Geschwindigkeiten der Waggons vor dem Stoß in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ und $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ an.
 b) Gib die Geschwindigkeiten nach dem Stoß an.
 c) Bestimme die Masse des zweiten Wagens, wenn der erste Wagon 5 Tonnen wiegt.

- 8.3** Eine Rakete hat eine Masse von $2\cdot 10^4$ kg. Beim Start sind 90 % der Masse Brennstoff. Die Düsen erzeugen eine konstante Schubkraft. Da die Masse der Rakete dauernd abnimmt, nimmt ihre Beschleunigung zu. Wenn $5\cdot 10^3$ kg verbrannt sind, hat die Beschleunigung um $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ zugenommen. Berechne die Schubkraft S.

- 8.4** Eine Kamera nimmt eine Serie von Bildern einer Nebelkammer auf. Damit können Bahnen von Kernen und Elementarteilchen sichtbar gemacht werden. Von links werden Alphateilchen (Kerne eines Heliumatoms) eingeschossen. Diese stoßen mit den Gasteilchen in der Kammer zusammen und man erkennt die Spuren des Stoteilchens und des gestoßenen Teilchens.

Welches Gas befindet sich in der Nebelkammer?

(Hinweis: Beachte die x-, y-Komponenten der Bahnen bzw. Geschwindigkeiten.)



- 8.5** Ein Hammer mit 2 kg trifft mit einer Geschwindigkeit von $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ auf einen Nagel. Dieser dringt bei jedem Schlag 1 cm in eine Wand ein. Dabei schnellt der Hammer nur ganz unwesentlich zurück. Berechne

- a) Die mittlere Verzögerung des Hammers.
 b) Die durchschnittliche Kraft des Hammers auf den Nagel.
 c) Welcher Impuls wird auf das System „Nagel-Wand“ übertragen?

- 8.6** Zwei Eislaufer gleiten mit einer Geschwindigkeit von $v_1 = 0,8 \text{ m/s}$ und $v_2 = 0,5 \text{ m/s}$ frontal aufeinander zu. Beim Zusammenstoß klammern sie sich aneinander.

- a) Wie bewegen sie sich nach dem Stoß, wenn sie gleiche Masse haben?
 b) Berechne das Massenverhältnis für den Fall, dass sie durch die Kollision zur Ruhe kommen.

- 8.7** Ein Fußball, der sich mit 5 m/s Geschwindigkeit auf einen Spieler zubewegt, wird von diesem mit gleich großer Geschwindigkeit zuruckgeschossen. Dabei hat der Schuh für $0,1 \text{ s}$ Kontakt mit dem Ball, und der Spieler übt eine Durchschnittskraft von 100 N aus. Berechne die Masse des Balls.

- 8.8** Rückstoß eines Gewehres: Hat man ein Gewehr nicht fest an die Schulter gestemmt, kann der Rückstoß ziemlich schmerzhaft sein. Berechne, mit welcher Geschwindigkeit das Gewehr die Schulter trifft. ($m_{\text{Gewehr}} = 5 \text{ kg}$, $m_{\text{Kugel}} = 10^{-2} \text{ kg}$, $v_{\text{Kugel}} = 850 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

- 8.9** Karl und Andrea werfen mit Kugeln auf einen Block Schaumstoff. Karl wirft mit einer herkömmlichen Metallkugel, Andrea mit einer Gummikugel. Wer wirft den Block eher um?

- 8.10** Ein Gegenstand fällt aus einer gewissen Höhe zu Boden. Zu Beginn hatte der Gegenstand den Impuls Null, im Laufe des Fallens nimmt sein Impuls mit der Geschwindigkeit zu. Woher kommt der Impuls? Gilt die Erhaltung des Impulses in diesem Fall nicht?