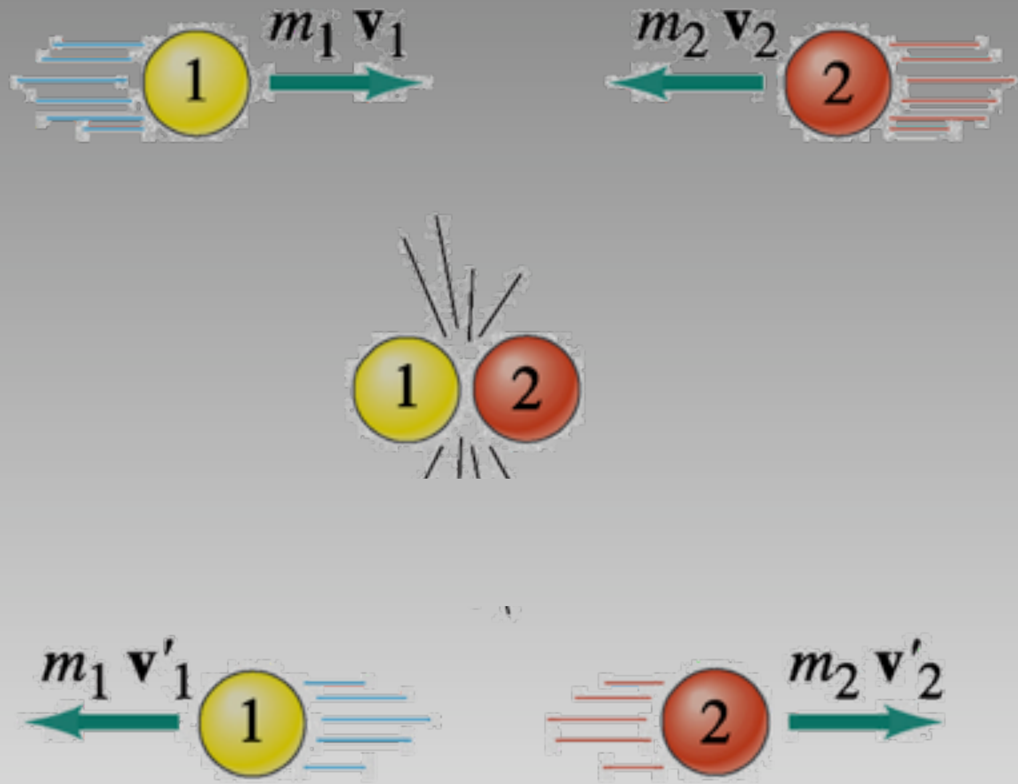
$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

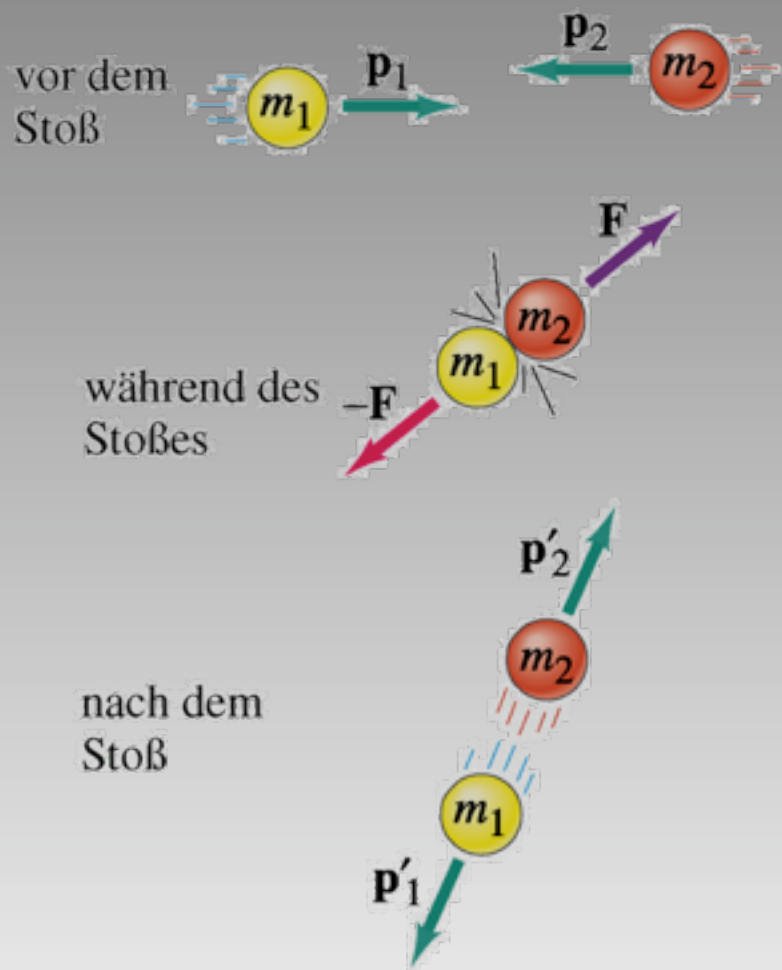
$$0 = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = \frac{d\vec{p}}{dt} \rightarrow$$

$$\rightarrow p = const.$$

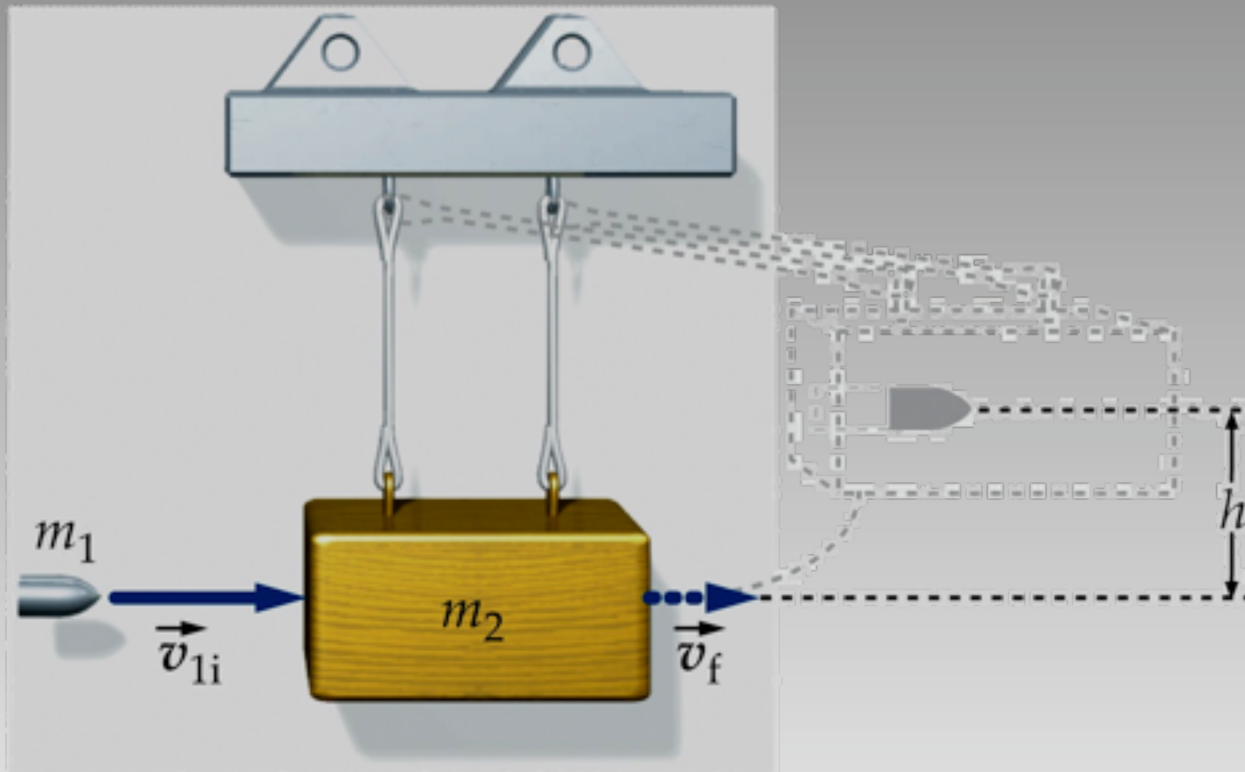


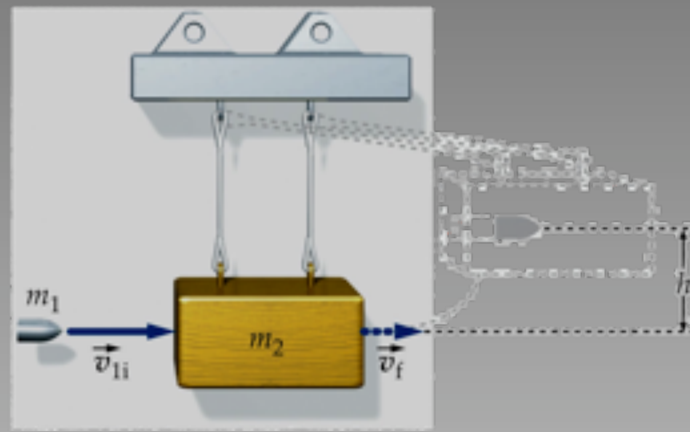
$$\vec{P}_{\text{sys}} = \sum_i m_i \vec{v}_i = M\vec{v}_{\text{cm}} = \text{constant} \quad (\vec{F}_{\text{net,ext}} = 0)$$

Beim Stoß zwischen zwei Kugeln bleibt der Impuls erhalten.


vor dem Stoß
p_1
p_2
m_1
m_2
F
während des Stoßes
−F
m_2
m_1
p'_2
m_2
nach dem Stoß
m_1
p'_1

Ballistisches pendel





Steps	Answers
1. Use conservation of mechanical energy to relate the final height h to the speed v_2 of the box after the collision.	$m_2gh = \frac{1}{2}m_2v_2^2$
2. Use conservation of momentum to write an equation relating the speed v_2 of the box to v_0.	$m_2v_2 + m_1\left(\frac{1}{2}v_0\right) = m_1v_0$
3. Solve for v_2.	$v_2 = \frac{m_1}{2m_2}v_0$
4. Substitute this value of v_2 into your equation in step 1 for h.	$h = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{m_1^2v_0^2}{8m_2^2g}$

Massenmittelpunkt

- Was bewegt sich auf einer einfachen Kurve?
- Bestimmt nicht der Punkt an der Ecke des Körpers, weil dieser rotiert; es ist auch nicht das Ende des Körpers oder....
- So besteht unser erster Satz über komplizierte Objekte darin, zu demonstrieren, dass es eine mittlere Position gibt, welche mathematisch definierbar, aber nicht notwendigerweise ein materieller Punkt ist, die sich auf einer einfachen Kurve bewegt.

Def: Massenmittelpunkt

$$\underbrace{(m_1 + m_2)}_{m} \cdot x_s = m_1 x_1 + m_2 x_2$$

$$\underbrace{\left(\sum m_i\right)}_{m} \vec{r}_s = \sum m_i \vec{r}_i$$

$$m\vec{r}_s = \int \vec{r} \cdot dm$$

$$\vec{F}_i = m_i \frac{d^2\vec{r}_i}{dt^2} \quad \Rightarrow \quad \sum_i \vec{F}_i = \vec{F} = \frac{d^2(\sum_i m_i \vec{r}_i)}{dt^2}$$

$$\boxed{M = \sum_i m_i}$$

Definition

$$\boxed{\vec{R} = \frac{\sum_i m_i r_i}{\sum_i m_i}}$$

$$\boxed{\vec{F} = \frac{d^2 M\vec{R}}{dt^2} = M\frac{d^2\vec{R}}{dt^2}}$$

Innere Kraft- äußere Kraft

- Einige dieser Kräfte sind interne oder innere Kräfte, d. h. Kräfte, die ein Teilchen in dem System auf ein anderes Teilchen in dem System ausübt;
- andere Kräfte sind externe oder äußere Kräfte, d. h. Kräfte, die auf ein Teilchen des Systems von einem anderen Teilchen außerhalb des Systems ausgeübt werden.
- Nach dem dritten Newton 'schen Axiom treten alle Kräfte immer in Paaren von Aktion und Reaktion auf. Zu jeder inneren Kraft auf ein Teilchen eines Systems gibt es also immer eine gleich große, entgegengesetzt gerichtete innere Kraft auf ein anderes Teilchen des Systems. Summieren wir alle inneren Kräfte, ergänzt sich jedes Aktions-Reaktions-Paar zu null.
- Auf das System wirken also nur externe Kräfte.

So finden wir, dass die äußere Kraft gleich der gesamten Masse mal der Beschleunigung eines imaginären Punktes am Ort R ist.

Dieser Punkt wird der Massenmittelpunkt des Körpers genannt

- Der Massenmittelpunkt und der Grund dafür, daß wir ihn eingeführt haben, ist:
  - daß er von den "inneren" Bewegungen eines Objektes getrennt behandelt und darum bei unserer Diskussion der Drehung ignoriert werden kann

Innere Energie, z.B. bei Molekülen

Der Massenschwerpunkt eines abgeschlossenen Systems hat einen zeitlich konstanten Impuls, d.h. seine Geschwindigkeit ändert sich nicht

Der Massenschwerpunkt eines beliebigen Systems bewegt sich so, als ob er ein Körper mit der Gesamtmasse M wäre, auf den die gesamte äußere Kraft wirkt.