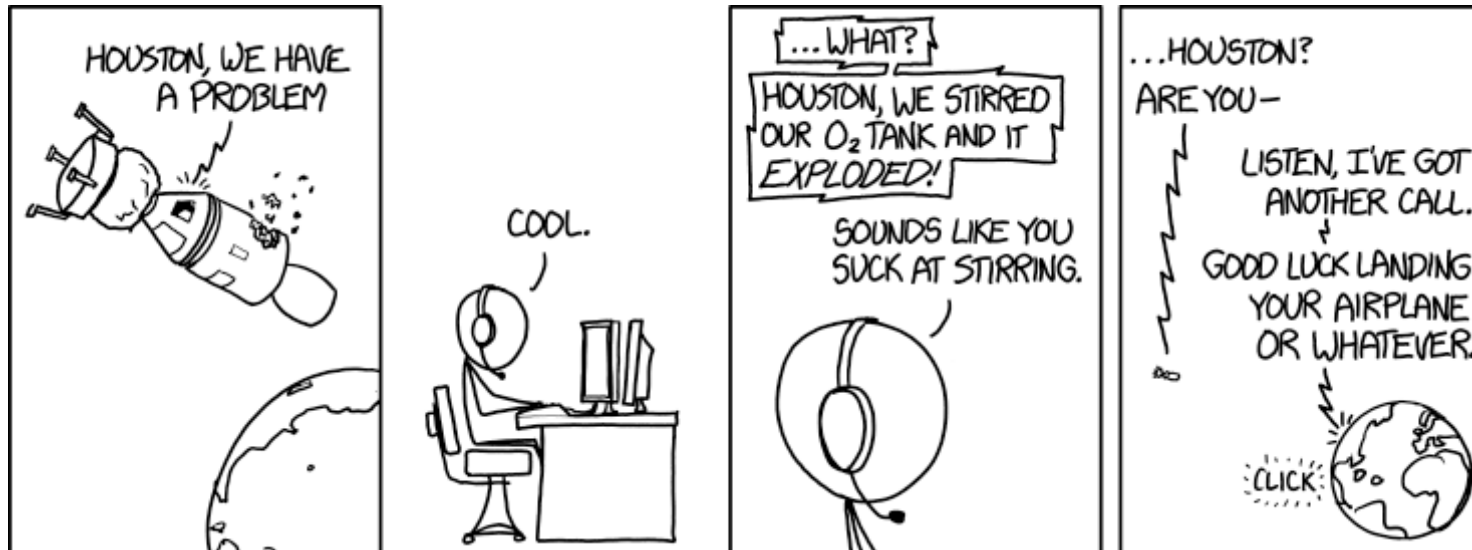


Impuls

Physik 1 für Chemiker und Biologen 6. Vorlesung



<https://xkcd.com/1438/>

Heute:

- Impuls und Impulserhaltung
- Stöße: elastisch und inelastisch

Prof. Dr. Ralf Jungmann

Jungmann@physik.lmu.de

Prof. Dr. Jan Lipfert

Jan.Lipfert@lmu.de

Impuls



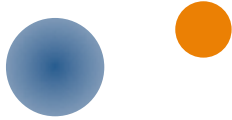
$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Einheit:
[p] = kg·m/s

Der Impuls-Vektor zeigt in die gleiche Richtung wie der Geschwindigkeitsvektor!

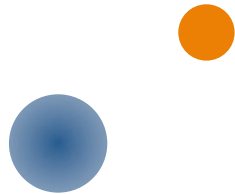
Newtons 2. Axiom in Impulsform:

Impulssatz



Der Gesamtimpuls $\vec{p} = \sum_i m_i \dot{\vec{r}}_i = \sum_i \vec{p}_i$
eines abgeschlossenen Systems aus
Massepunkten m_1, m_2, \dots ist zeitlich **konstant**.

Schwerpunktsatz



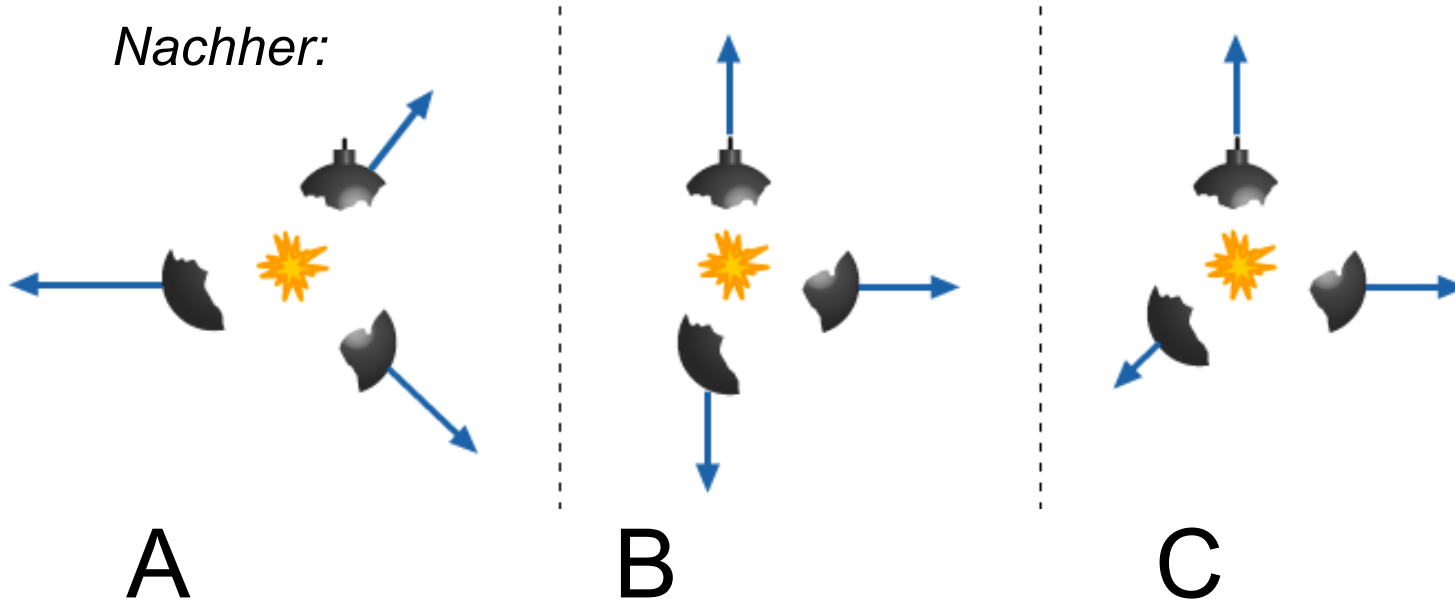
Der Schwerpunkt $\vec{r}_S = \frac{1}{M} \sum_i m_i \vec{r}_i$
eines abgeschlossenen Systems bewegt
sich geradlinig-gleichförmig.

Verständnisfrage zur Impulserhaltung

Eine in Ruhe befindliche Bombe explodiert und zerfällt in drei gleichschwere Teile. Welche Konfiguration der Endgeschwindigkeiten ist möglich?



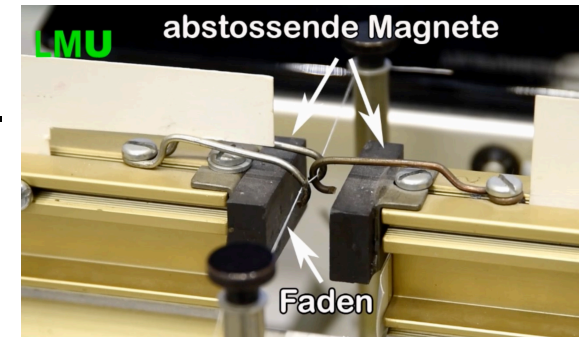
Nachher:



Impulserhaltung auf der Luftschiene

Zwei Wagen auf einer Luftschiene starten aus der Ruhe und werden nach links und rechts beschleunigt.

Vorher:



Nachher:

Experiment: Impulserhaltung Luftschiene

Stöße

Zentraler Stoß: Die Massenmittelpunkte der Körper fliegen in einer geraden Linie aufeinander zu.

1. Grenzfall: **Perfekt (vollständig) inelastischer Stoß** - Impulserhaltung

Vorher:



Nachher:



Experiment: Stöße auf der Luftschiene

Perfekt elastischer Stoß

2. Grenzfall: **Perfekt elastischer Stoß**: Energieerhaltung + Impulserhaltung

Vorher:



Nachher:



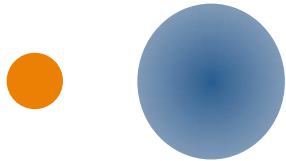
Perfekt elastischer Stoß: Grenzfälle

- Gleiche Massen



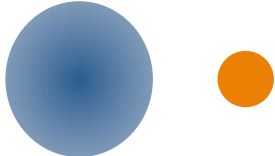
$$m_1 = m_2$$

- Schweres Ziel



$$m_1 \ll m_2$$

- Schweres Geschoss



$$m_1 \gg m_2$$

$$u_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$$

$$u_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

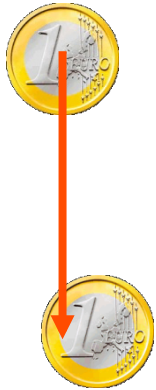
Experiment: Stoßkugeln

Experiment: Zwei Flummies

Reale Stöße liegen oft zwischen den Grenzfällen!

Nicht-zentrale Stöße: Impuls-Erhaltung ist ein vektorielles Gesetz

Beispiel: Münze stößt **nicht zentral** mit ruhender Münze gleicher Masse. Der Stoß ist genähert elastisch. *In welche Richtungen bewegen sich die Münzen nach dem Stoß?*

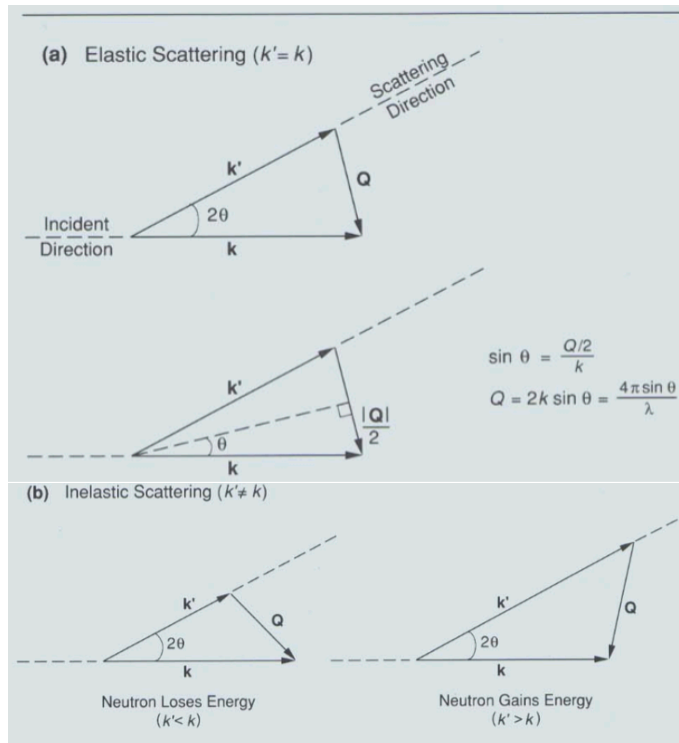


<https://de.wikipedia.org/wiki/Billard>

Impuls-Erhaltung:

Energie-Erhaltung:

Stoßgesetze auf mikroskopischer Skala: Beispiel Neutronenstreuung



https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Universit%C3%A4t_M%C3%BCnchen

Forschungsreaktor in Garching (TUM)

Roger Pynn, *Neutron scattering primer*

Raketenphysik

„Proton“ Rakete



https://de.wikipedia.org/wiki/Proton_%28Rakete%29

Experiment: Wasserrakete

Zusammenfassung: Impuls und Stöße

- Definition des Impuls $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$
- 2. Newtonsches Axiom in Impulsform: $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \dot{\vec{p}}$
- Impulserhaltung:

Der Gesamtimpuls
$$\vec{p} = \sum_i m_i \dot{\vec{r}}_i = \sum_i \vec{p}_i$$

eines abgeschlossenen Systems aus Massepunkten m_1, m_2, \dots ist zeitlich **konstant**.

Zusammenfassung: Stöße

1. Grenzfall: **Perfekt (vollständig) inelastischer Stoß**



Impulserhaltung

2. Grenzfall: **Perfekt (vollständig) elastischer Stoß**



*Impulserhaltung
+ Energieerhaltung*

Inelastischer Stoß

$$u = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

Elastischer Stoß

$$u_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$$

$$u_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

Zusammenfassung: Raketenphysik

„Proton“ Rakete

Impulserhaltung für nicht konstante Masse

- Effektive Ausströmgeschwindigkeit: w

- Schub („Antriebskraft“ der Rakete): $-w \frac{dm}{dt}$ ($= m \frac{dv}{dt}$)

- Geschwindigkeit nach Zeit t : $v(t) = -w \ln \left(\frac{m(t)}{m_0} \right)$



https://de.wikipedia.org/wiki/Proton_%28Rakete%29