Spezialfälle

(1) Zentraler elastischer Stoß: $y = 0$

$$p_1 = p_1' + p'_2 = p_1' + 2\mu \cdot v_1$$ Vektoren kollinear, p_2 = Kreisdurchmesser

$$m_1 v_1' = m_1 v_1 - 2\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} v_1 = \frac{m_1^2 + m_1 m_2 - 2m_1 m_2}{m_1 + m_2} v_1 \qquad \Big| : m_1$$

$$v_1' = \frac{m_1 + m_2 - 2m_2}{m_1 + m_2} v_1$$

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

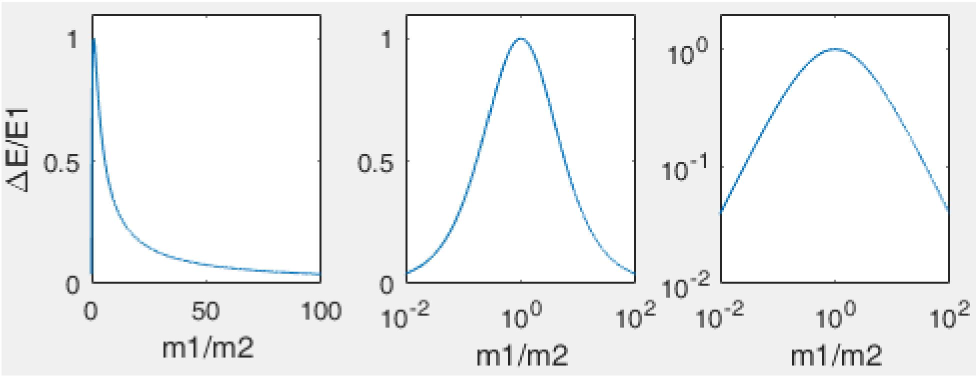
> 0 für $m_1 > m_2$
< 0 für $m_1 < m_2$

Impulsübertrag: $\Delta p = p'_2 = 2\mu \cdot v_1 = 2\dfrac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} v_1$

Energieübertrag: $\Delta E = \dfrac{p_2'^2}{2m_2} = \dfrac{2\mu^2 \cdot v_1^2}{m_2} = 2\dfrac{m_1^2 m_2}{(m_1 + m_2)^2} v_1^2 = 4\dfrac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} E_1 = 4\dfrac{\mu^2}{m_1 m_2} E_1$

maximal bei $m_1 = m_2$

Dreimal die gleiche Kurve:
$\Delta E/E_1$ als Funktion von m_1/m_2
linear, mit logarithmischer Abszisse und doppelt-logarithmisch aufgetragen.



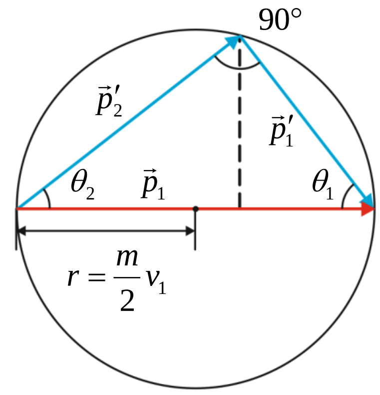
Spezialfälle

(1) Nichtzentraler elastischer Stoß:

(a) $m_1 = m_2 = m \;\rightarrow\; \mu = m/2$

Kreisradius $\mu \cdot v_1 = 1/2\, m \cdot v_1 = p_1/2$

Thaleskreis: $\boxed{p_1 \text{ ist immer senkrecht zu } p_2}$



(b) $m_1 << m_2 \quad \mu \approx m_1$

Kreisradius $\mu \cdot v_1 \approx m_1 \cdot v_1 = p_1$

Im Extremfall ist m_2 wie eine feste Wand.

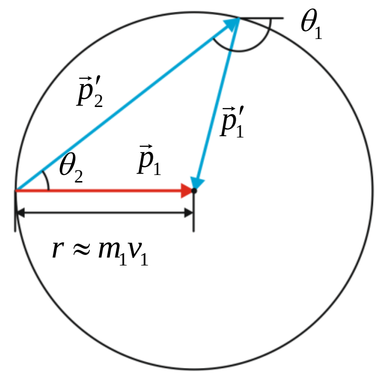
$$|\vec{p}_1| \approx |\vec{p}_1'|$$

Maximaler Impulsübertrag

$$\Delta p_{\max} = 2 p_1$$

Maximaler Energieübertrag

$$\Delta E_{\max} = \frac{4 p_1^2}{2 m_2} = \frac{2 m_1^2 v_1^2}{m_2} = 4 \frac{m_1}{m_2} E_1$$



(c) $m_1 >> m_2 \quad \mu \approx m_2$

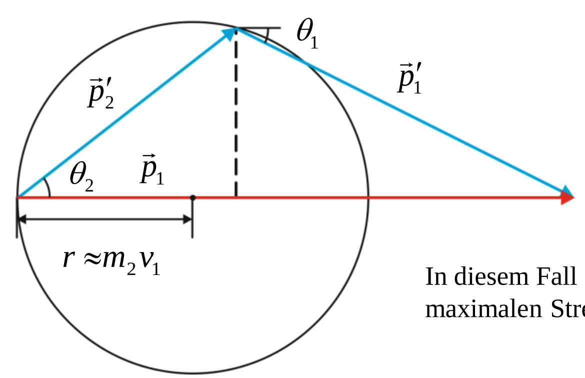
Kreisradius $\mu \cdot v_1 \approx m_2 \cdot v_1$

Maximaler Impulsübertrag

$$\Delta p_{\max} = m_2 v_2' = 2r \approx 2 m_2 v_1 \quad \rightarrow \quad v_2' \approx 2 v_1$$

Maximaler Energieübertrag

$$\Delta E_{\max} = \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \approx 2 m_2 v_1^2 = 4 \frac{m_2}{m_1} E_1$$



In diesem Fall gibt es einen maximalen Streuwinkel θ_1

Elastischer Stoß im Schwerpunktssystem

Ortsvektoren: $\vec{r}_i = \vec{r}_S + \vec{r}_{iS}$

Bisher wurden Stöße im Laborsystem betrachtet. Insbesondere wenn sich beide Körper bereits vor dem Stoß bewegen, ist die Beschreibung im Schwerpunktsystem besonders einfach, weil die Impulse stets entgegengesetzt gleich sind (die Summe der Impulse ist 0):

$$\boxed{\vec{p}_{1S} = -\vec{p}_{2S} \qquad \vec{p}\,'_{1S} = -\vec{p}\,'_{2S}}$$

$$\frac{p'^2_{1S}}{2}\left(\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}\right) = \frac{p^2_{1S}}{2}\left(\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}\right) + Q$$

$$\frac{p'^2_{1S}}{2\mu} = \frac{p^2_{1S}}{2\mu} + Q$$

Da sich bei elastischen Stößen ($Q = 0$) die Summe der kinetischen Energien nicht ändert, bleibt nach dem Stoß für jeden Körper der Betrag des Impulses gleich. Nur die Richtung ändert sich.

$$\boxed{\left|\vec{p}\,'_{1S}\right| = \left|\vec{p}_{1S}\right| \qquad \left|\vec{p}\,'_{2S}\right| = \left|\vec{p}_{2S}\right|}$$

Inelastischer Stoß

Maximal inelastischer Stoß: Beide Körper bewegen sich nach dem Stoß mit einer gemeinsamen Geschwindigkeit, die gleich der Geschwindigkeit des gemeinsamen Schwerpunkts vor dem Stoß ist (Impulserhaltung):

$$v_S = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

$$Q = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_S^2 - \frac{1}{2}\left(m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2\right) = -\frac{1}{2}\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}(\vec{v}_1 - \vec{v}_2)^2 = -\frac{1}{2}\mu \cdot v_{12}^2$$

Diese Energie geht durch Wärme, Deformation etc. verloren.

Spezielle Relativitätstheorie

- Einführung (Theorie des Lichtes)
- Einsteinsche Postulate
- Konsequenzen (Lorentztransformationen)

Maxwells Theorie des Lichtes (-> Physik II)

Licht ist eine elektromagnetische Welle, welche sich mit einer endlichen Geschwindigkeit (c, im Vakuum) ausbreitet $c < \infty$

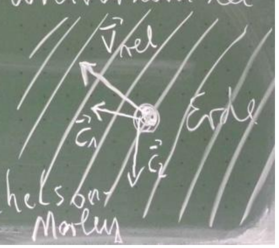
Klassische Wellen

- Schallwellen: Dichteschwankungen der Luft
- Wasserwellen: Energiestörung der Wassermoleküle

Seile

-> Wellen breiten sich im Medium aus.

Licht? mögliches Bild: Universum sei aufgefüllt mit einem abstrakten Medium "Äther" der Lichtausbreitung



Michelson Morley

Äthertheorie: $c_1 \neq c_2$ Dies ist experimentell nicht bestätigt. Licht breitet sich im Vakuum mit konstanter Lichtgeschwindigkeit aus.

(I) Relativitätsprinzip: Alle Naturgesetze (der klass. Physik (vor ≈ 1900)) haben in allen Inertialsystemen dieselbe Form; es gibt kein bevorzugtes Bezugssystem.

Vorschrift, um zwischen Inertialsystem mit Relativgeschwindigkeit $\vec v$ umzurechnen (Galilei-Trafo):

$\vec v = (v,0,0)$

$$x' = x - vt$$
$$y' = y \qquad t = t'$$
$$z' = z$$

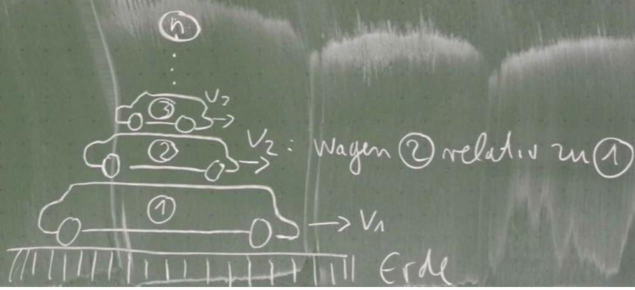
Daraus folgt die Vorschrift zur Trafo von Geschwindigkeiten

"Addition von Geschwindigkeiten"

$\vec{V}$ sei Geschw. gemessen im (x,y,z)-System, d.h. $\frac{dx}{dt}=V_x$, $\frac{dy}{dt}=V_y$, $\frac{dz}{dt}=V_z$, sei $\vec{V}=(V,0,0)$,

Dann gilt im (x',y',z')-System $V' = \frac{dx'}{dt} = \frac{d(x-vt)}{dt} = V - v$

Gedankenexperiment



Die Relativgeschwindigkeit des obersten Wagens relativ zur Erde ist:

$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$

beliebig hohe Geschwindigkeiten möglich.

Nehme Licht statt Wagen

$\underbrace{c + c + c + \dots}_{\text{Galilei-Trafo}} = c$ ← Michelson-Morley

Auflösung dieses Widerspruchs

1905 durch A. Einstein "Speziellen Relativitätstheorie"

Postulate:

1. Der Raum ist isotrop und homogen
2. Alle Naturgesetze haben in allen Inertialsystemen dieselbe Form
3. Die Vakuumlichtgeschwindigkeit ist in jedem Bezugssystem unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle.

(3) ist neu gegenüber klass. Physik