

1. Zwei Teilchen mit den Massen $m_1 = 1 \text{ kg}$ und $m_2 = 0,4 \text{ kg}$ haben im Laborsystem die Anfangsgeschwindigkeiten $\vec{v}_1 = (2,8 \hat{x} - 3,0 \hat{y}) \text{ ms}^{-1}$ und $\vec{v}_2 = 7,5 \hat{y} \text{ ms}^{-1}$. Nachdem sie zusammengestoßen sind, seien ihre Geschwindigkeiten $\vec{v}'_1 = (1,2 \hat{x} - 2,0 \hat{y}) \text{ ms}^{-1}$ und $\vec{v}'_2 = (4,0 \hat{x} + 5,0 \hat{y}) \text{ ms}^{-1}$.
 - a) Bestimmen Sie den **Gesamtimpuls!** (*Lösung:* $\vec{p} = 2,8 \hat{x} \text{ kgms}^{-1}$)
 - b) Suchen Sie ein Bezugssystem, in dem der Gesamtimpuls **vor dem Stoß** gleich Null ist (Schwerpunktsystem).
 - c) Zeigen Sie, daß der Gesamtimpuls auch **nach dem Stoß** in diesem System gleich Null ist.
 - d) Welcher Bruchteil der **kinetischen Energie** wird beim Stoß im Laborsystem umgewandelt? (*Lösung:* 44,5 % Verlust)
 - e) Ist der Stoß elastisch?

2. In einem Eisenbahnwaggon, der sich auf einer geraden Strecke mit 5 ms^{-1} bewegt, findet ein Frontalzusammenstoß zwischen einer $0,1 \text{ kg}$ schweren Masse (Geschwindigkeit: 1 ms^{-1} in Zugrichtung) und einer $0,05 \text{ kg}$ schweren Masse (Geschwindigkeit: 5 ms^{-1} gegen die Zugrichtung) statt. Beide Geschwindigkeiten sind **relativ** zum Zug gemessen. Nach dem Stoß ruht die $0,05 \text{ kg}$ schwere Masse im **fahrenden** Zug.
 - a) Welche Geschwindigkeit hat die $0,1 \text{ kg}$ schwere Masse nach dem Stoß? (*Lösung:* $-1,5 \hat{x} \text{ ms}^{-1}$)
 - b) Wieviel kinetische Energie wurde umgewandelt? (*Lösung:* 83,3 % Verlust)

→ Beschreiben Sie nun den Zusammenstoß vom Standpunkt eines Beobachters aus, der neben den Schienen steht.
 - c) Ist der Impuls erhalten?
 - d) Wieviel kinetische Energie geht, von diesem System aus gesehen, verloren?

3. Ein Geschoß detoniert im Scheitelpunkt seiner Bahn bei $h_0 = 19,6 \text{ m}$ in zwei gleich schwere Teile. Der eine Teil erreicht die Erde $t_1 = 1 \text{ s}$ nach der Detonation. Der Auftreffpunkt liegt senkrecht unter dem Detonationspunkt und ist die Strecke $s_1 = 1000 \text{ m}$ vom Abschlußpunkt entfernt.
 - a) In welchem Abstand s_2 vom Abschlußpunkt fällt der zweite Teil auf die Erde? (*Lösung:* 5000 m)

Hinweis: Der Luftwiderstand ist zu vernachlässigen. Stellen Sie eine Impulsbilanz für einen kurzen Zeitpunkt vor, bzw. nach der Detonation auf.
 - b) Bleibt der Impuls erhalten?

4. Die mittlere Lebensdauer eines π^+ -Mesons beträgt im Ruhesystem des Teilchens $\tau = 25 \text{ ns}$.
 - a) Wie groß ist die mittlere Lebensdauer eines Pulses von π^+ -Mesonen mit $v = 0,73c$? (*Lösung:* 36,6 ns)
 - b) Welche Entfernung hat dieser Puls während der mittleren Lebensdauer zurückgelegt? (*Lösung:* 8,01 m)
 - c) Welche Strecke hätte er ohne relativistische Effekte zurückgelegt? (*Lösung:* 5,48 m)
 - d) Beantworten Sie die drei obigen Fragestellungen für $v = 0,99c$! (*Lösung:* 177,2 ns, 52,6 m, 7,4 m)

5. Zwei Blitze treffen die beiden Enden eines 20 m langen Eisenbahnwaggons, der sich entlang der x -Achse mit einer Geschwindigkeit von $v = 200 \text{ kmh}^{-1}$ bewegt. Für einen Beobachter außerhalb des Zuges wird der Waggon gleichzeitig getroffen.

→ Welche Zeitdifferenz zwischen den beiden Blitzen messen die Mitfahrer? (*Lösung:* -12,3 fs)

6. **Gleichzeitigkeit.** Man zeige rechnerisch und graphisch mit Hilfe der Lorentz-Transformation, dass zwei im Bezugssystem S gleichzeitige ($t_1 = t_2$), aber örtlich getrennte Ereignisse im Allgemeinen im Bezugssystem S' nicht gleichzeitig sind.