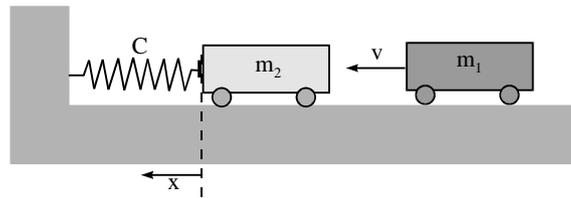


1. In einem Eisenbahnwagon, der sich auf einer geraden Strecke mit  $5 \text{ ms}^{-1}$  bewegt, findet ein Frontalzusammenstoß zwischen einer  $0,1 \text{ kg}$  schweren Masse (Geschwindigkeit:  $1 \text{ ms}^{-1}$  in Zugrichtung) und einer  $0,05 \text{ kg}$  schweren Masse (Geschwindigkeit:  $5 \text{ ms}^{-1}$  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?

2. **Stossesetze.** Ein vollbeladener Güterwagon der Masse  $m_1$  prallt auf einen leeren Güterwagon (Masse:  $m_2$ ), der am Ende des Gleises an einem gefederten Prellbock (Federkonstante  $C$ ) ansteht. (siehe Skizze).



Die Anfangsgeschwindigkeit des vollen Güterwagons ist  $v$ . Nach seinem Aufprall auf den leeren Wagon können die beiden Wagons als eine Masse betrachtet werden.

- a) Wie weit wird der gefederte Prellbock komprimiert (allgemeine Rechnung)?  
 b) Man berechne den **Federweg  $A$**  für  $m_1 = 50 \text{ t}$ ,  $m_2 = 10 \text{ t}$ ,  $v = 1 \text{ ms}^{-1}$ ,  $C = 1000 \text{ kNm}^{-1}$ .  
 (*Lösung*:  $A = 20 \text{ cm}$ )

*Hinweis*: Massen und Rotationsenergien der Räder können vernachlässigt werden.

3. Ein Geschöß 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 Abschußpunkt entfernt.
- a) In welchem Abstand  $s_2$  vom Abschußpunkt fällt der zweite Teil auf die Erde? (*Lösung*:  $5000 \text{ m}$ )  
*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?

**Bitte Seite wenden!**

- 4.** Peter wird nach einer lichtgeregelten Kreuzung von einem Polizisten aufgehalten. Dieser behauptet, Peter habe die Kreuzung bei rot ( $\lambda = 660 \text{ nm}$ ) überfahren. Peter behauptet jedoch, dass die Ampel grün ( $\lambda = 530 \text{ nm}$ ) war.

→ Mit welcher Geschwindigkeit überfuhr Peter die Kreuzung? (Lösung:  $0,22c$ )

- 5. Relativistische Geschwindigkeiten:** In elektrischen Feldern können Teilchen sehr hohe Geschwindigkeiten und damit sehr hohe **kinetische Energien** erreichen. In einem Elektronenmikroskop erreichen **Elektronen** kinetische Energien von **200 keV**.

a) Drücken Sie diese Energie in J aus. (Lösung:  $E_{kin} = 3.204 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ )

b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Elektronen im Laborsystem unter Verwendung der relativistischen Energiebeziehung. (Lösung:  $v = 0,7 c$ )

c) Berechnen Sie analog die Geschwindigkeit von Protonen derselben Energie. (Lösung:  $v = 0,021 c$ )

d) Berechnen Sie die Geschwindigkeiten der beiden Teilchensorten klassisch. In welchem Fall weist die klassische Näherung einen merkbaren Unterschied zur relativistischen Rechnung auf?

- 6. Relativistischer Doppler-Effekt bei kleinen Geschwindigkeiten:** zeigen Sie mithilfe einer **Taylor-Entwicklung**, dass für Geschwindigkeiten  $v \ll c$  die **Frequenz  $f$**  elektromagnetischer Strahlung, welche von einem bewegten Objekt emittiert wird, durch  $f = f_0 \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right)$  gegeben ist, wenn sich das Objekt **vom Beobachter wegbewegt** und  $f_0$  sie **Frequenz im Ruhssystem** des Objektes ist.

