Impuls und Stöße

Physik · Klasse 11 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

Wähle immer eine positive Richtung. Der Impuls $p = m \cdot v$ bleibt bei jedem Stoß erhalten, die Bewegungsenergie nur beim elastischen Stoß.

1 Berechne den vollständig unelastischen Stoß.

Die Körper bewegen sich danach gemeinsam: $v = \frac{m1 \cdot v1 + m2 \cdot v2}{m1 + m2}$. Energieverlust = E_kin vorher - E_kin nachher.

a) Ein Auto (1200 kg, 15 m/s) fährt auf ein stehendes Auto (800 kg) auf, beide verhaken sich. Wie schnell schieben sie sich gemeinsam weiter?

Impulserhaltung: $m1 \cdot v1 + m2 \cdot v2 = (m1 + m2) \cdot v$

umgestellt: $v = \frac{m1 \cdot v1 + m2 \cdot v2}{m1 + m2}$

$v = \frac{1200\ kg \cdot 15\ m/s + 800\ kg \cdot 0}{2000\ kg} = \frac{18\,000\ kg \cdot m/s}{2000\ kg} = 9\ m/s$

Die beiden Autos schieben sich mit 9 m/s weiter.

b) Wie viel Bewegungsenergie wird bei diesem Unfall in Verformung und Wärme umgewandelt? Wie viel Prozent sind das?

vorher: $E_{kin} = ½ \cdot m1 \cdot v1^2 = ½ \cdot 1200\ kg \cdot (15\ m/s)^2 = 135\,000\ J$

nachher: $E_{kin} = ½ \cdot (m1 + m2) \cdot v^2 = ½ \cdot 2000\ kg \cdot (9\ m/s)^2 = 81\,000\ J$

Verlust: 135 000 J - 81 000 J = 54 000 J

Anteil: $\frac{54\,000\ J}{135\,000\ J} = 0{,}4 = 40\ \%$

54 000 J, also 40 % der Bewegungsenergie, werden zu Verformung und Wärme.

c) Wagen A (2 kg, 3 m/s nach rechts) und Wagen B (2 kg, 1 m/s nach links) fahren aufeinander zu und kleben zusammen. Wie bewegen sie sich danach?

Rechts ist positiv, B fährt nach links: $v_B = -1\ m/s$

$p = m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = 2\ kg \cdot 3\ m/s + 2\ kg \cdot (-1\ m/s) = 4\ kg \cdot m/s$

$v = \frac{p}{m_A + m_B} = \frac{4\ kg \cdot m/s}{4\ kg} = 1\ m/s$

v ist positiv: Beide fahren danach gemeinsam mit 1 m/s nach rechts.

Impuls und Stöße (Fortsetzung)

Physik · Klasse 11 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

2 Berechne den elastischen Stoß.

Gerader elastischer Stoß auf einen ruhenden Körper: $v1' = \frac{m1 - m2}{m1 + m2} \cdot v1$ und $v2' = \frac{2 \cdot m1}{m1 + m2} \cdot v1$.

a) Kugel A (2 kg, 6 m/s) stößt elastisch und gerade auf die ruhende Kugel B (1 kg). Berechne beide Geschwindigkeiten danach und prüfe mit Impuls und Energie.

$v1' = \frac{m1 - m2}{m1 + m2} \cdot v1 = \frac{2\ kg - 1\ kg}{3\ kg} \cdot 6\ m/s = 2\ m/s$

$v2' = \frac{2 \cdot m1}{m1 + m2} \cdot v1 = \frac{4\ kg}{3\ kg} \cdot 6\ m/s = 8\ m/s$

Impuls: vorher $2\ kg \cdot 6\ m/s = 12\ kg \cdot m/s$, nachher $2\ kg \cdot 2\ m/s + 1\ kg \cdot 8\ m/s = 12\ kg \cdot m/s$

Energie: vorher $\frac{1}{2} \cdot 2\ kg \cdot (6\ m/s)^2 = 36\ J$, nachher $\frac{1}{2} \cdot 2\ kg \cdot (2\ m/s)^2 + \frac{1}{2} \cdot 1\ kg \cdot (8\ m/s)^2 = 4\ J + 32\ J = 36\ J$

A rollt mit 2 m/s weiter, B fliegt mit 8 m/s davon. Impuls und Energie bleiben erhalten.

b) Was passiert bei gleichen Massen? Und was, wenn ein Tischtennisball auf eine ruhende Bowlingkugel prallt? Begründe mit den Formeln.

Gleiche Massen: $m1 - m2 = 0$, also $v1' = 0$. Und $v2' = \frac{2 \cdot m1}{2 \cdot m1} \cdot v1 = v1$.

Die Kugeln tauschen ihre Geschwindigkeiten: Die stoßende bleibt liegen, die getroffene rollt mit v1 weiter (Billard, Kugelstoßpendel).

Tischtennisball: m1 ist viel kleiner als m2. Dann ist $\frac{m1 - m2}{m1 + m2}$ fast -1, also v1' fast -v1, und $\frac{2 \cdot m1}{m1 + m2}$ ist fast 0, also v2' fast 0.

Der Ball prallt fast genauso schnell zurück, die Bowlingkugel bewegt sich kaum.

Impuls und Stöße (Fortsetzung)

Physik · Klasse 11 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

3 Werte die Messung am Stoß aus.

Geschwindigkeit aus der Lichtschranke: $v = \frac{\text{Blendenbreite}}{\text{Dunkelzeit}}$. Vergleiche dann die Impulse vor und nach dem Stoß.

a) Auf einer Luftkissenbahn stößt Gleiter A (0,4 kg) auf den ruhenden Gleiter B (0,2 kg); beide kleben danach zusammen. Die Blende ist 5 cm breit.
Dunkelzeit vorher (A): 0,050 s; nachher (A und B): 0,077 s
Berechne die Geschwindigkeiten und prüfe die Impulserhaltung.

vorher: $v = \frac{0{,}05\ m}{0{,}050\ s} = 1{,}0\ m/s$

$p = 0{,}4\ kg \cdot 1{,}0\ m/s = 0{,}40\ kg \cdot m/s$

nachher: $v = \frac{0{,}05\ m}{0{,}077\ s} \approx 0{,}649\ m/s$

$p = (0{,}4\ kg + 0{,}2\ kg) \cdot 0{,}649\ m/s \approx 0{,}39\ kg \cdot m/s$

Die Impulse unterscheiden sich nur um etwa 3 %. Im Rahmen der Messgenauigkeit ist der Impuls erhalten.

b) Wie viel Prozent der Bewegungsenergie gehen beim Stoß verloren? Vergleiche mit dem theoretischen Wert $\frac{m2}{m1 + m2}$.

vorher: $E = ½ \cdot 0{,}4\ kg \cdot (1{,}0\ m/s)^2 = 0{,}200\ J$

nachher: $E = ½ \cdot 0{,}6\ kg \cdot (0{,}649\ m/s)^2 \approx 0{,}126\ J$

Verlust: 0,200 J - 0,126 J = 0,074 J, das sind $\frac{0{,}074\ J}{0{,}200\ J} \approx 37\ \%$

Theorie: $\frac{m2}{m1 + m2} = \frac{0{,}2\ kg}{0{,}6\ kg} \approx 33\ \%$

Die Messung liegt etwas darüber. Durch Reibung ist der Gleiter nach dem Stoß etwas zu langsam. Weil v in der Energie im Quadrat steht, fällt dieser Fehler bei der Energie doppelt so stark ins Gewicht wie beim Impuls.

Impuls und Stöße (Fortsetzung)

Physik · Klasse 11 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

4 Berechne den Kraftstoß.

$F \cdot \Delta t = \Delta p = m \cdot (v_nachher - v_vorher)$. Prallt ein Körper zurück, wechselt v das Vorzeichen.

a) Ein Ball (0,5 kg) fliegt mit 12 m/s gegen eine Wand und prallt mit 8 m/s zurück. Der Kontakt dauert 0,02 s. Berechne die Impulsänderung und die mittlere Kraft der Wand.

Zur Wand hin ist positiv: $v_vorher = 12\ m/s$, $v_nachher = -8\ m/s$

$\Delta p = m \cdot (v_nachher - v_vorher) = 0{,}5\ kg \cdot (-8\ m/s - 12\ m/s) = -10\ kg \cdot m/s$

Der Betrag ist $10\ kg \cdot m/s$, nicht nur $2\ kg \cdot m/s$: Die Wand muss den Ball erst abbremsen und dann zurückbeschleunigen.

$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{10\ kg \cdot m/s}{0{,}02\ s} = 500\ N$

Die Wand drückt im Mittel mit 500 N auf den Ball, und zwar von der Wand weg.

b) Bei einem Unfall wird der Kopf eines Fahrers (5 kg) von 10 m/s auf 0 abgebremst. Ohne Airbag dauert das 0,01 s, mit Airbag 0,1 s. Vergleiche die Kräfte.

$\Delta p = m \cdot \Delta v = 5\ kg \cdot 10\ m/s = 50\ kg \cdot m/s$, mit und ohne Airbag gleich

$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

ohne Airbag: $F = \frac{50\ kg \cdot m/s}{0{,}01\ s} = 5000\ N$

mit Airbag: $F = \frac{50\ kg \cdot m/s}{0{,}1\ s} = 500\ N$

Der Airbag macht die Bremszeit zehnmal so lang. Die Kraft auf den Kopf sinkt dadurch auf ein Zehntel.

5 Berechne den Rückstoß.

Ruht vorher alles, ist der Gesamtimpuls null: $m1 \cdot v1 + m2 \cdot v2 = 0$. Die Körper bewegen sich entgegengesetzt. Schubkraft einer Rakete: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$. $g = 10\ N/kg$.

a) Ein Ruderboot (150 kg) liegt still am Steg. Jonas (50 kg) springt mit 3 m/s nach vorn an Land. Wie schnell treibt das Boot zurück?

Vorher ruht alles: $m_J \cdot v_J + m_B \cdot v_B = 0$

umgestellt: $v_B = \frac{-m_J \cdot v_J}{m_B}$

$v_B = \frac{-50\ kg \cdot 3\ m/s}{150\ kg} = -1\ m/s$

Das Minus heißt: entgegengesetzt zu Jonas. Das Boot treibt mit 1 m/s nach hinten.

b) Eine Rakete (4 t) stößt in jeder Sekunde 20 kg Gas mit 2500 m/s nach hinten aus. Berechne die Schubkraft. Hebt die Rakete ab? Mit welcher Beschleunigung?

Schub = Impuls, den das Gas pro Sekunde bekommt: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

$F = \frac{20\ kg \cdot 2500\ m/s}{1\ s} = 50\,000\ N$

Gewichtskraft: $F_G = m \cdot g = 4000\ kg \cdot 10\ N/kg = 40\,000\ N$

Der Schub ist größer als die Gewichtskraft: Die Rakete hebt ab.

$F_{res} = 50\,000\ N - 40\,000\ N = 10\,000\ N$

$a = \frac{F_{res}}{m} = \frac{10\,000\ N}{4000\ kg} = 2{,}5\ m/s^2$