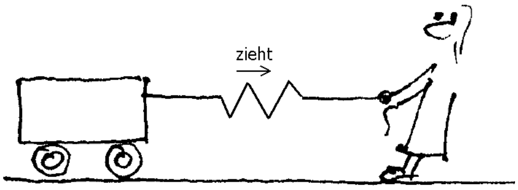
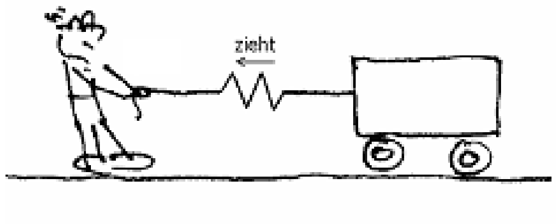
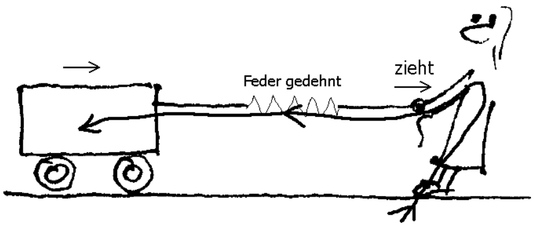
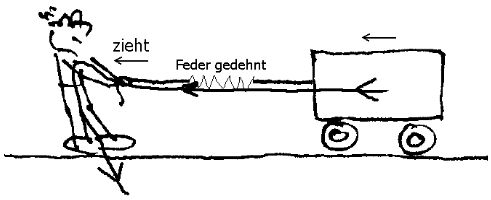
1) Ergänze in den Skizzen mit Farbe Verlauf und Richtung des Impulsstromes und leite damit eine allgemeine Regel für den Zusammenhang zwischen Druck- und Zugspannung einerseits und der Richtung des Impulsstrom andererseits her.

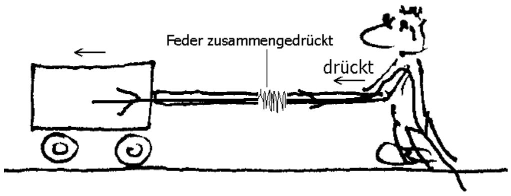


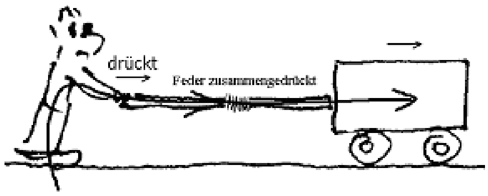


Lösung:



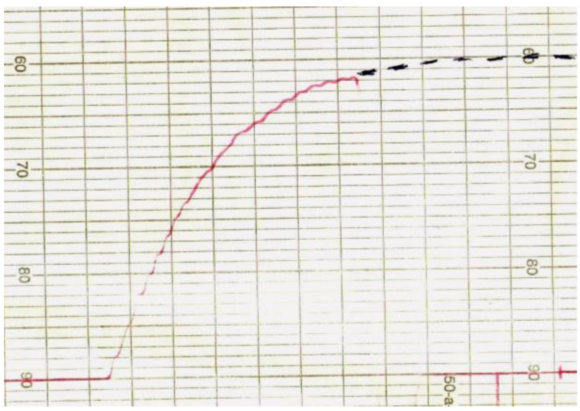






*In einem Impulsleiter, der unter **Zugspannung / Zug** steht, fließt Impuls (von rechts) **nach links.***
*In einem Impulsleiter, der unter **Druckspannung / Druck** steht, fließt Impuls (von links) **nach rechts.***

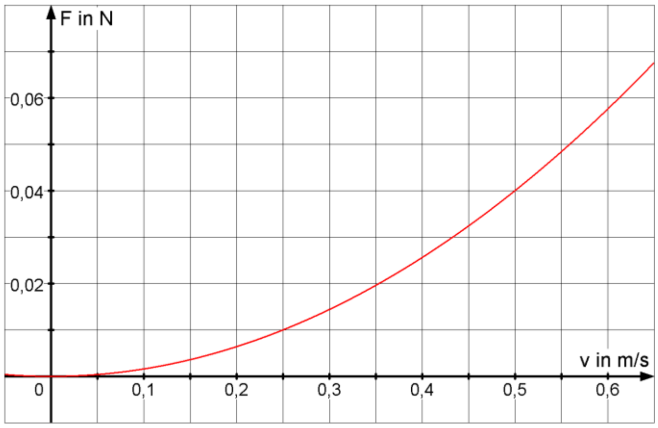
2a) Auf der Luftkissenfahrbahn befindet sich ein Gleiter an dem senkrecht zur Fahrtrichtung eine Styroporplatte befestigt ist. Außerdem ist der Gleiter über eine Schnur, die über einer Rolle am Ende der Fahrbahn liegt, mit einer Masse verbunden, die während des Experiments nach unten sinkt. Das v-t-Diagramm wird während des Experiments aufgezeichnet.
Erkläre den Verlauf des v-t-Diagramms



Lösung:

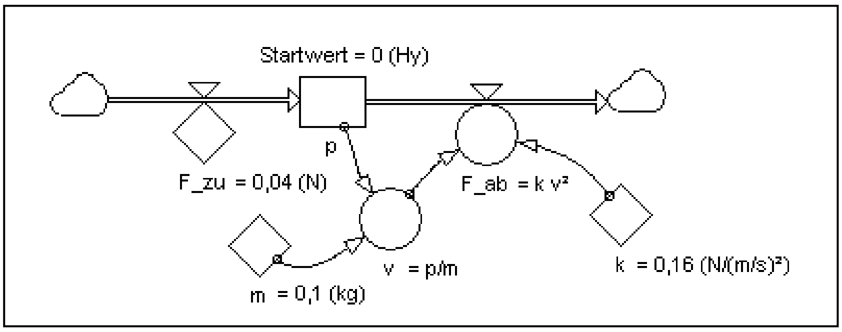
Die Geschwindigkeit des Gleiters wächst von 0 m/s aus. Mit zunehmender Zeit ist der Geschwindigkeitszuwachs immer geringer. Schließlich wird die Geschwindigkeit konstant bleiben. Der Gleiter erhält durch die Schnur einen konstanten Impulszufluß (F_{zu}) und gibt durch die Styroporplatte umso mehr Impuls an die Luft ab, je schneller er ist. (Wenn der Impulszufluß gleich dem Impulsabfluß ist, befindet sich der Gleiter im Fließgleichgewicht.)

b) Formuliere ein POWERSIM-Modell (Skizze und Terme) für das vorgeführte Experiment.
$m_{Gleiter}$ = 0,1 kg, $m_{Gewicht}$ = 4 g.

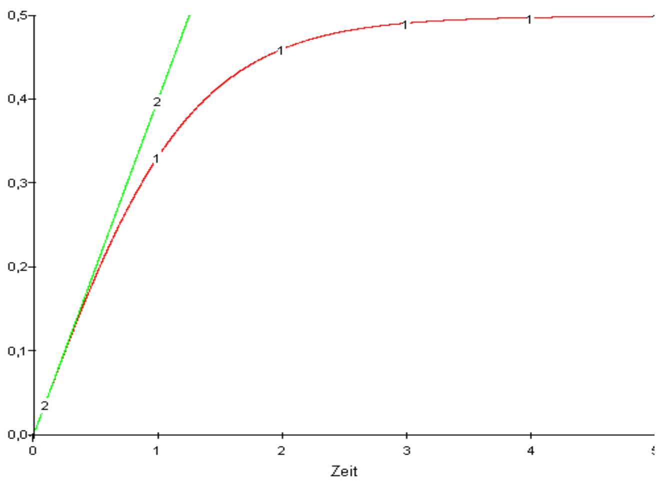


Lösung:

$$F_{zu} = g \cdot m_{Gewicht} = 10\,\tfrac{N}{kg} \cdot 0{,}004kg$$
$$= 0{,}04N$$
$$F_{ab} = k \cdot v^2 \quad \Leftrightarrow \quad k = \frac{F_{ab}}{v^2}$$
$$k = \frac{0{,}04N}{(0{,}5\,\tfrac{m}{s})^2} = 0{,}16\,\frac{N}{(\tfrac{m}{s})^2}$$



c) Ein entsprechendes Modell liefert folgende v-t-Diagramme. Erkläre die Bedeutung von Diagramm 2:



Lösung:

$v_2(t)$ nimmt linear mit t zu, d.h. $p_2(t)$ wächst linear mit t: $p_2(t) = F_{zu} \cdot t$
Dies ist der Fall, wenn kein Impuls abfließt (k = 0 N/(m/s)²).

d) Berechne die Grenzgeschwindigkeit v_{Grenz} für die Werte aus b)

Lösung:

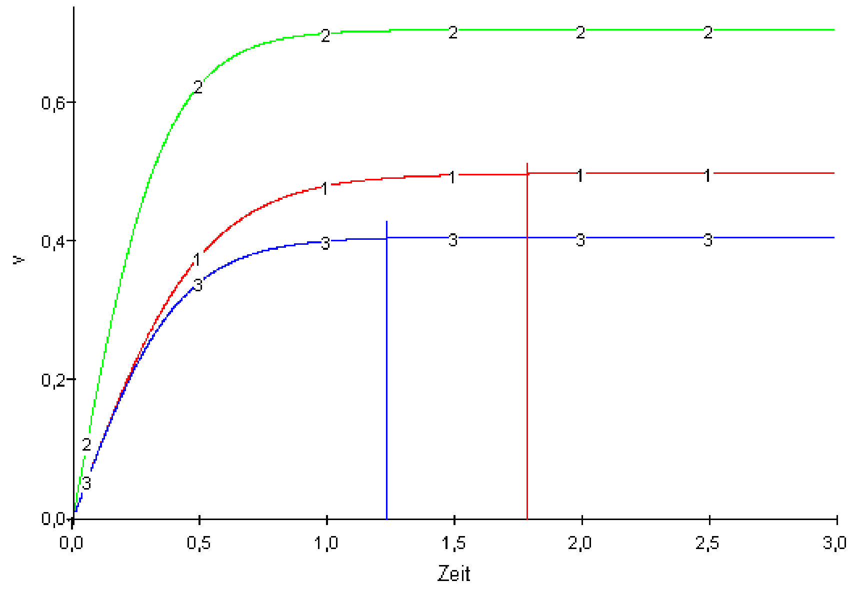
Im Fließgleichgewicht ist $F_{ab} = F_{zu}$. Mit $F_{ab} = k \cdot v^2$ folgt:

$$v_{Grenz} = \sqrt{\frac{F_{zu}}{k}} = \sqrt{\frac{0{,}0N}{0{,}16\,\frac{N}{(\frac{m}{s})^2}}} = \sqrt{0{,}25(\tfrac{m}{s})^2} = 0{,}5\,\tfrac{m}{s}$$ (Vergleiche Diagramm aus bei F = 0,04N)

e) Skizziere in einem Diagramm mit verschiedenen Farben, wie sich eine Erhöhung von

$m_{Gewicht}$ und der Fläche des Styropors auswirken würde und begründe deine Angabe.

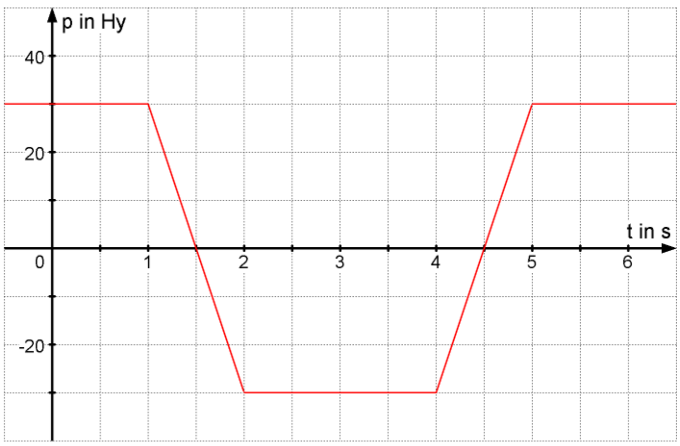
Lösung:



Bei einer Erhöhung von $m_{Gewicht}$ ist F_{zu} (der Impulszufluß in den Gleiter) stärker. Daher muss auch F_{ab} stärker werden um F_{zu} zu kompensieren. Dies ist aber erst bei höherer Grenzgeschwindigkeit der Fall (Diagramm 2).

Bei einer Vergrößerung der Styroporfläche nimmt k zu und damit F_{ab} zu. Damit ist bei gleicher Geschwindigkeit der Impulsabfluß stärker bzw. der alte Wert des Impulsabflusses wird bereits bei einer geringeren Grenzgeschwindigkeit erreicht. Eine geringere Grenzgeschwindigkeit wird (bei gleichem Zufluß) schon früher erreicht (Diagramm 3).

3a) Beschreibe anhand des gegebenen p-t-Diagramms den Bewegungsablauf des betreffenden Körpers



Lösung:

Bis zum Zeitpunkt t = 1 s bewegt sich der Körper mit konstanter Geschwindigkeit nach rechts. Von 1 s bis 1,5 s gibt er seinen Impuls p ab; von 1,5 s bis 2 s gibt er noch mal den Impuls p ab (Von 1s bis 2 s gibt er den doppellten Impuls ab). Er hat jetzt –p und bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit nach links und hat dabei betragsmäßig dieselbe Geschwindigkeit wie vorher. Zwischen 4s und 5 s wiederholt sich der Vorgang umgekehrt.

b) Ein Knetklumpen und ein (idealer) Ball gleicher Masse werden mit gleicher Geschwindigkeit gegen eine beweglich aufgehängte Wand geworfen.
In welchem Fall bewegt sich die Wand schneller? Begründe deine Antwort.

Lösung:

Der Knetklumpen gibt fast seinen ganzen Impuls p an die Wand ab. Knet und Wand bewegen sich damit und haben dann die Geschwindigkeit u.

Der Ball hat denselben Impuls wie der Knetklumpen. Da sich der Ball danach mit ungefähr der Geschwindigkeit –v nach links bewegt, hat er etwa das Doppelte seines Impulses an die Wand abgegeben. Da die Wand also mehr Impuls erhalten hat bewegt sie sich nun auch schneller.

4) Ein PkW ($m_{PkW} = m$; $v_{PkW} = 2 \cdot v$) fährt auf einen LkW ($m_{LkW} = 2 \cdot m$; $v_{LkW} = v$) von hinten vollkommen unelastisch auf. Beide bewegen sich nach rechts.

a) Berechne die Geschwindigkeit u nach der Kollision mit den gegeben Größen.

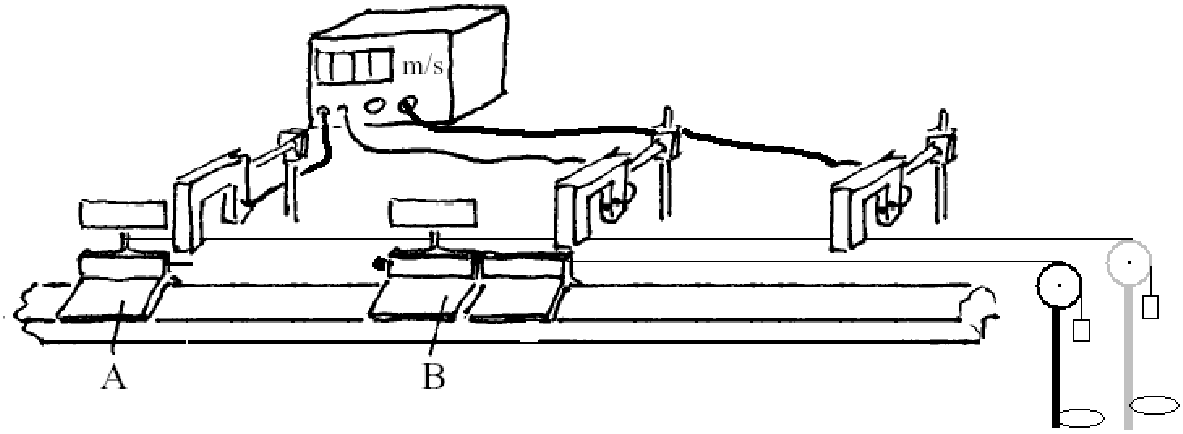
Lösung:

vorher: $p_{PkW} + p_{LkW} = m \cdot 2v + 2m \cdot v = 4mv$ *nachher:* $p_{PkW} + p_{LkW} = u \cdot (m + 2m) = u \cdot 3m$

Da diese Impulsbeträge gleich sind, gilt: $u \cdot 3m = 4 \cdot mv$ $\underline{\boldsymbol{u = 4/3 \cdot v}}$

b) Beschreibe Aufbau (Skizze) und Durchführung (Text) eines Experiments, mit dem man die Überlegungen aus a) durch Messungen überprüfen könnte.

Lösung:



Beide Fahrzeuge werden für eine gewisse Zeit t_B *vom gleichen Gewicht* $m_{Gewicht}$ *beschleunigt und erhalten dadurch den gleichen Impuls* $p = g \cdot m_{Gewicht} \cdot t_B$*. Es gilt also* $p_{PkW} = 2v \cdot m = v \cdot 2m = p_{LkW}$.

Die erste Lichtschranke misst die Zeit Δt_1 *daraus ergibt sich die Geschwindigkeit* $v = v_{PkW} = \Delta s/\Delta t_1$*, die zweite Lichtschranke misst* Δt_2 *daraus ergibt sich* $v_{LkW} = \Delta s/\Delta t_2$ *,die dritte Lichtschranke misst* Δt_3 *daraus ergibt sich die Geschwindigkeit* $u = \Delta s/\Delta t_3$.

c) Berechne die vom einen Fahrzeug abgegebene Impulsmenge Δp_1 und die vom anderen Fahrzeug aufgenommene Impulsmenge Δp_2 und begründe das Ergebnis.

Lösung:

$\Delta p_{PkW\,ab} = p_{vorher} - p_{nachher} = 2v \cdot m - u \cdot m = (2v - 4/3v) \cdot m = \underline{\boldsymbol{2/3mv}}$

$\Delta p_{LkW\,ab} = p_{nachher} - p_{vorher} = 4/3v \cdot 2m - v \cdot 2m = 1/3v \cdot 2m = \underline{\boldsymbol{2/3mv}}$

d) Berechne die Geschwindigkeit u für einen ebenfalls unelastischen Frontalzusammenstoß (PkW fährt nach rechts, LkW fährt nach links).

Lösung:

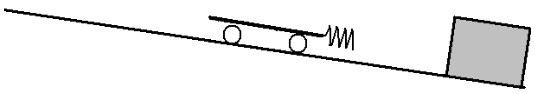
vorher: $p_{PkW} + p_{LkW} = 2v \cdot m + (-v \cdot 2m) = 0Hy$ *nachher:* $u \cdot (2m+m) = u \cdot 3m$ $\underline{\mathbf{u = 0\ m/s}}$

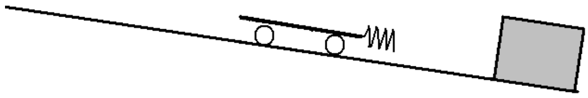
e) Berechne die Gefährdung der jeweiligen Fahrer (Kräfte auf unangeschnallte Personen) beim Frontalzusammenstoß und vergleiche sie.

$F_{PkW} = \Delta p_{PkW}/\Delta T = m_F \cdot 2v / \Delta t$ $F_{LkW} = \Delta p_{LkW}/ \Delta t = m_F \cdot v / \Delta t$ d.h. $F_{PkW} = 2 \cdot F_{LkW}$

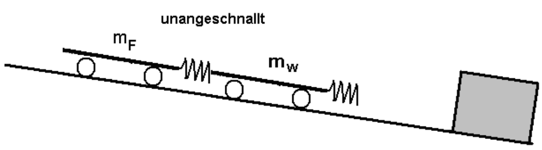
Der Fahrer im PkW ist doppelt so stark gefährdet wie der Fahrer im LkW

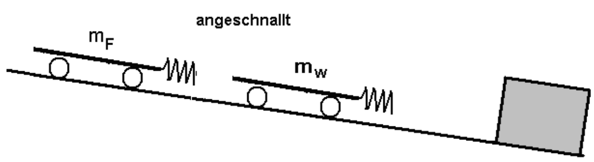
4a) Ein Fahrzeug fährt mit der Geschwindigkeit v_0 gegen ein festes Hindernis. Beschreibe die Vorgänge bei diesem Unfall anhand der beiden Skizze (der Fahrer ist jeweils noch entsprechend zu ergänzen) jeweils für den unangeschnallten und den angeschnallten Fahrer.



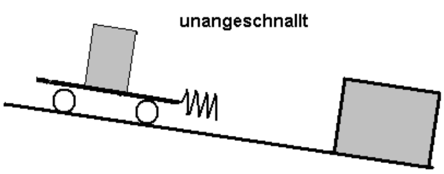


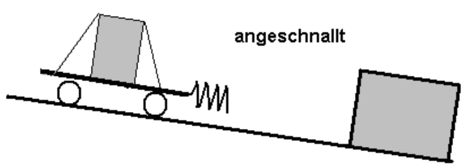
Lösung:





oder





Der Wagen wird während der Zeit t_1, in der sich die Knautschzone zusammendrückt, abgebremst. Aber der Fahrer bewegt sich Weiter bis er das Armaturenbrett erreicht und seinen Impuls in kurzer Zeit t_0 abgibt.

Währende der Zeit t_1, in der der Wagen abgebremst wird, gibt auch der Fahrer Impuls ab. Danach dehnt sich sein Gurt und in dieser Zeit t_2 gibt er den Rest seines Impulses ab.

b) v_0 = 50 km/h. Die Verformung der Knautschzone dauert 0,08 s. Der Fahrer hat eine Masse m = 70 kg. Welches Kraft würde der Fahrer bei diesem Unfall erfahren, wenn er nicht angeschnallt wäre?

Lösung: $F_{unangeschnallt} = \frac{p_{Fahrer}}{t_1} = \frac{70kg \cdot \frac{50}{3,6} \frac{m}{s}}{0,08s} = \frac{70 \cdot 13,88...Hy}{0,08s} = 12152,7...N$

c) Welcher Kraft würde der Fahrer mit angelegtem Sicherheitsgurt erfahren, wenn man annehmen kann, dass sich der Gurt beim Aufprall dehnt und dies 0,06 s dauert?

Lösung:

$$F_{angeschnallt} = \frac{p_{Fahrer}}{t_1 + t_2} = \frac{70kg \cdot \frac{50}{3,6}\frac{m}{s}}{0,08s + 0,06s} = \frac{70 \cdot 13,88...Hy}{0,14s} = 6944,4...N (57\%)$$