

Übung 18 Mechanik: Impuls und Bewegung Impulsströme und Kräfte

Lernziele

- die Impulsstromregel, welche den Zusammenhang zwischen der Impulsstromrichtung und der Zug- bzw. Druckerzeugung wiedergibt, in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- in konkreten Situationen geschlossene Impulsstromkreise erkennen können.
- die Zuordnungsregel, die den Zusammenhang zwischen Impulsströmen und Kräften wiedergibt, in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- in konkreten Situationen Wechselwirkungskräfte, d.h. Actio-Reactio-Kräftepaare erkennen können.
- den Zusammenhang zwischen der Impulsstromstärke und dem geflossenen Impuls verstehen und in konkreten Situationen anwenden können.

Aufgaben

Impulsstromrichtung Zug, Druck

1. Bestimmen Sie für die geschilderten Situationen (1) bis (4),
 - i) in welche Richtung der Impuls in den Armen fließt.
 - ii) ob die Arme auf Druck oder Zug beansprucht werden.

Eine Person beschleunigt einen Wagen

 - (1) in positiver Richtung, indem sie den Wagen zieht.
 - (2) in positiver Richtung, indem sie den Wagen schiebt.
 - (3) in negativer Richtung, indem sie den Wagen zieht.
 - (4) in negativer Richtung, indem sie den Wagen schiebt.
2. Ein Güterzug mit einer Lokomotive und zwei Wagen fährt auf einer geraden und flachen Strecke mit konstanter Geschwindigkeit in positiver Richtung.
 - a) Zeichnen Sie den Güterzug und alle Impulsströme.
 - b) Erläutern Sie, dass die Impulsströme gesamthaft in geschlossenen Impulsstromkreisen fließen.
3. Ein Bodybuilder hält mit beiden Händen einen gestreckten Expander.

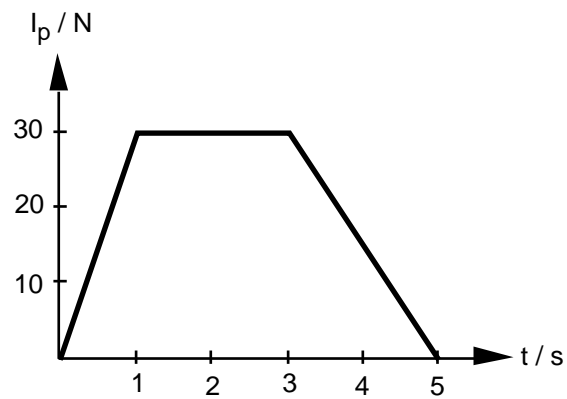
Beurteilen Sie, ob und in welche Richtung ein Impulsstrom durch den Expander fließt.

Impulsstromstärke Kraft

4. Ein Traktor zieht mit Hilfe eines Seiles eine Kiste auf einer horizontalen Strasse. Das Seil verlaufe dabei parallel zur Strasse.
 - a) Zeichnen Sie den Traktor, das Seil und die Kiste einzeln sowie alle an den drei Körpern horizontal wirkenden Kräfte.

Vernachlässigen Sie dabei die Rollreibung zwischen den Rädern des Traktors und dem Boden sowie den Luftwiderstand.
 - b) Welche Kräfte bilden ein Actio-Reactio-Paar?
5. Ein Fussballspieler beschleunigt einen ruhenden Ball der Masse 400 g auf die Geschwindigkeit 9.0 m/s. Der Fuss berührt den Ball während 0.10 s.
 - a) Bestimmen Sie die mittlere Stärke des Impulsstromes vom Fuss zum Ball.
 - b) Was geschieht mit dem Ball, während der Impuls übertragen wird?

6. Einem ruhenden Wagen der Masse 10 kg wird Impuls gemäss dem folgenden Impulsstrom-Zeit-Diagramm zugeführt:



- a) Erklären Sie, wie man mit Hilfe des Impulsstrom-Zeit-Diagrammes den im Wagen gespeicherten Impuls zu einem beliebigen Zeitpunkt bestimmen kann.
- b) Bestimmen Sie den Impuls des Wagens zu den folgenden Zeitpunkten:
i) $t = 1$ s ii) $t = 3$ s iii) $t = 5$ s
- c) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Wagens zu den in b) genannten Zeitpunkten.

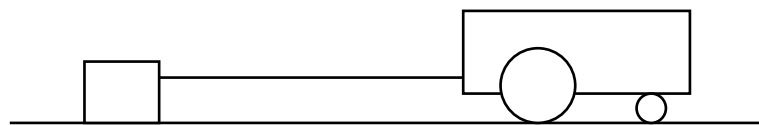
Lösungen

1. (1) (2) (3) (4)
 i) in negativer Richtung in positiver Richtung in negativer Richtung in positiver Richtung
 ii) Zug Druck Zug Druck

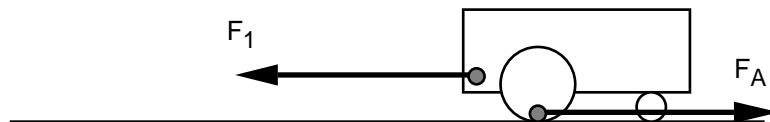
2. a) ...
 b) Impulsstromkreise: Erde - Lokomotive - Erster Wagen - Zweiter Wagen - Erde
 Erde - Lokomotive - Erster Wagen - Erde
 Erde - Lokomotive - Erde

3. Es fließt ein Impulsstrom in negativer Richtung durch den Expander.

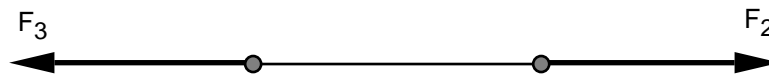
4. a)



Traktor:



Seil:



Kiste:



- b) (F_1, F_2) und (F_3, F_4)

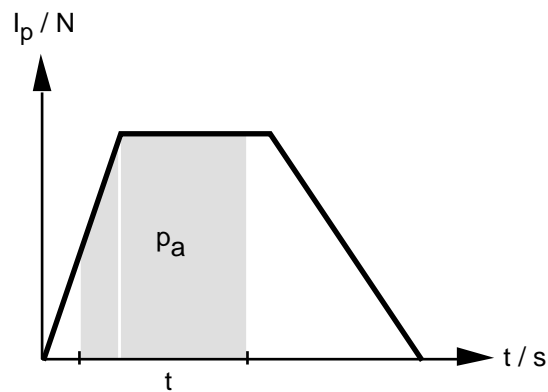
5. a) Der Ball nimmt in der Zeit $t = 0.10$ s den Impuls $p = m \cdot v = 0.4 \text{ kg} \cdot 9.0 \text{ m/s} = 3.6 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ auf. Die mittlere Impulsstromstärke I_{pm} beträgt also

$$I_{pm} = \frac{p}{t} = \frac{3.6 \text{ kg}\cdot\text{m/s}}{0.10 \text{ s}} = 36 \text{ N}$$

- b) Der Ball wird deformiert.

6. (siehe Seite 4)

6. a) Der in einer bestimmten Zeitspanne Δt in den Wagen fließende Impuls p_a ist gleich der Fläche im Impulsstrom-Zeit-Diagramm:



Ist der Impulsinhalt $p(t_0)$ zu einem bestimmten Zeitpunkt t_0 bekannt, so kann der Impulsinhalt $p(t)$ zu jedem anderen Zeitpunkt t bestimmt werden:

$$p(t) = p(t_0) + p_a$$

wobei p_a der in der Zeitspanne $\Delta t = t - t_0$ zugeflossene Impuls ist.

- b) i) $p(1) = p(0) + \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ N} \cdot 1 \text{ s} = 0 \text{ kg} \cdot \text{m/s} + 15 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 ii) $p(3) = p(1) + 30 \text{ N} \cdot 2 \text{ s} = 15 \text{ kg} \cdot \text{m/s} + 60 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 75 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 iii) $p(5) = p(3) + \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ N} \cdot 2 \text{ s} = 75 \text{ kg} \cdot \text{m/s} + 30 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 105 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- c) $p = mv \quad v = \frac{p}{m}$
 i) $v(1) = \frac{p(1)}{m} = \frac{15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{10 \text{ kg}} = 1.5 \text{ m/s}$
 ii) $v(3) = \frac{p(3)}{m} = \frac{75 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{10 \text{ kg}} = 7.5 \text{ m/s}$
 iii) $v(5) = \frac{p(5)}{m} = \frac{105 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{10 \text{ kg}} = 10.5 \text{ m/s}$