

Übung 18 Translations-Mechanik 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.

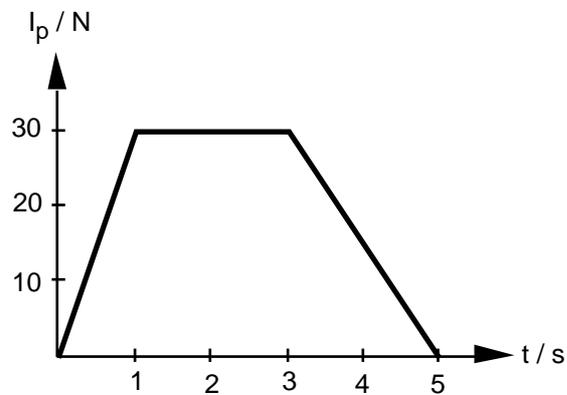
Impulsstrom Kraft

4. Ein Traktor zieht eine an einem Seil befestigte Kiste auf einer horizontalen Strasse. Das Seil verlaufe dabei parallel zur Strasse.
 - a) Erstellen Sie eine Skizze von Traktor, Seil und Kiste.
 - b) Zeichnen Sie alle Impulsströme ein, die
 - i) horizontal in den Traktor hinein bzw. aus dem Traktor heraus fließen.
 - ii) horizontal in die Kiste hinein bzw. aus der Kiste heraus fließen.

Wählen Sie dabei die Fahrtrichtung des Traktors als positive Richtung.
Berücksichtigen Sie auch Reibung und Luftwiderstand.
 - c) Zeichnen Sie die zu den Impulsströmen gehörigen Kräfte ein, welche an Traktor und Kiste angreifen.
 - d) Geben Sie an, welche Kräfte ein Actio-Reactio-Paar bilden.

5. Aufgabenbuch: 4.29

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



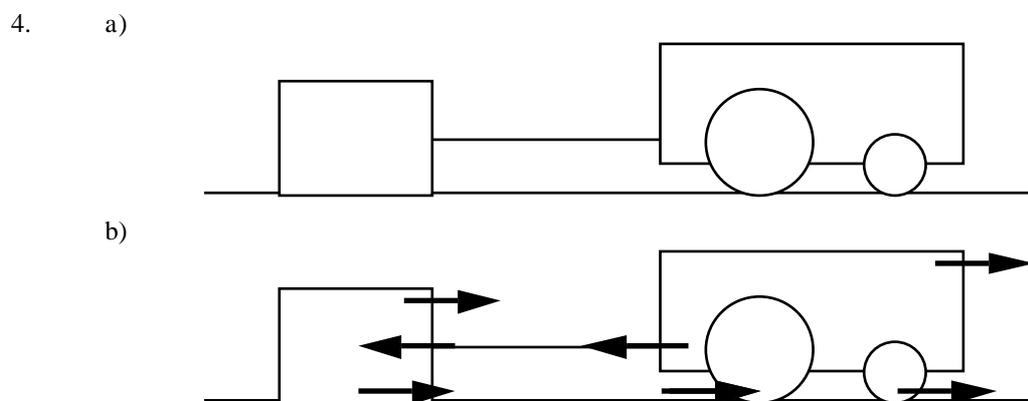
- Erklären Sie, wie man mit Hilfe des Impulsstrom-Zeit-Diagrammes bestimmen kann, wieviel Impuls in einer bestimmten Zeitspanne in den Wagen fliesst.
- Erklären Sie, wie man den im Wagen gespeicherten Impuls zu einem beliebigen Zeitpunkt bestimmen kann.
- Bestimmen Sie den Impuls des Wagens zu den folgenden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

Lösungen

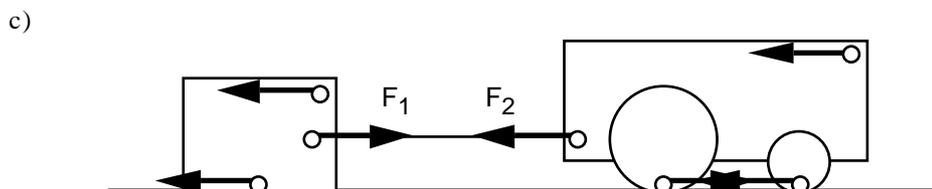
1. (1) (2) (3) (4)
 i) in negativer Richtung in positiver Richtung in negativer Richtung in positiver Richtung
 ii) Zug Druck Zug Druck

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.



Bem.:
 Alle Impulsstrompfeile wurden in dieser Abbildung gleich lang gezeichnet.
 Die Impulsstromstärken sind in Wirklichkeit jedoch unterschiedlich gross.



Bem.:
 Alle Kraftpfeile wurden in dieser Abbildung gleich lang gezeichnet.
 Die Kräfte sind in Wirklichkeit jedoch unterschiedlich gross.

- d) Nur die beiden Kräfte F_1 und F_2 bilden ein Actio-Reactio-Paar. Es gilt: $|F_2| = |F_1|$

5. Aufgabenbuch: 4.29

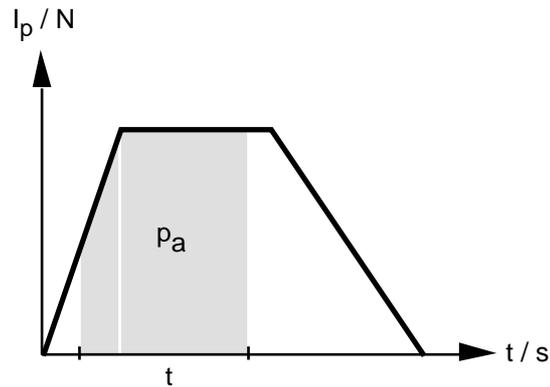
- a) Der Ball nimmt in der Zeitspanne $t = 0.12 \text{ s}$ den Impuls $p = m \cdot v = 0.43 \text{ kg} \cdot 9.4 \text{ m/s}$
 $= 4.0 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ auf.
 Die mittlere Impulsstromstärke $I_{p,\text{mittel}}$ beträgt also

$$I_{p,\text{mittel}} = \frac{p}{t} = \frac{4.0 \text{ kg}\cdot\text{m/s}}{0.12 \text{ s}} = 34 \text{ N}$$

 b) Der Ball wird deformiert und beschleunigt.

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:



- b) Es gilt die Impulsbilanz:
Der in einer bestimmten Zeitspanne Δt in den Wagen fließende Impuls p_a ist gleich der Änderung Δp des im Wagen gespeicherten Impulses.
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:

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

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

- c) i) $p(1\text{s}) = p(0\text{s}) + p_{01} = 0 \text{ kg}\cdot\text{m/s} + \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ N} \cdot 1 \text{ s} = 15 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
ii) $p(3\text{s}) = p(1\text{s}) + p_{13} = 15 \text{ kg}\cdot\text{m/s} + 30 \text{ N} \cdot 2 \text{ s} = 75 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
iii) $p(5\text{s}) = p(3\text{s}) + p_{35} = 75 \text{ kg}\cdot\text{m/s} + \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ N} \cdot 2 \text{ s} = 105 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$

- d) $p = mv \quad v = \frac{p}{m}$
i) $v(1\text{s}) = \frac{p(1\text{s})}{m} = \frac{15 \text{ kg}\cdot\text{m/s}}{10 \text{ kg}} = 1.5 \text{ m/s}$
ii) $v(3\text{s}) = \frac{p(3\text{s})}{m} = \frac{75 \text{ kg}\cdot\text{m/s}}{10 \text{ kg}} = 7.5 \text{ m/s}$
iii) $v(5\text{s}) = \frac{p(5\text{s})}{m} = \frac{105 \text{ kg}\cdot\text{m/s}}{10 \text{ kg}} = 10.5 \text{ m/s}$