

Übung 19 Translations-Mechanik Impulsbilanz

Lernziele

- das Impulsbilanzgesetz bzw. das Grundgesetz der Mechanik in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- in konkreten Situationen Wechselwirkungs-Kraftpaare, d.h. Actio-Reactio-Kraftpaare erkennen können.
- die drei Newton'schen Axiome in der Sprache der Impulsströme formulieren können.

Aufgaben

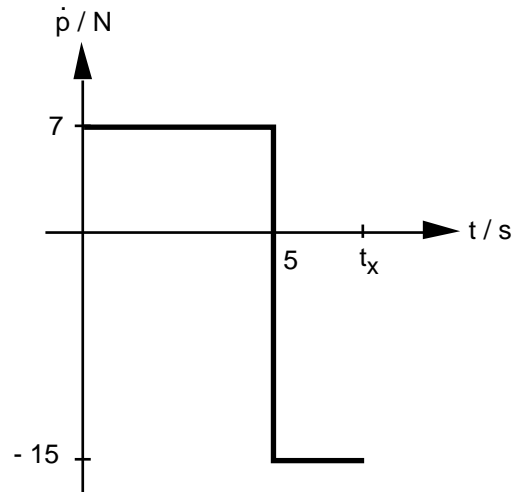
1. Die Summe aller Kräfte, die auf einen Körper wirken, sei Null.
Was lässt sich über den Bewegungszustand des Körpers sagen?
2. Ein Körper mit einer Masse von 2.0 kg ruht auf einer waagrechten Unterlage. Eine Kraft von 22 N, die 5.0 s lang parallel zur Unterlage wirkt, beschleunigt den Körper. Zwischen dem Körper und der Unterlage wirkt eine konstante Reibungskraft von 15 N. Wenn die beschleunigende Kraft nach den 5.0 s nicht mehr wirkt, kommt der Körper wegen der Reibung nach einiger Zeit wieder zum Stillstand.
 - a) Zeichnen Sie ein Impulsänderungsrate-Zeit-Diagramm für die ganze Zeitspanne, während welcher sich der Körper bewegt.
 - b) Bestimmen Sie aus dem in a) gezeichneten \dot{p} -t-Diagramm
 - i) die Geschwindigkeit des Körpers unmittelbar nach der Beschleunigungszeit.
 - ii) den Zeitpunkt, zu welchem der Körper wieder zum Stillstand kommt.
3. Eine Lokomotive der Masse 60 t zieht zwei Eisenbahnwagen. Der erste Wagen hat die Masse 16 t, der zweite die Masse 20 t. Die Beschleunigung des Zuges beträgt konstant 0.50 m/s^2 . Die Kupplung zwischen der Lokomotive und dem ersten Wagen wird mit 25 kN, jene zwischen dem ersten und dem zweiten Wagen mit 14 kN belastet.
 - a) Zeichnen Sie den Zug mit allen horizontal fließenden Impulsströmen und den dazugehörigen Kräften.
Berücksichtigen Sie dabei auch alle Reibungskräfte.
 - b) Listen Sie in einer Tabelle alle Kräfte auf, die an den drei Fahrzeugen in horizontaler Richtung angreifen.
Geben Sie für jede Kraft an, ob sie vorwärts, d.h. in Fahrtrichtung, oder rückwärts gerichtet ist.
 - c) Geben Sie alle Wechselwirkungs-Kraftpaare (Actio-Reactio-Paare) an.
 - d) Bestimmen Sie, wieviel Impuls der erste Wagen durch Reibung pro Sekunde verliert.
4. Der englische Physiker Isaac Newton (1643-1727) hat die folgenden drei Axiome formuliert:
 - (1) *"Jeder Körper beharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern."*
(Trägheitsprinzip)
 - (2) *"Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional ..."*
(Aktionsprinzip)
 - (3) *"Die Wirkung ist stets der Gegenwirkung gleich, oder die Wirkungen zweier Körper aufeinander sind stets gleich und von entgegengesetzter Richtung."*
(Wechselwirkungsprinzip)Übersetzen Sie diese drei Axiome in die "Impulsstromsprache".

Lösungen

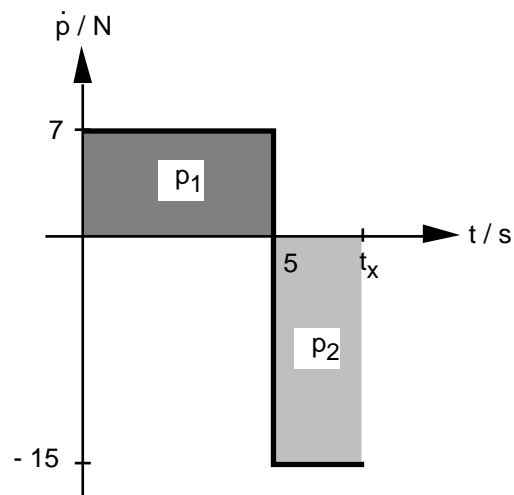
1. Die Summe aller Impulsströme, die in den Körper hinein oder aus ihm heraus fließen, ist gleich Null. Aus der Impulsbilanz folgt, dass dann auch die Impulsänderungsrate im Körper gleich Null ist. Der Impulsinhalt des Körpers bleibt also konstant.

Der Körper bleibt in Ruhe (falls er in Ruhe war) oder bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit weiter.

2. a)



- b)



- i) $v(5s) = v(0s) + \frac{p_1}{m}$
 $p_1 = m \cdot v$
 $p_1 = \text{Fläche im } \dot{p}\text{-t-Diagramm}$

$$v(5s) = v(0s) + \frac{p_1}{m} = 0 \text{ m/s} + \frac{7.0 \text{ N} \cdot 5.0 \text{ s}}{2.0 \text{ kg}} = 18 \text{ m/s}$$

- ii) $p_1 + p_2 = 0$
 $p_1 = 7.0 \text{ N} \cdot 5.0 \text{ s}$
 $p_2 = -15 \text{ N} \cdot (t_x - 5.0 \text{ s})$

$$t_x = 7.3 \text{ s}$$

3. (siehe Seite 3)

3. a)

...

Fahrzeug	Kraft	Kraftrichtung
Lokomotive	F_{RL}	Reibungskraft Räder (antreibend) - Boden
	F_{LL}	Luftwiderstandskraft
	F_1	Zugkraft Kupplung Lok - Wagen 1
Wagen 1	F_2	Zugkraft Kupplung Lok - Wagen 1
	F_{R1}	Rollreibungskraft Räder - Boden
	F_{L1}	Luftwiderstandskraft
	F_3	Zugkraft Kupplung Wagen 1 - Wagen 2
Wagen 2	F_4	Zugkraft Kupplung Wagen 1 - Wagen 2
	F_{R2}	Rollreibungskraft Räder - Boden
	F_{L2}	Luftwiderstandskraft

c) 2 Actio-Reactio-Paare:
(F_1, F_2) und (F_3, F_4). Es gilt: $|F_2| = |F_1|$ und $|F_4| = |F_3|$

d) Grundgesetz der Mechanik

$$F_2 - F_{R1} - F_{L1} - F_3 = m\dot{v}$$

$$F_{\text{Reibung}} = F_{R1} + F_{L1}$$

$$F_{\text{Reibung}} = F_2 - F_3 - m\dot{v} = 25 \text{ kN} - 14 \text{ kN} - (16 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 0.50 \text{ m/s}^2) = 3.0 \text{ kN}$$

4. (1) Der Impulsinhalt eines Körpers ändert sich nicht, wenn kein Impulsstrom in ihn hinein oder aus ihm heraus fließt.
- (2) Die Summe aller Impulsströme, die in einen Körper hinein oder aus ihm heraus fließen, ist gleich der Änderungsrate seines Impulsinhaltes und somit proportional zur Änderungsrate seiner Geschwindigkeit.
(Impulsbilanzgesetz)
- (3) Fließt ein Impulsstrom von einem Körper A zu einem Körper B, so ist der Impulsstrom, der aus dem Körper A heraus fließt, gleich gross wie der Impulsstrom, der in den Körper B hinein fließt.