

Übung 19 Mechanik: Impuls und Bewegung 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

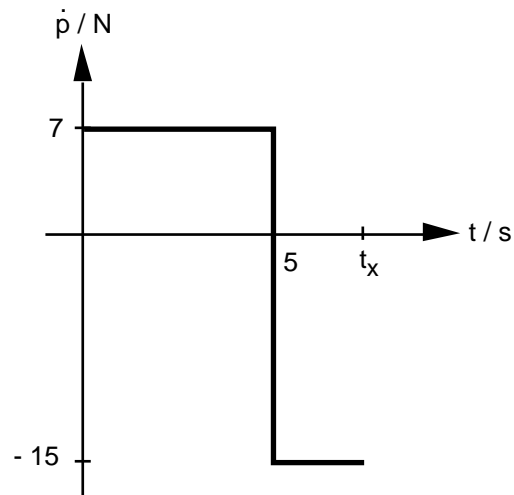
1. Die Summe aller Kräfte, die auf einen Körper wirken, sei Null.
Was lässt sich über den Bewegungszustand des Körpers sagen?
2. Ein Körper mit einer Masse von 2.0 kg ruht auf einer waagrechten Unterlage. Eine Kraft von 22 N, die 5.0 s lang parallel zur Unterlage wirkt, beschleunigt den Körper. Zwischen 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 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) Listen Sie alle Kräfte auf, die an den drei Fahrzeugen in horizontaler Richtung wirken. Berücksichtigen Sie dabei auch alle Reibungskräfte. Geben Sie für jede Kraft an, ob sie vorwärts, d.h. in Fahrtrichtung, oder rückwärts gerichtet ist.
 - b) Zeichnen Sie den Zug und alle an den drei Fahrzeugen angreifenden horizontalen Kräfte.
 - c) Geben Sie alle Wechselwirkungs-Kraftpaare (Actio-Reactio-Paare) an.
 - d) Bestimmen Sie die Summe aller Reibungskräfte, die am ersten Wagen angreifen.
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

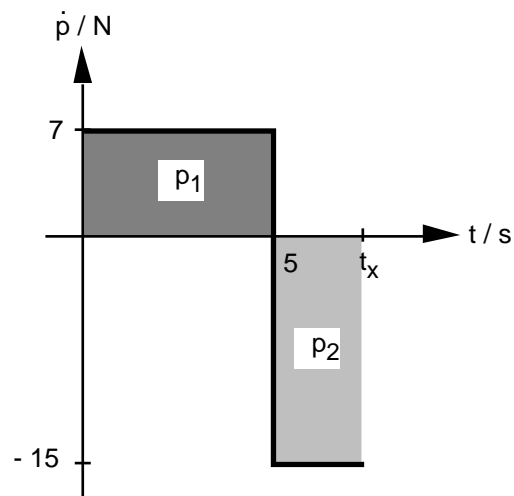
1. Die Summe aller Impulsströme, die in den Körper hinein oder aus ihm heraus fließen, ist gleich Null. Der Impulsinhalt des Körpers bleibt also konstant.

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

2. a)



- b)



- i) $v_5 = v_0 + \Delta v$
 $p_1 = m \cdot \Delta v$
 $p_1 = \text{Fläche im } \dot{p}\text{-t-Diagramm}$

$$v_5 = v_0 + \frac{p_1}{m} = 0 \text{ m/s} + \frac{7.0 \text{ N} \cdot 5.0 \text{ s}}{2.0 \text{ kg}} = 18 \text{ m/s}$$

- ii) Impulsbilanz für die ganze Zeitspanne $[0, t_x]$

$$\begin{aligned} p_1 + p_2 &= 0 \\ p_1 &= 7.0 \text{ N} \cdot 5.0 \text{ s} & t_x &= 7.3 \text{ s} \\ p_2 &= -15 \text{ N} \cdot (t_x - 5.0 \text{ s}) \end{aligned}$$

3. (siehe Seite 3)

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

b) ...

c) (F_1, F_2) mit $F_2 = -F_1$
 (F_3, F_4) mit $F_4 = -F_3$

d) $F_2 + F_{R1} + F_{L1} + F_3 = m\dot{v}$

$$F_{R1} + F_{L1} = m\dot{v} - F_2 - F_3 = 16 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 0.50 \text{ m/s}^2 - 25 \cdot 10^3 \text{ N} - (-14 \cdot 10^3 \text{ N})$$

$$= -3.0 \text{ kN}$$

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 (Impulsbilanzgesetz) und somit proportional zur Änderungsrate seiner Geschwindigkeit.
- (3) Fließt ein Impulsstrom aus einem Körper A in einen 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.