

## Übung 22                      Mechanik: Impuls und Bewegung Energie

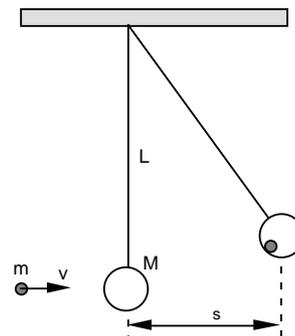
### Lernziele

- den Zusammenhang zwischen Energiestrom und Impulsstrom bei der Analyse und beim Lösen von konkreten Problemstellungen anwenden können.
- die Impuls- und Energieerhaltung in konkreten Problemstellungen anwenden können.

### Aufgaben

1. Beurteilen Sie mit Begründung, ob die folgende Aussage wahr oder falsch ist:  
"Ein Impulsstrom wird immer von einem Energiestrom begleitet."
2. Ein Traktor zieht einen Anhänger auf einer horizontalen Strasse mit einer konstanten Geschwindigkeit von 50 km/h. Durch die Anhängerkupplung fliesst ein Impulsstrom von 400 N.
  - a) Bestimmen Sie den Energiestrom vom Traktor zum Anhänger.
  - b) Bestimmen Sie, wieviel Energie in einer Minute in den Anhänger fließen.
  - c) Beschreiben Sie in Worten, was mit dem Impuls und der Energie geschieht, die zum Anhänger fließen.
3. Eine Person zieht mit einem Seil eine Kiste in die positive Richtung. Beschreiben Sie in einigen Sätzen, wo
  - **Impuls** fliesst und gespeichert wird.
  - **Energie** fliesst und gespeichert wird.Unterscheiden Sie dabei die folgenden drei Phasen:
  - a) Die Person zieht so, dass sich die Kiste auf Grund der Haftreibung noch nicht bewegt.
  - b) Die Person zieht so stark, dass sich die Kiste zu bewegen beginnt, wobei die Geschwindigkeit der Kiste dauernd zunimmt. Die Person bewegt sich dabei mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Kiste.
  - c) Die Person zieht etwas weniger stark, so dass sich die Kiste mit konstanter Geschwindigkeit weiter bewegt. Auch die Person bewegt sich weiterhin mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Kiste.
4. Ein Schlitten der Masse 60 kg startet aus der Ruhe von einem Hügel aus 20 m Höhe und erreicht den Fuss des Hügels mit einer Geschwindigkeit von 16 m/s.  
Bestimmen Sie, wieviel Energie durch Reibung in die Erzeugung von Wärme umgesetzt worden ist.

5. An einem Faden der Länge  $L = 1.443$  m ist ein Körper mit der Masse  $M = 1.225$  kg angehängt. Ein Geschoss der Masse  $m = 1$  g trifft mit der unbekanntenen Geschwindigkeit  $v$  zentral auf den Körper auf und bleibt in ihm stecken. Der Pendelkörper mit dem in ihm steckenden Geschoss wird schliesslich um  $s = 8.6$  cm ausgelenkt.



- a) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit  $v$  des Geschosses.
- b) Bestimmen Sie den prozentualen Anteil der anfänglichen kinetischen Energie des Geschosses, der durch das Eindringen und Steckenbleiben des Geschosses im Pendelkörper zur Produktion von Wärme umgesetzt wird.

Hinweise:

- Impuls- und Energieerhaltung
- Der ganze Vorgang kann in zwei Teilvorgänge aufgeteilt werden:  
Teilvorgang 1: Stoss Geschoss - Pendelkörper  
Teilvorgang 2: Ausschlagen des Pendelkörpers

## Lösungen

1.  $I_W = v I_P$   
Wenn die Geschwindigkeit  $v$  gleich Null ist, trägt der Impuls keine Energie mit sich.  
Die Aussage ist also falsch.
2. a)  $I_W = v I_P = \frac{50}{3.6} \text{ m/s} \cdot 400 \text{ N} = 5.56 \text{ kW}$   
b)  $W = I_W \cdot t = v I_P \cdot t = \frac{50}{3.6} \text{ m/s} \cdot 400 \text{ N} \cdot 60 \text{ s} = 333 \text{ kJ}$   
c) Der **Impuls** fliesst über die Räder zur Erde.  
Wegen der Reibung in den Lagern und zwischen den Reifen und dem Boden wird die **Energie** vom Impuls freigesetzt und zur Erzeugung von Wärme verwendet.
3. a) **Impuls**  
Erde Person Seil Kiste Erde  
Da die Geschwindigkeit von Person, Seil und Kiste Null bleibt, wird in keinem der drei Körper Impuls gespeichert. Der ganze Impulsstrom aus der Erde fliesst schliesslich wieder in die Erde zurück.  
**Energie**  
Der Impulsstrom trägt keinen Energiestrom mit sich, da die Geschwindigkeit aller Körper Null ist. Es fliesst also keine Energie.  
b) **Impuls**  
Erde Person Seil Kiste Erde  
Da die Geschwindigkeit von Person, Seil und Kiste zunimmt, wird in allen drei Körpern jeweils ein Teil des zufließenden Impulses gespeichert und der Rest an den nächsten Körper weitergegeben.  
**Energie**  
Person Seil Kiste ( Erde)  
Der Impuls, der von der Erde in die Person fliesst, trägt keine Energie mit sich, da die Geschwindigkeit der Erde Null ist. Die Person bindet jedoch Energie, die in den Muskeln gespeichert ist, an den Impuls und hebt so den Impulsstrom auf das Geschwindigkeitsniveau der Person.  
Mit dem Anteil des Impulses, den Person, Seil und Kiste jeweils speichern, wird auch ein entsprechender Anteil (kinetische) Energie in den drei Körpern gespeichert.  
Die Energie die der Impuls noch trägt, welcher von der Kiste in die Erde fliesst, wird vollständig freigesetzt und zur Erzeugung von Wärme verwendet. Ein Teil dieser Wärme und die mit sich geführte (Wärme-)energie fließen in die Erde.  
c) **Impuls**  
Erde Person Seil Kiste Erde  
Da die Geschwindigkeit von Person, Seil und Kiste konstant bleibt, verändert sich die Menge des gespeicherten Impulses in den drei Körpern nicht. Der ganze Impulsstrom aus der Erde fliesst also schliesslich wieder in die Erde zurück.  
**Energie**  
Person Seil Kiste ( Erde)  
Der Impuls, der von der Erde in die Person fliesst, trägt weiterhin keine Energie mit sich, da die Geschwindigkeit der Erde Null ist. Die Person bindet jedoch immer noch Energie an den Impulsstrom. Diese Energie fliesst mit dem Impuls bis in die Kiste.  
Die Energie die der Impuls noch trägt, welcher von der Kiste in die Erde fliesst, wird vollständig freigesetzt und zur Erzeugung von Wärme verwendet. Ein Teil dieser Wärme und die mit sich geführte (Wärme-)energie fließen in die Erde.

4. Energieerhaltung

$$E_{\text{pot1}} + E_{\text{kin1}} = E_{\text{pot2}} + E_{\text{kin2}} + E_{\text{Wärme}}$$

$$E_{\text{pot1}} = mgh$$

$$E_{\text{kin1}} = 0$$

$$E_{\text{pot2}} = 0$$

$$E_{\text{kin2}} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$E_{\text{Wärme}} = m \left( gh - \frac{1}{2} v^2 \right) = 60 \text{ kg} \left( 9.81 \text{ N/kg} \cdot 20 \text{ m} - \frac{1}{2} (16 \text{ m/s})^2 \right) = 4.09 \text{ kJ}$$

5. Impulserhaltung im Teilvorgang 1

$$p_G = p_{PG}$$

$$p_G = mv$$

$$p_{PG} = (M+m)v'$$

Energieerhaltung im Teilvorgang 1

$$E_{\text{kinG}} = E_{\text{kinPG}} + E_{\text{Wärme}}$$

$$E_{\text{kinG}} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$E_{\text{kinPG}} = \frac{1}{2} (M+m)v'^2$$

Energieerhaltung im Teilvorgang 2

$$E_{\text{kinPG}} = E_{\text{potPG}}$$

$$E_{\text{potPG}} = (M+m)gh$$

Pythagoras

$$(L-h)^2 + (s)^2 = L^2$$

Prozentualer Anteil "verlorener" Energie

$$\frac{r}{100} = \frac{E_{\text{Wärme}}}{E_{\text{kinG}}}$$

Auflösen des Gleichungssystems ergibt:  $v = \frac{M+m}{m} \sqrt{2g(L - \sqrt{L^2 - (s)^2})} = 275 \text{ m/s}$

$$\frac{r}{100} = \frac{M}{M+m} = 99.92 \%$$

Unbekannte      Bekannte

$p_G$                        $m$

$p_{PG}$                       $M$

$v$                                $g$

$v'$                               $L$

$E_{\text{kinG}}$                      $s$

$E_{\text{kinPG}}$

$E_{\text{Wärme}}$

$E_{\text{potPG}}$

$h$

$r$