

## Aufgaben 3

## Mechanik Energie, Kinetische Energie, Potentielle Energie, Energiebilanz

### Lernziele

- den Impuls als Energieträger verstehen.
- den Zusammenhang zwischen dem Impulsstrom und dem Energiestrom bei der Analyse und beim Lösen von konkreten Problemstellungen anwenden können.
- den mathematischen Ausdruck für die in einem Körper mit dem Impuls gespeicherte kinetische Energie anwenden können.
- den mathematischen Ausdruck für die in einem Körper gespeicherte potentielle Energie kennen, verstehen und anwenden können.
- die Impuls- und Energiebilanz in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse erarbeiten können.

### Aufgaben

3.1 Studieren Sie im Lehrbuch KPK 4 die folgenden Abschnitte:

- 5.1 Was ist Energie? (Seite 52)
- 5.2 Der Impuls als Energieträger (Seite 53)

Hinweise:

- Im Lehrbuch KPK 4 wird für die **Energie** das Formelzeichen E verwendet. In der Physik wird die Energie jedoch häufig auch mit W bezeichnet, um Verwechslungen mit anderen Grössen zu vermeiden. Wir werden im Unterricht deshalb die Energie mit W bezeichnen.
- Im Lehrbuch KPK 4 wird für die **Energiestromstärke** das Formelzeichen P verwendet. Dies hat den Nachteil, dass man so eine Energiestromstärke nicht von einer Leistung unterscheiden kann, für welche auch das Formelzeichen P verwendet wird. Wir werden im Unterricht deshalb die Energiestromstärke mit  $I_W$  bezeichnen.
- Im Lehrbuch KPK 4 wird für die **Impulsstromstärke** das Formelzeichen F verwendet, also das gleiche Formelzeichen wie für die Kraft. Das kann so begründet werden, dass eine Kraft ja eine Impulsstromstärke bezüglich eines Körpers ist. Andererseits wird so nicht klar zwischen einer Impulsstromstärke und einer Kraft unterschieden. Wir werden im Unterricht deshalb die Impulsstromstärke mit  $I_p$  bezeichnen.

3.2 Beschreiben Sie, was mit der Energie in den folgenden Vorgängen passiert.

- Wie fließt die Energie?
  - Wo ist die Energie gespeichert?
  - Wo wird Energie dissipiert?
- a) Ein Gleiter bewegt sich reibungsfrei auf einer Luftkissenbahn.
  - b) Eine Münze gleitet über eine Tischplatte.
  - c) Ein Auto mit Vorderradantrieb setzt sich auf einer Strasse in Bewegung.
  - d) Ein Autobus bremst bei einer Haltestelle.
  - e) Eine Stahlkugel stösst vollkommen elastisch und zentral auf eine gleiche ruhende Kugel.
  - f) Eine Stahlkugel stösst teilweise elastisch und zentral auf eine gleiche ruhende Kugel.
  - g) Ein Stein fällt von einer Brücke.
  - h) Eine Person wirft einen Stein nach oben.

3.3 Ein Hochgeschwindigkeitszug der Masse 400 t wird in 60 s von 40 m/s auf 50 m/s beschleunigt.

Bestimmen Sie, um wieviel die im Zug gespeicherte kinetische Energie dabei zunimmt.

- 3.4 Ein Auto fährt mit der Geschwindigkeit  $v_1$  und wird um  $\Delta v$  auf die höhere Geschwindigkeit  $v_2$  beschleunigt, d.h.  $v_2 = v_1 + \Delta v$ .  
Jemand behauptet:  
"Beim Beschleunigen hängt die Zunahme der im Auto gespeicherten kinetischen Energie nur von der Masse  $m$  des Autos und von der Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta v$  ab.  
Wenn das Auto also z.B. von 0 km/h auf 30 km/h beschleunigt, nimmt die kinetische Energie um gleich viel zu wie bei einer Beschleunigung von 50 km/h auf 80 km/h oder von 100 km/h auf 130 km/h. Nur die Geschwindigkeitsdifferenz von 30 km/h ist entscheidend."  
Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob diese Behauptung wahr ist oder nicht.
- 3.5 Ein Schlitten der Masse  $m = 60$  kg startet aus der Ruhe von einem Hügel der Höhe  $h = 20$  m und erreicht den Fuss des Hügels mit einer Geschwindigkeit von  $v = 10$  m/s.  
Beim Heruntergleiten verliert der Schlitten potentielle Energie.  
Bestimmen Sie den prozentualen Anteil dieser potentiellen Energie, welche wegen Reibung dissipiert, d.h. zur Erzeugung von Wärme umgesetzt wird.  
Hinweise:  
- Lösen Sie die Aufgabe zunächst allgemein algebraisch, d.h. ohne Verwendung von konkreten Zahlenwerten.  
- Setzen Sie erst im algebraischen Schlussresultat die Zahlenwerte ein.
- 3.6 Eine Pistolenkugel der Masse  $m_K = 10$  g trifft mit der Geschwindigkeit  $v_K = 500$  m/s auf einen an einem Seil der Länge  $l = 4.0$  m aufgehängten Sandsack der Masse  $m_S = 50$  kg, bohrt sich in den Sandsack hinein und bleibt in ihm stecken. Nach dem Einschlag pendelt der Sack am Seil hin und her.
- Skizzieren Sie die folgenden drei Situationen A, B und C:  
A Pistolenkugel und Sandsack kurz vor dem Aufprall  
B Pistolenkugel und Sandsack kurz nach dem Aufprall  
C Pistolenkugel und Sandsack am Umkehrpunkt der Pendelbewegung
  - Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Sackes kurz nach dem Aufprall der Pistolenkugel.
  - Vergleichen Sie die kinetische Energie der Pistolenkugel vor dem Aufprall mit der kinetischen Energie von Pistolenkugel und Sandsack zusammen kurz nach dem Aufprall.  
Wieviel Prozent der kinetischen Energie ist verloren gegangen?  
Wo steckt diese Energie nun?
  - Bestimmen Sie den Winkel, um welchen der Sandsack nach dem Aufprall ausschwingt.
- Hinweise:  
- Wenden Sie für die Übergänge  $A \rightarrow B$  und  $B \rightarrow C$  die Impuls- und/oder die Energiebilanz an.  
- Vernachlässigen Sie Reibungsverluste durch die Aufhängung des Sandsackes und den Luftwiderstand.  
- Lösen Sie die Aufgaben zunächst allgemein algebraisch, d.h. ohne Verwendung von konkreten Zahlenwerten.  
- Setzen Sie erst in den algebraischen Schlussresultaten die Zahlenwerte ein.

**Lösungen**

3.1 ...

- 3.2
- a) Die Energie ist im Gleiter gespeichert. Es fließt keine Energie.
  - b) Die in der Münze gespeicherte Energie wird wegen der Reibung dissipiert, bis die Münze still steht.
  - c) Die vom Motor kommende Energie wird im Auto gespeichert. Davon wird ein kleiner Teil über die Luft und die hinteren Räder dissipiert.
  - d) Die im Bus gespeicherte Energie wird in den Bremsen dissipiert.
  - e) Die Energie der bewegten Kugel fließt während des Stossvorganges vollständig in die ruhende Kugel. Es wird keine Energie dissipiert, falls man die Reibung an der Unterlage vernachlässigt.
  - f) Ein Teil der Energie der stossenden Kugel fließt in die ruhende Kugel. Ein weiterer Teil wird während des Stossvorganges dissipiert. Dabei erwärmen sich die Kugeln leicht. Der Rest der Energie verbleibt in der stossenden Kugel.
  - g) Die Energie fließt vom Gravitationsfeld in den Stein und wird dort gespeichert.
  - h) Die im Stein gespeicherte Energie fließt in das Gravitationsfeld, bis der Stein den höchsten Punkt erreicht hat. Dann fließt wieder Energie vom Gravitationsfeld in den Stein und wird dort gespeichert.

3.3

$$\Delta W_{\text{kin}} = W_{\text{kin}2} - W_{\text{kin}1}$$

$$W_{\text{kin}1} = \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$W_{\text{kin}2} = \frac{1}{2} m v_2^2$$

-----

$$\Rightarrow \Delta W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot ((50 \text{ m/s})^2 - (40 \text{ m/s})^2) = 1.8 \cdot 10^8 \text{ J}$$

3.4

$$\Delta W_{\text{kin}} = W_{\text{kin}2} - W_{\text{kin}1}$$

$$W_{\text{kin}1} = \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$W_{\text{kin}2} = \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$v_2 = v_1 + \Delta v$$

-----

$$\Rightarrow \Delta W_{\text{kin}} = m \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta v$$

$\Delta W_{\text{kin}}$  hängt nicht nur von der Masse  $m$  und der Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta v$  ab sondern auch vom arithmetischen Mittel von Anfangs- und Endgeschwindigkeit.

3.5 Im folgenden Gleichungssystem bezieht sich der Index 1 auf den obersten Punkt des Hügels und der Index 2 auf den Fuss des Hügels:

	Unbekannte:	Bekannte:
$W_{G1} + W_{\text{kin}1} = W_{G2} + W_{\text{kin}2} + W_{\text{diss}}$	$W_{G1}$	$W_{\text{kin}1} = 0 \text{ J}$
$W_{G1} = mgh$	$W_{\text{kin}2}$	$W_{G2} = 0 \text{ J}$
$W_{\text{kin}2} = \frac{1}{2} m v^2$	$W_{\text{diss}}$	$m = 60 \text{ kg}$
$x = \frac{W_{\text{diss}}}{W_{G1}}$	$x$	$g \approx 10 \text{ m/s}^2$
		$h = 20 \text{ m}$
		$v = 10 \text{ m/s}$

-----

$$\Rightarrow x = 1 - \frac{v^2}{2gh} \approx \frac{3}{4} = 75 \%$$

3.6 a) ...

b) Impulsbilanz A → B  
$$v' = \frac{m_K}{m_K + m_S} v_K = 0.10 \text{ m/s}$$

c) 
$$\frac{\Delta W_{\text{kin}}}{W_{\text{kin}}} = \frac{m_K}{m_K + m_S} - 1 = -0.9998... \text{ (ungerundet)}$$

Über 99.9% der kinetischen Energie wird dissipiert, d.h. in die Produktion von Wärme investiert.

d) Energiebilanz B → C  
$$\cos(\varphi) = 1 - \frac{1}{2g'l} \left( \frac{m_K}{m_K + m_S} v_K \right)^2$$
$$\varphi = 0.91^\circ$$