

Aufgaben 3 Translations-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 Energieerhaltung in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse erarbeiten können.

Aufgaben

- 3.1 Beschreiben Sie, was mit der Energie in den folgenden Vorgängen passiert.
- Wie fließt die Energie?
 - Wo ist die Energie gespeichert?
 - Wo wird Energie dissipiert?
- Ein Gleiter bewegt sich reibungsfrei auf einer Luftkissenbahn.
 - Eine Münze gleitet über eine Tischplatte.
 - Ein Auto mit Vorderradantrieb setzt sich auf einer Strasse in Bewegung.
 - Ein Autobus bremst bei einer Haltestelle.
 - Eine Stahlkugel stößt vollkommen elastisch und zentral auf eine gleiche ruhende Kugel.
 - Eine Stahlkugel stößt teilweise elastisch und zentral auf eine gleiche ruhende Kugel.
 - Ein Stein fällt von einer Brücke.
 - Eine Person wirft einen Stein nach oben.
- 3.2 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.
- 3.3 Ein Auto fährt mit der Geschwindigkeit v_1 und wird um Δv 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 Δv 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.

- 3.4 Ein Schlitten der Masse $m = 60 \text{ kg}$ startet aus der Ruhe von einem Hügel der Höhe $h = 20 \text{ m}$ und erreicht den Fuss des Hügels mit einer Geschwindigkeit von $v = 10 \text{ m/s}$.

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.

- 3.5 Einem Körper der Masse m , der sich auf der Höhe h befindet (bezüglich eines willkürlich festgelegten Nullniveaus $h = 0$), wird eine potentielle Energie W_G zugeordnet (vgl. Unterricht):

$$W_G = mgh \quad (*)$$

Prüfen Sie die Beziehung (*) mit Hilfe der folgenden Betrachtung nach:

Ein Körper wird aus der Höhe h aus der Ruhe fallengelassen. Vernachlässigt man den Luftwiderstand, so gilt nach der Energieerhaltung, dass die kinetische Energie des Körpers auf der Höhe $h = 0$ gleich gross ist wie die potentielle Energie des Körpers auf der Ausgangshöhe h .

- 3.6 Eine Pistolenkugel der Masse $m_K = 10 \text{ g}$ bohrt sich mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_K = 500 \text{ m/s}$ in einen an einem Seil der Länge $l = 4.0 \text{ m}$ aufgehängten Sandsack der Masse $m_S = 50 \text{ kg}$ und bleibt im Sandsack stecken. Nach dem Einschlag pendelt der Sack am Seil hin und her.

- a) Skizzieren Sie die folgenden drei Situationen:
 - i) Pistolenkugel und Sandsack kurz vor dem Aufprall
 - ii) Pistolenkugel und Sandsack kurz nach dem Aufprall
 - iii) Pistolenkugel und Sandsack am Umkehrpunkt der Pendelbewegung
- b) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Sackes kurz nach dem Aufprall der Pistolenkugel.
- c) 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?
- d) Bestimmen Sie den Winkel, um welchen der Sandsack nach dem Aufprall ausschwingt.

Hinweise:

- 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.

- 3.7 Studieren Sie in der Mechanik-Vorlesung der Universität Karlsruhe (kopiertes Blatt) den Abschnitt 5.1, in welchem der Zusammenhang zwischen der Energiestromstärke I_W , der Impulsstromstärke I_p und der Geschwindigkeit v erklärt wird.

Hinweis:

- Im Text wird die Energiestromstärke mit P statt mit I_W bezeichnet.

Lösungen

- 3.1 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) Die Energie der stossenden Kugel fließt nur teilweise in die ruhende Kugel. Der restliche Anteil wird während des Stossvorganges dissipiert. Dabei erwärmen sich die Kugeln leicht.
 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.

3.2 $\Delta W_{\text{kin}} = 1.8 \cdot 10^8 \text{ J}$

3.3 $\Delta W_{\text{kin}} = W_{\text{kin}2} - W_{\text{kin}1}$
 $W_{\text{kin}1} = \frac{1}{2} m v_1^2$
 $W_{\text{kin}2} = \frac{1}{2} m v_2^2$
 $v_2 = v_1 + \Delta v$

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

ΔW_{kin} hängt nicht nur von der Masse m und der Geschwindigkeitsdifferenz Δv ab sondern auch vom arithmetischen Mittel von Anfangs- und Endgeschwindigkeit.

- 3.4 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:
$W_{G1} + W_{\text{kin}1} = W_{G2} + W_{\text{kin}2} + W_{\text{th}}$	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_{th}	$m = 60 \text{ kg}$
$x = \frac{W_{\text{th}}}{W_{G1}}$	x	$g \approx 10 \text{ m/s}^2$
		$h = 20 \text{ m}$
		$v = 10 \text{ m/s}$

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

3.5 $W_G(h) = W_{\text{kin}(h=0)}$
 $W_{\text{kin}(h=0)} = \frac{1}{2} m v^2$
 $v = gt$
 $h = \frac{1}{2} g t^2$

 $\Rightarrow W_G(h) = mgh$

3.6 a) ...

b) Impulserhaltung
$$v' = \frac{m_K}{m_K + m_S} v_K \approx \frac{m_K}{m_S} v_K = 0.10 \text{ m/s}$$

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

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

d) Energieerhaltung
$$\cos(\varphi) = 1 - \frac{1}{2gl} \left(\frac{m_K}{m_K + m_S} v_K \right)^2$$
$$\varphi \approx 0.9^\circ$$

3.7 ...