

/ 3

3

Begründe deine Antworten jeweils mit der Formel für die Bewegungsenergie.

- a) Eine Radfahrerin beschleunigt von 10 km/h auf 30 km/h. Wie ändert sich ihre Bewegungsenergie?

- b) Ein Lkw hat die 20-fache Masse eines Pkw, fährt aber nur halb so schnell. Vergleiche die Bewegungsenergien der beiden Fahrzeuge.

____ / 4

4

Bei Unfallversuchen vergleicht man einen Aufprall gern mit einem freien Fall. Ein Kleintransporter ($m = 1600 \text{ kg}$) fällt aus $7,2 \text{ m}$ Höhe auf den Boden.

- a) Berechne seine Lageenergie zu Beginn des Falls.

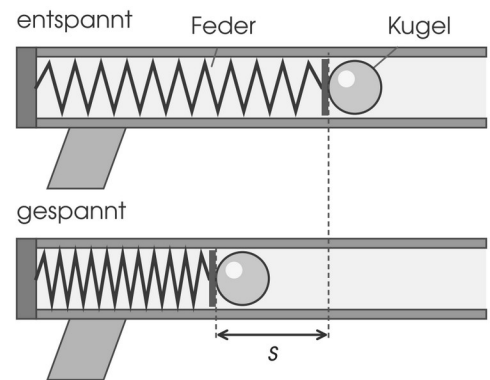
- b) Berechne, mit welcher Geschwindigkeit er auf dem Boden aufprallt. Gib das Ergebnis in m/s und in km/h an.

- c) Aus welcher Höhe müsste er fallen, um mit doppelter Geschwindigkeit aufzuprallen? Begründe.

____ / 6

5) Federkanone

Bei einer Spielzeug-Federkanone wird die Feder (Federkonstante $D = 80 \text{ N/m}$) beim Spannen um $s = 5,0 \text{ cm}$ zusammengedrückt. Beim Auslösen gibt sie ihre gesamte Spannenergie an eine Kugel der Masse $m = 5,0 \text{ g}$ ab.



- a) Berechne die Spannenergie der gespannten Feder.

- b) Berechne die Geschwindigkeit, mit der die Kugel die Kanone verlässt.

- c) Die Kanone wird senkrecht nach oben gerichtet. Berechne, wie hoch die Kugel höchstens steigt.

____ / 7

6 Wirkungsgrad

- a) Ein Notstromaggregat erhält durch den Dieseldieselkraftstoff 45 MJ chemische Energie. Davon werden 27 MJ als Wärme an die Umgebung abgegeben und sind nicht nutzbar. Berechne den Wirkungsgrad.

- b) Der Elektromotor eines Bauaufzugs hebt eine Palette Ziegel ($m = 800 \text{ kg}$) um 15 m an. Er nimmt dabei 160 kJ elektrische Energie auf. Berechne den Wirkungsgrad und gib an, wo die übrige Energie bleibt.

____ / 6

7

Ein Auto prallt mit 54 km/h gegen eine Mauer und steht fast sofort still. Der Oberkörper ($m = 36 \text{ kg}$) des nicht angeschnallten Fahrers bewegt sich mit 54 km/h weiter, bis er auf das Lenkrad trifft.

- a) Berechne die Bewegungsenergie des Oberkörpers.

- b) Das Lenkrad gibt beim Aufprall 15 cm nach. Dabei wird die gesamte Bewegungsenergie in Verformungsarbeit umgewandelt ($W = F \cdot s$). Berechne die mittlere Kraft auf den Oberkörper und vergleiche sie mit seiner Gewichtskraft.

- c) Mit Sicherheitsgurt und Airbag wird der Oberkörper auf einem Weg von 45 cm abgebremst. Berechne die mittlere Kraft und erkläre, warum Gurt und Airbag schützen.

Lösung: Physikarbeit Klasse 9

Insgesamt sind 38 Punkte erreichbar, halbe Punkte sind möglich.

Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	Note 5	Note 6
38–34,5 P.	34–30,5 P.	30–25 P.	24,5–19 P.	18,5–11,5 P.	11–0 P.

1 Energiewandlung

Gib für jeden Vorgang an, welche Energieform in welche umgewandelt wird. Schreibe die Umwandlung als Kette mit Pfeilen (→).

Vorgang	Energieumwandlung
<i>Beispiel: Ein Wasserrad wird vom Bach gedreht.</i>	<i>Bewegungsenergie des Wassers → Bewegungsenergie des Rades</i>
a) Ein Gaskocher erhitzt Wasser für einen Tee.	chemische Energie (Gas) → thermische Energie (Wärme) des Wassers; dazu etwas Licht und Wärme an die Umgebung
b) Ein Kind springt auf einem Trampolin. Das gespannte Sprungtuch schleudert es nach oben.	Spannenergie (Sprungtuch, Federn) → Bewegungsenergie → Lageenergie (am höchsten Punkt)
c) Beim Radfahren betreibt ein Dynamo die Fahrradlampe.	Bewegungsenergie (Rad) → elektrische Energie → Lichtenergie (Strahlung); dazu thermische Energie (Wärme)

6 / 6

2 Lageenergie

Auf einem Balkon steht ein Blumenkasten. Ein zweiter Blumenkasten hat die dreifache Masse, steht aber auf einer Fensterbank, die nur halb so hoch über dem Erdboden liegt wie der Balkon.

Wie viel Lageenergie hat der zweite Blumenkasten im Vergleich zum ersten (Nullniveau: Erdboden)? Begründe mit der Formel für die Lageenergie.

erster Kasten: $E_{\text{pot},1} = m \cdot g \cdot h$

zweiter Kasten: $E_{\text{pot},2} = (3 \cdot m) \cdot g \cdot h/2 = 3/2 \cdot m \cdot g \cdot h = 1,5 \cdot E_{\text{pot},1}$

Der zweite Blumenkasten hat das 1,5-Fache der Lageenergie des ersten.

3 / 3

3 Bewegungsenergie

Begründe deine Antworten jeweils mit der Formel für die Bewegungsenergie.

- a) Eine Radfahrerin beschleunigt von 10 km/h auf 30 km/h. Wie ändert sich ihre Bewegungsenergie?

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2; \text{ die Geschwindigkeit wird verdreifacht:}$$

$$E_{\text{kin,neu}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (3v)^2 = 9 \cdot \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Die Bewegungsenergie wird 9-mal so groß.

- b) Ein Lkw hat die 20-fache Masse eines Pkw, fährt aber nur halb so schnell. Vergleiche die Bewegungsenergien der beiden Fahrzeuge.

$$E_{\text{kin,Lkw}} = \frac{1}{2} \cdot (20 \cdot m) \cdot (v/2)^2 = 20/4 \cdot \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 5 \cdot E_{\text{kin,Pkw}}$$

Der Lkw hat die 5-fache Bewegungsenergie des Pkw.

4 / 4

4 Aufprall wie ein Sturz

Bei Unfallversuchen vergleicht man einen Aufprall gern mit einem freien Fall. Ein Kleintransporter ($m = 1600 \text{ kg}$) fällt aus 7,2 m Höhe auf den Boden.

- a) Berechne seine Lageenergie zu Beginn des Falls.

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 1600 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 7,2 \text{ m}$$

$$E_{\text{pot}} = 115\,200 \text{ J} = 115,2 \text{ kJ}$$

- b) Berechne, mit welcher Geschwindigkeit er auf dem Boden aufprallt. Gib das Ergebnis in m/s und in km/h an.

$$\text{Energieerhaltung: } E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 7,2} \text{ m/s} = \sqrt{144} \text{ m/s} = 12 \text{ m/s}$$

$$12 \text{ m/s} \cdot 3,6 = 43,2 \text{ km/h}$$

Er prallt mit 12 m/s (43,2 km/h) auf.

- c) Aus welcher Höhe müsste er fallen, um mit doppelter Geschwindigkeit aufzuprallen? Begründe.

Doppelte Geschwindigkeit bedeutet 4-fache Bewegungsenergie ($E_{\text{kin}} \sim v^2$).

Dafür braucht er die 4-fache Lageenergie, also die 4-fache Höhe ($E_{\text{pot}} \sim h$).

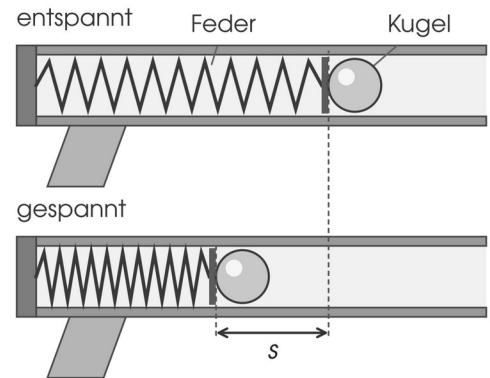
$$h = 4 \cdot 7,2 \text{ m} = 28,8 \text{ m} \quad (\text{Probe: } v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 28,8} \text{ m/s} = \sqrt{576} \text{ m/s} = 24 \text{ m/s})$$

Er müsste aus 28,8 m Höhe fallen.

6 / 6

5 Federkanone

Bei einer Spielzeug-Federkanone wird die Feder (Federkonstante $D = 80 \text{ N/m}$) beim Spannen um $s = 5,0 \text{ cm}$ zusammengedrückt. Beim Auslösen gibt sie ihre gesamte Spannenergie an eine Kugel der Masse $m = 5,0 \text{ g}$ ab.



- a) Berechne die Spannenergie der gespannten Feder.

$$E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2 = \frac{1}{2} \cdot 80 \text{ N/m} \cdot (0,05 \text{ m})^2 = 40 \text{ N/m} \cdot 0,0025 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{Spann}} = \mathbf{0,1 \text{ J}}$$

- b) Berechne die Geschwindigkeit, mit der die Kugel die Kanone verlässt.

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{Spann}} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,1 \text{ J} \Rightarrow v = \sqrt{(2 \cdot E / m)}$$

$$v = \sqrt{(2 \cdot 0,1 / 0,005)} \text{ m/s} = \sqrt{40} \text{ m/s} \approx 6,3 \text{ m/s}$$

Die Kugel verlässt die Kanone mit etwa 6,3 m/s.

- c) Die Kanone wird senkrecht nach oben gerichtet. Berechne, wie hoch die Kugel höchstens steigt.

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{Spann}} \Rightarrow m \cdot g \cdot h = 0,1 \text{ J} \Rightarrow h = E / (m \cdot g)$$

$$h = 0,1 / (0,005 \cdot 10) \text{ m} = 2,0 \text{ m}$$

Die Kugel steigt höchstens 2,0 m hoch.

7 / 7

6 Wirkungsgrad

- a) Ein Notstromaggregat erhält durch den Dieselmotorkraftstoff 45 MJ chemische Energie. Davon werden 27 MJ als Wärme an die Umgebung abgegeben und sind nicht nutzbar. Berechne den Wirkungsgrad.

$$\text{nutzbare Energie: } E_{\text{nutz}} = 45 \text{ MJ} - 27 \text{ MJ} = 18 \text{ MJ}$$

$$\eta = E_{\text{nutz}} / E_{\text{zu}} = 18 \text{ MJ} / 45 \text{ MJ} = 0,4$$

Der Wirkungsgrad beträgt 40 %.

- b) Der Elektromotor eines Bauaufzugs hebt eine Palette Ziegel ($m = 800 \text{ kg}$) um 15 m an. Er nimmt dabei 160 kJ elektrische Energie auf. Berechne den Wirkungsgrad und gib an, wo die übrige Energie bleibt.

$$E_{\text{nutz}} = E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 800 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 15 \text{ m} = 120\,000 \text{ J} = 120 \text{ kJ}$$

$$\eta = 120 \text{ kJ} / 160 \text{ kJ} = 0,75 = 75 \%$$

Die übrigen 40 kJ werden durch Reibung (Motor, Seil, Rollen) in thermische Energie umgewandelt und an die Umgebung abgegeben.

$\eta = 75 \%$; 40 kJ gehen als Wärme an die Umgebung.

6 / 6

7 Ohne Gurt

Ein Auto prallt mit 54 km/h gegen eine Mauer und steht fast sofort still. Der Oberkörper ($m = 36 \text{ kg}$) des nicht angeschnallten Fahrers bewegt sich mit 54 km/h weiter, bis er auf das Lenkrad trifft.

- a) Berechne die Bewegungsenergie des Oberkörpers.

$$v = 54 \text{ km/h} : 3,6 = 15 \text{ m/s}$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 36 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m/s})^2 = 18 \text{ kg} \cdot 225 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\mathbf{E_{kin} = 4050 \text{ J}}$$

- b) Das Lenkrad gibt beim Aufprall 15 cm nach. Dabei wird die gesamte Bewegungsenergie in Verformungsarbeit umgewandelt ($W = F \cdot s$). Berechne die mittlere Kraft auf den Oberkörper und vergleiche sie mit seiner Gewichtskraft.

$$F \cdot s = E_{\text{kin}} \Rightarrow F = E_{\text{kin}}/s = 4050 \text{ J} / 0,15 \text{ m} = 27\,000 \text{ N}$$

$$\text{Gewichtskraft: } F_G = m \cdot g = 36 \text{ kg} \cdot 10 \text{ N/kg} = 360 \text{ N}; \quad 27\,000 \text{ N} : 360 \text{ N} = 75$$

$F = 27\,000 \text{ N}$, das ist 75-mal so viel wie die Gewichtskraft des Oberkörpers.

- c) Mit Sicherheitsgurt und Airbag wird der Oberkörper auf einem Weg von 45 cm abgebremst. Berechne die mittlere Kraft und erkläre, warum Gurt und Airbag schützen.

$$F = 4050 \text{ J} / 0,45 \text{ m} = 9000 \text{ N} \quad (\text{ein Drittel der Kraft aus b)}$$

Der Bremsweg ist dreimal so lang. Dieselbe Energie wird auf einem längeren Weg umgewandelt, deshalb ist die Kraft kleiner. Gurt und Airbag verteilen die Kraft außerdem auf eine große Fläche.

6 / 6