Energie, Arbeit und Leistung

Physik · Klasse 11 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

Rechne mit g = 10 N/kg. Stelle bei jeder Aufgabe zuerst eine Energiebilanz auf: Welche Energie ist vorher da, welche nachher?

1 Berechne die Arbeit.

Nur der Anteil der Kraft in Wegrichtung verrichtet Arbeit: $W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$. cos 60° = 0,5; cos 90° = 0. Auf einer Rampe ohne Reibung: $F = m \cdot g \cdot \sin\alpha$ mit $\sin\alpha = \frac{\text{Höhe}}{\text{Länge}}$.

a) Lena zieht einen Bollerwagen 200 m weit mit 50 N an der Deichsel, die um 60° gegen den Boden geneigt ist. Ein Kellner trägt ein Tablett (2 kg) 10 m waagerecht. Berechne jeweils die Arbeit der Kraft.

$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$

Bollerwagen: $W = 50\ N \cdot 200\ m \cdot \cos 60° = 50\ N \cdot 200\ m \cdot 0{,}5 = 5000\ J$

Tablett: Die Haltekraft $F = 2\ kg \cdot 10\ N/kg = 20\ N$ zeigt nach oben, der Weg ist waagerecht, also $\alpha = 90°$.

$W = 20\ N \cdot 10\ m \cdot \cos 90° = 20\ N \cdot 10\ m \cdot 0 = 0\ J$

Lena verrichtet 5000 J, der Kellner verrichtet am Tablett keine Arbeit.

b) Ein Wagen (300 kg) wird reibungsfrei eine 40 m lange Rampe hinaufgeschoben und gewinnt dabei 6 m Höhe. Vergleiche Kraft und Arbeit mit dem senkrechten Heben.

Senkrecht heben: $F = m \cdot g = 300\ kg \cdot 10\ N/kg = 3000\ N$

$W = F \cdot s = 3000\ N \cdot 6\ m = 18\,000\ J$

Rampe: $\sin\alpha = \frac{6\ m}{40\ m} = 0{,}15$

$F = m \cdot g \cdot \sin\alpha = 3000\ N \cdot 0{,}15 = 450\ N$

$W = F \cdot s = 450\ N \cdot 40\ m = 18\,000\ J$

Die Arbeit ist gleich. Auf der Rampe braucht man aber nur 450 N statt 3000 N, dafür auf einem längeren Weg (goldene Regel der Mechanik).

Energie, Arbeit und Leistung (Fortsetzung)

Physik · Klasse 11 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

2 Löse über die Energieerhaltung.

Ohne Reibung ist E_pot + E_kin an jeder Stelle gleich: $g \cdot h1 + ½ \cdot v1^2 = g \cdot h2 + ½ \cdot v2^2$, die Masse kürzt sich.

a) Eine Achterbahn fährt mit 5 m/s über eine Kuppe in 40 m Höhe. Wie schnell ist sie im Tal in 10 m Höhe?

$g \cdot h1 + ½ \cdot v1^2 = g \cdot h2 + ½ \cdot v2^2$

umgestellt: $v2^2 = v1^2 + 2 \cdot g \cdot (h1 - h2)$

$v2^2 = (5\ m/s)^2 + 2 \cdot 10\ m/s^2 \cdot (40\ m - 10\ m) = 25\ m^2/s^2 + 600\ m^2/s^2 = 625\ m^2/s^2$

$v2 = 25\ m/s$

Im Tal ist die Bahn 25 m/s schnell, das sind 90 km/h.

b) Wie hoch darf die nächste Kuppe höchstens sein, damit die Bahn sie noch erreicht?

Ganz oben auf der höchsten möglichen Kuppe ist v = 0, die ganze Energie ist dann Lageenergie:

$g \cdot h_{max} = g \cdot h1 + ½ \cdot v1^2$

umgestellt: $h_{max} = h1 + \frac{v1^2}{2 \cdot g}$

$h_{max} = 40\ m + \frac{25\ m^2/s^2}{20\ m/s^2} = 40\ m + 1{,}25\ m = 41{,}25\ m$

Die nächste Kuppe darf höchstens 41,25 m hoch sein, mit Reibung etwas weniger.

c) Ein Pendel wird so ausgelenkt, dass die Kugel 20 cm höher hängt als im tiefsten Punkt. Wie schnell schwingt sie unten durch?

Die Lageenergie oben wird unten zu Bewegungsenergie: $m \cdot g \cdot h = ½ \cdot m \cdot v^2$

umgestellt: $v = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$

$h = 20\ cm = 0{,}2\ m$

$v = \sqrt{(2 \cdot 10\ m/s^2 \cdot 0{,}2\ m)} = \sqrt{(4\ m^2/s^2)} = 2\ m/s$

Die Kugel schwingt mit 2 m/s durch den tiefsten Punkt.

Energie, Arbeit und Leistung (Fortsetzung)

Physik · Klasse 11 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

3 Rechne mit Federenergie.

Die Spannenergie $E = ½ \cdot D \cdot s^2$ wird zu Bewegungsenergie $½ \cdot m \cdot v^2$ oder Lageenergie $m \cdot g \cdot h$. D in N/m, Dehnung s in m.

a) Eine Spielzeugpistole (D = 400 N/m) wird 5 cm zusammengedrückt und schießt eine Kugel (10 g) ab. Wie schnell fliegt die Kugel los, und wie hoch käme sie senkrecht nach oben?

Umrechnen: $s = 5\ cm = 0{,}05\ m$ und $m = 10\ g = 0{,}01\ kg$

$E = ½ \cdot D \cdot s^2 = ½ \cdot 400\ N/m \cdot (0{,}05\ m)^2 = 0{,}5\ J$

Bewegungsenergie: $½ \cdot m \cdot v^2 = E$, umgestellt $v = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot E}{m}\right)}$

$v = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 0{,}5\ J}{0{,}01\ kg}\right)} = \sqrt{(100\ m^2/s^2)} = 10\ m/s$

Lageenergie: $m \cdot g \cdot h = E$, umgestellt $h = \frac{E}{m \cdot g}$

$h = \frac{0{,}5\ J}{0{,}01\ kg \cdot 10\ N/kg} = 5\ m$

Die Kugel fliegt mit 10 m/s los und käme 5 m hoch.

b) Ein Turner (60 kg) springt aus 1,8 m Höhe auf ein Trampolin und drückt es 0,6 m tief ein. Behandle das Trampolin als Feder und bestimme D.

Bis zum tiefsten Punkt fällt er $1{,}8\ m + 0{,}6\ m = 2{,}4\ m$ tief.

$E_{pot} = m \cdot g \cdot h = 60\ kg \cdot 10\ N/kg \cdot 2{,}4\ m = 1440\ J$

Im tiefsten Punkt steckt diese Energie ganz im Trampolin: $½ \cdot D \cdot s^2 = 1440\ J$

umgestellt: $D = \frac{2 \cdot E}{s^2}$

$D = \frac{2 \cdot 1440\ J}{(0{,}6\ m)^2} = \frac{2880\ J}{0{,}36\ m^2} = 8000\ N/m$

Das Trampolin hat die Federkonstante $D = 8000\ N/m$.

Energie, Arbeit und Leistung (Fortsetzung)

Physik · Klasse 11 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

4 Berechne die Reibungsarbeit.

Mit Reibung: Energie vorher = Energie nachher + Reibungsarbeit W_R. $W_R = F_R \cdot s$ wird zu innerer Energie (Wärme).

a) Ein Schlitten (20 kg) startet aus dem Stand und fährt einen 10 m hohen, 70 m langen Hang hinab. Unten ist er 12 m/s schnell. Berechne die Reibungsarbeit und die mittlere Reibungskraft.

oben: $E_{pot} = m \cdot g \cdot h = 20\ kg \cdot 10\ N/kg \cdot 10\ m = 2000\ J$

unten: $E_{kin} = ½ \cdot m \cdot v^2 = ½ \cdot 20\ kg \cdot (12\ m/s)^2 = 1440\ J$

Energiebilanz: $E_{pot} = E_{kin} + W_R$, umgestellt $W_R = E_{pot} - E_{kin}$

$W_R = 2000\ J - 1440\ J = 560\ J$

$W_R = F_R \cdot s$, umgestellt $F_R = \frac{W_R}{s}$

$F_R = \frac{560\ J}{70\ m} = 8\ N$

Auf dem Hang werden 560 J zu Wärme, die Reibungskraft ist im Mittel 8 N.

b) Unten gleitet der Schlitten auf ebenem Schnee weiter, dort bremst ihn eine Reibungskraft von 24 N. Wie weit kommt er noch?

Die ganze Bewegungsenergie wird zu Reibungsarbeit: $E_{kin} = F_R \cdot s$

umgestellt: $s = \frac{E_{kin}}{F_R}$

$s = \frac{1440\ J}{24\ N} = 60\ m$

Der Schlitten kommt noch 60 m weit.

5 Berechne Leistung und Wirkungsgrad.

$P = \frac{W}{t}$; bei konstanter Geschwindigkeit $P = F \cdot v$. Wirkungsgrad $= \frac{E_{nutz}}{E_{zu}}$. 1 kWh = $3{,}6 \cdot 10^6$ J.

Energie, Arbeit und Leistung (Fortsetzung)

Physik · Klasse 11 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

a) Ein Radfahrer fährt mit konstant 8 m/s. Rollreibung und Luftwiderstand betragen zusammen 25 N. Welche Leistung bringt er auf?

Konstante Geschwindigkeit: Die Antriebskraft ist so groß wie der Widerstand, $F = 25\ N$.

$P = F \cdot v$

$P = 25\ N \cdot 8\ m/s = 200\ W$

Der Radfahrer bringt 200 W auf.

b) Der Motor eines E-Bikes leistet 250 W. Wie lange braucht er mindestens, um Fahrerin und Rad (zusammen 100 kg) 50 m einen Hügel hinaufzubringen?

Hubarbeit: $W = m \cdot g \cdot h = 100\ kg \cdot 10\ N/kg \cdot 50\ m = 50\,000\ J$

$P = \frac{W}{t}$, umgestellt $t = \frac{W}{P}$

$t = \frac{50\,000\ J}{250\ W} = 200\ s$

Ohne Reibung braucht er mindestens 200 s, also 3 min 20 s.

c) Ein Pumpspeicherwerk pumpt 3600 t Wasser 250 m hoch. Wie viele kWh werden gespeichert? Beim Herunterfließen liefert es 2000 kWh. Berechne den Wirkungsgrad.

$m = 3600\ t = 3\,600\,000\ kg$

$E = m \cdot g \cdot h = 3\,600\,000\ kg \cdot 10\ N/kg \cdot 250\ m = 9 \cdot 10^9\ J$

In kWh: $\frac{9 \cdot 10^9\ J}{3{,}6 \cdot 10^6\ J/kWh} = 2500\ kWh$

Wirkungsgrad $= \frac{E_nutz}{E_zu} = \frac{2000\ kWh}{2500\ kWh} = 0{,}8 = 80\ \%$

Gespeichert werden 2500 kWh, der Wirkungsgrad ist 80 %. Die übrigen 500 kWh werden durch Reibung in Rohren, Turbine und Generator zu Wärme.