

Oberstufe: Ergebnisse und ausführliche Lösungen zu Arbeit, Leistung und dem Wirkungsgrad II

Ergebnisse:

| | |
|----|--|
| E1 | Ein Förderband transportiert je Stunde 130 t Kohle auf eine Höhe von 2,8 m. |
| | a) Wie groß ist die Leistung? |
| | b) Wie groß ist der Wirkungsgrad der Anlage, wenn der Antriebsmotor 1,3 kW abgibt? |
| | Ergebnisse |
| | a) Das Förderband leistet 991,9 Watt. b) Der Wirkungsgrad des Förderbandes beträgt 0,763 bzw. 76,3%. |
| E2 | Eine Turbine liegt 15 m unter der Wasseroberfläche. Pro Sekunde fließen $3,5 \text{ m}^3$ Wasser hindurch. Welche Leistung gibt die Turbine ab, wenn der Wirkungsgrad 90 % beträgt? |
| | Ergebnis |
| | Die von der Turbine abgegebene Leistung beträgt 463 522,5 Watt. |
| E3 | Eine Kolbenpumpe fördert in der Minute 720 l Wasser auf eine Höhe von 15 m. Welche Leistung muss der Antriebsmotor aufbringen, wenn die Pumpe einen Wirkungsgrad von 80% besitzt? |
| | Ergebnis |
| | Leistung des Antriebsmotors 2207,25 Watt. |
| E4 | Die menschliche Dauerleistung beträgt etwa 75 W. |
| | a) Wie groß ist dabei die in einer Stunde verrichtete Arbeit, gemessen in kWh und J? |
| | b) Welchem Geldwert entspricht diese mechanische Arbeit, wenn 1 kWh 0,14 € kostet? |
| | Ergebnisse |
| | a) Arbeit pro Stunde: 270 000 J bzw. 0,075 kWh. b) Geldwert der Arbeit: 0,0105 €. |
| E5 | Steinkohlekraftwerke haben einen Wirkungsgrad von 40 %. Welche Wärmeleistung muss durch Verbrennung von Kohle für ein 750 MW Kraftwerk bereitgestellt werden? (750 MW ist die abgegebene Leistung). |
| | Ergebnis |
| | Es muss eine Wärmeleistung von 1875 MW bereitgestellt werden. |
| E6 | Welche Größen bestimmen die Arbeit in der Physik? Wie wird die Arbeit berechnet und in welchen Einheiten wird sie angegeben? |
| | Ergebnis |
| | Arbeit ist Kraft mal Weg. Die Einheit lautet Newtonmeter (Nm). |

| | |
|--------------------------------|---|
| E7 | Wie groß ist die Arbeit, die ein Schüler ($m = 60 \text{ kg}$) verrichtet, wenn er |
| | a) auf einen Turm von 80 m Höhe steigt? |
| | b) Auf einen 1,2 km hohen Berg steigt? |
| | Ergebnis |
| | a) Turmbesteigung: 47 088 Nm. |
| b) Bergbesteigung: 706 320 Nm. | |
| E8 | Ein Gewichtheber „reißt“ 175 kg zur Hochstrecke (2,1 m) und hält sie dort 3 s lang. Überlegen Sie, in welcher Phase er Arbeit im Sinne der Physik, bzw. im umgangssprachlichen Sinne verrichtet. Berechnen Sie die Arbeit |
| | Ergebnisse |
| | Er verrichtet im Sinne von Physik Arbeit während des Reißens. (Kraft x Weg) Nicht physikalisch aber doch umgangssprachlich ist das halten auch Arbeit. Beim reißen verrichtet er die Arbeit 3 605,175 Nm. |
| E9 | In einer Schleuse wird ein Lastkahn ($m = 1200 \text{ t}$) um 8 m gehoben. Wie groß ist die Arbeit ? Wer verrichtet sie? |
| | Ergebnis |
| | Die Hubarbeit beträgt 94 176 000 Nm. Sie wird von Pumpen oder einströmenden Wasser verrichtet. |
| E10 | Eine Schülerin zieht einen Expander mit der Kraft $F_{\text{max}} = 250 \text{ N}$ 30 cm aus. Wie groß ist die Arbeit? |
| | Ergebnis |
| | Die Schülerin verrichtet eine Arbeit von 37,5 Nm. |
| E11 | Was versteht man unter Lageenergie, Spannenergie, Bewegungsenergie ? Geben Sie jeweils ein Beispiel. |
| | Ergebnis |
| | Angehobene Kiste, gespannter Bogen, fahrendes Auto |
| E12 | Energie welcher Form hat ein Ball, wenn er gegen die Querlatte eines Fußballtores geschossen wird? |
| | Ergebnis |
| | Der Ball hat Bewegungsenergie. |

Ausführliche Lösungen:

| | |
|----|---|
| A1 | Aufgabe |
| | Ein Förderband transportiert je Stunde 130 t Kohle auf eine Höhe von 2,8 m. |
| | a) Wie groß ist die Leistung? b) Wie groß ist der Wirkungsgrad der Anlage, wenn der Antriebsmotor 1,3 kW abgibt? |

| | |
|----|--|
| A1 | Ausführliche Lösungen |
| | <p>a) Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ <p>gegeben: $t = 1\text{h} = 3600\text{s}$ $m = 130\text{t} = 130000\text{kg}$ $h = 2,8\text{m}$</p> <p>gesucht: $P = \frac{W}{t}$</p> <p>In einer Stunde verrichtet das Förderband die Arbeit:</p> $W = m \cdot g \cdot h = 130000\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,8\text{m} = 130000 \cdot 9,81 \cdot 2,8 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $= 3570840\text{Nm} = 3570840\text{Ws}$ <p>Die Leistung des Förderbandes beträgt:</p> $P = \frac{W}{t} = \frac{3570840\text{Ws}}{3600\text{s}} = \underline{\underline{991,9\text{W}}}$ <p>Das Förderband leistet 991,9 Watt bzw. ca. 1 kW.</p> <p>b) Vorüberlegung: Der Antriebsmotor gibt eine Leistung von 1300 Watt an das Förderband ab. Davon setzt dieses für die zu verrichtende Arbeit nur 991,9 Watt um. Der Rest besteht aus Reibungsverlusten.</p> $\eta = \frac{P_{\text{Förderband}}}{P_{\text{Motor}}} = \frac{991,9\text{W}}{1300\text{W}} = \underline{\underline{0,763}}$ <p>Der Wirkungsgrad des Förderbands beträgt 0,763 bzw. 76,3%.</p> |

| | |
|-----------|---|
| A2 | Aufgabe |
| | Eine Turbine liegt 15 m unter der Wasseroberfläche. Pro Sekunde fließen $3,5 \text{ m}^3$ Wasser hindurch. Welche Leistung gibt die Turbine ab, wenn der Wirkungsgrad 90 % beträgt? |

| | |
|-----------|---|
| A2 | Ausführliche Lösung |
| | <p>Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ <p>gegeben: $h = 15 \text{ m}$ Durchflussmenge = $3,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 3500 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$</p> <p>Wirkungsgrad der Turbine: $\eta = 90\% = 0,9$</p> <p>gesucht: $P_{\text{Turbine}} = P_{\text{ab}}$</p> $P_{\text{zu}} = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = 3500 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ m} = 3500 \cdot 9,81 \cdot 15 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{s}}$ $= 515025 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 515025 \frac{\text{Ws}}{\text{s}} = 515025 \text{ W}$ <p>Bei einem Wirkungsgrad von 90% gibt die Turbine ab:</p> $\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} \Leftrightarrow P_{\text{ab}} = \eta \cdot P_{\text{zu}} = 0,9 \cdot 515025 \text{ W} = \underline{\underline{463522,5 \text{ W}}}$ <p>Bei einem Wirkungsgrad von 90% ist die von der Turbine abgegebene Leistung 463 522,5 Watt bzw. ca. 564 kW.</p> |

| | |
|---|----------------|
| A3 | Aufgabe |
| Eine Kolbenpumpe fördert in der Minute 720 l Wasser auf eine Höhe von 15 m. Welche Leistung muss der Antriebsmotor aufbringen, wenn die Pumpe einen Wirkungsgrad von 80% besitzt? | |

| | |
|--|----------------------------|
| A3 | Ausführliche Lösung |
| Umrechnungen und Konstante: | |
| $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ | |
| gegeben: Fördermenge = 720 $\frac{\text{Liter}}{\text{min.}}$ $\Rightarrow m = 720 \text{ kg}$ | |
| t = 60 s h = 15 m Wirkungsgrad $\eta = 80\% = 0,8$ | |
| gesucht: Antriebsleistung P_{zu} | |
| Arbeit: $W = m \cdot g \cdot h = 720 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ m}$ | |
| $= 720 \cdot 9,81 \cdot 15 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 105948 \text{ Nm} = 105948 \text{ Ws}$ | |
| Leistung: $P_{\text{ab}} = \frac{W}{t} = \frac{105948 \text{ Ws}}{60 \text{ s}} = 1765,8 \text{ W}$ | |
| $\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} \Leftrightarrow P_{\text{zu}} = \frac{P_{\text{ab}}}{\eta} = \frac{1765,8 \text{ W}}{0,8} = \underline{\underline{2207,25 \text{ W}}}$ | |
| Der Antriebsmotor der Kolbenpumpe muss eine Leistung von 2207,25 Watt aufbringen, das sind ca. 2,2 kW. | |

| | |
|--|---|
| A4 | Aufgabe |
| Die menschliche Dauerleistung beträgt etwa 75 W. | |
| a) | Wie groß ist dabei die in einer Stunde verrichtete Arbeit, gemessen in kWh und J? |
| b) | Welchem Geldwert entspricht diese mechanische Arbeit, wenn 1 kWh 0,14 € kostet? |

| | |
|-----------|--|
| A4 | Ausführliche Lösungen |
| a) | gegeben: $P = 75 \text{ W}$ gesucht: Arbeit in einer Stunde $W = P \cdot t = 75 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 270000 \text{ Ws} = \underline{\underline{270000 \text{ J}}}$ $1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ Ws} \Rightarrow P_{(\text{kWh})} = \frac{270000 \text{ Ws}}{3600000 \frac{\text{Ws}}{\text{kWh}}} = \underline{\underline{0,075 \text{ kWh}}}$ Die von einem Menschen bei einer Dauerleistung von 75 Watt verrichtete stündliche Arbeit beträgt 270 000 Joule bzw. 0,075 kWh. |
| b) | Geldwert = $0,075 \text{ kWh} \cdot 0,14 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \underline{\underline{0,0105 \text{ €}}}$ Der Geldwert für die unter a) berechnete Arbeit beträgt 0,0105 €. |

| | |
|----|--|
| A5 | Aufgabe |
| | Steinkohlekraftwerke haben einen Wirkungsgrad von 40 %. Welche Wärmeleistung muss durch Verbrennung von Kohle für ein 750 MW Kraftwerk bereitgestellt werden? (750 MW ist die abgegebene Leistung). |
| A5 | Ausführliche Lösung |
| | <p>gegeben: Wirkungsgrad $\eta = 40\% = 0,4$ Kraftwerksleistung 750 MW</p> <p>gesucht: P_{zu}</p> $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Leftrightarrow P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{750 \text{ MW}}{0,4} = \underline{\underline{1875 \text{ MW}}}$ <p>Dem Kohlekraftwerk muss bei einem Wirkungsgrad von 40% eine Wärmeleistung von 1875 MW zugeführt werden. Bemerkung: Etwa 60% der zugeführten Energie wird in der Regel an die Umwelt in Form von Wärme abgegeben. Das ist ökologisch nicht sinnvoll.</p> |
| A6 | Aufgabe |
| | Welche Größen bestimmen die Arbeit in der Physik? Wie wird die Arbeit berechnet und in welchen Einheiten wird sie angegeben? |
| A6 | Ausführliche Lösung |
| | <p>Kraft und Weg bestimmen die physikalische Größe der Arbeit. $W = F \cdot s$</p> <p>Beispiel: $F = 12 \text{ N}$ $s = 3 \text{ m}$ $\Rightarrow W = F \cdot s = 12 \text{ N} \cdot 3 \text{ m} = \underline{\underline{36 \text{ Nm}}}$</p> |
| A7 | Aufgabe |
| | Wie groß ist die Arbeit, die ein Schüler ($m = 60 \text{ kg}$) verrichtet, wenn er |
| a) | auf einen Turm von 80 m Höhe steigt? |
| b) | Auf einen 1,2 km hohen Berg steigt? |
| A7 | Ausführliche Lösungen |
| a) | <p>gegeben: $m = 60 \text{ kg}$ $h = 80 \text{ m}$ $\left(1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \right)$</p> <p>gesucht Hubarbeit W</p> $W = m \cdot g \cdot h = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 80 \text{ m} = 60 \cdot 9,81 \cdot 80 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{47.088 \text{ Nm}}}$ <p>Besteigt der Schüler einen 80 m Hohen Turm, dann verrichtet er dabei eine Arbeit von 47 088 Nm.</p> |
| b) | <p>gegeben $m = 60 \text{ kg}$ $h = 1200 \text{ m}$</p> $W = m \cdot g \cdot h = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1200 \text{ m} = 60 \cdot 9,81 \cdot 1200 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{706.320 \text{ Nm}}}$ <p>Besteigt der Schüler einen 1200 m Hohen Berg, dann verrichtet er dabei eine Arbeit von 706 320 Nm.</p> |

| | |
|-----------|---|
| A8 | Aufgabe |
| | Ein Gewichtheber „reißt“ 175 kg zur Hochstrecke (2,1 m) und hält sie dort 3 s lang. Überlegen Sie, in welcher Phase er Arbeit im Sinne der Physik, bzw. im umgangssprachlichen Sinne verrichtet. Berechnen Sie die Arbeit |

| | |
|-----------|--|
| A8 | Ausführliche Lösung |
| | Arbeit im Sinne von Physik wird nur dann verrichtet, wenn sich das Produkt aus Kraft und Weg bilden lässt. Das ist während des Reißens der Fall. Das Gewicht wird hochbewegt. Die 3 Sekunden halten, mag für den Sportler anstrengend sein. In dieser Phase verrichtet er im Sinne von Physik keine Arbeit, da nichts bewegt wird. |
| | gegeben: $m = 175 \text{ kg}$ $h = 2,1 \text{ m}$ gesucht: W $\left(1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \right)$ |
| | $W = m \cdot g \cdot h = 175 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,1 \text{ m} = 175 \cdot 9,81 \cdot 2,1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{3.605,175 \text{ Nm}}}$ |
| | Beim reißen verrichtet der Sportler eine Arbeit von $3\,605,175 \text{ Nm}$. |

| | |
|-----------|---|
| A9 | Aufgabe |
| | In einer Schleuse wird ein Lastkahn ($m = 1200 \text{ t}$) um 8 m gehoben. Wie groß ist die Arbeit? Wer verrichtet sie? |

| | |
|-----------|--|
| A9 | Ausführliche Lösung |
| | gegeben: $m = 1200 \text{ t} = 1200000 \text{ kg}$ $h = 8 \text{ m}$ |
| | Umrechnungen und Konstante: |
| | $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}$ $1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$ |
| | gesucht: W |
| | $W = m \cdot g \cdot h = 1200000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 8 \text{ m}$ |
| | $= 1200000 \cdot 9,81 \cdot 8 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{94176000 \text{ Nm}}}$ |
| | Die zum heben des Schiffes erforderliche Arbeit beträgt $94\,176\,000 \text{ Nm}$. Die Arbeit wird von den Pumpen oder vom einlaufenden Wasser verrichtet. |

| | |
|------------|--|
| A10 | Aufgabe |
| | Eine Schülerin zieht einen Expander mit der Kraft $F_{\text{max}} = 250 \text{ N}$ 30 cm aus. Wie groß ist die Arbeit? |

| | |
|------------|---|
| A10 | Ausführliche Lösung |
| | gegeben: $F_{\text{max}} = 250 \text{ N}$ $s = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$ |
| | gesucht: Spannarbeit W |
| | $W = \frac{F_{\text{max}}}{2} \cdot s = \frac{250 \text{ N}}{2} \cdot 0,3 \text{ m} = \frac{250 \cdot 0,3}{2} \text{ Nm} = \underline{\underline{37,5 \text{ Nm}}}$ |
| | Um den Expander 30 cm auszuziehen, muss die Schülerin eine Arbeit von $37,5 \text{ Nm}$ verrichten. |

| | |
|-----|---|
| A11 | Aufgabe |
| | Was versteht man unter Lageenergie, Spannenergie, Bewegungsenergie ? Geben Sie jeweils ein Beispiel. |
| A11 | Ausführliche Lösung |
| | Lageenergie: Wird ein Gegenstand angehoben, so ist dabei Hubarbeit zu verrichten. Diese Arbeit speichert der Gegenstand als Lageenergie in Bezug auf seine Ausgangshöhe. Lässt man den Gegenstand herunterfallen, so verwandelt sich seine Lageenergie in Bewegungsenergie. Spannenergie: Zum spannen einer Feder oder eines Bogens wird Kraft längs eines Weges aufgebracht. Die dabei verrichtete Arbeit wird als Spannenergie in der Feder bzw. in dem Bogen gespeichert. Beim Abschuss eines Pfeils wird die vom Bogen gespeicherte Energie an diesen in Form von Bewegungsenergie übergeben. Bewegungsenergie: Jeder Gegenstand, der sich bewegt hat Bewegungsenergie. Bei Auffahrunfällen führt die Bewegungsenergie der Fahrzeuge zu Verformungen und Zerstörung. |
| A12 | Aufgabe |
| | Energie welcher Form hat ein Ball, wenn er gegen die Querlatte eines Fußballtores geschossen wird? |
| A12 | Ausführliche Lösung |
| | Der Ball hat Bewegungsenergie. Diese wurde ihm beim Abschuss durch den Fußballspieler übertragen. |