

Physik * Jahrgangsstufe 10 * Elektrische Energie und Leistung

Bestimmung der elektrischen Arbeit W_e

Mit Tauchsiedern erwärmt man Wasser eine Zeitdauer Δt lang und misst dabei die Zunahme der inneren Energie des Wassers. Für die elektrische Arbeit des Tauchsieders W_{el} gilt damit:

$$W_{el} = \Delta E_i = c \cdot m \cdot \Delta \vartheta .$$

Wenn man nun bei den verwendeten Tauchsiedern die angelegte Spannung U und die Stromstärke I variiert, so stellt man fest: $W_{el} \sim U \cdot I \cdot \Delta t$, d.h. $W_{el} = U \cdot I \cdot \Delta t \cdot \text{const.}$

Für die Konstante const. wurde der Zahlenwert 1 (ohne Einheit) festgelegt. Das bedeutet:

$$W_{el} = U \cdot I \cdot \Delta t \quad \text{oder kurz} \quad W_{el} = U \cdot I \cdot t \quad \text{und} \quad [W] = 1 \text{ Joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ V A s}$$

Definition der elektrischen Leistung P_{el}

Allgemein gilt: Leistung $P = \frac{\text{Arbeit } W}{\text{Zeit } t} = \frac{W}{t}$

Für die elektrische Leistung folgt damit:

$$P_{el} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I \quad \text{und} \quad [P] = 1 \text{ Watt} = 1 \text{ W} = 1 \text{ VA}$$

Aufgaben:

- 1) Eine Lithium-Batterie hat die Spannung 3,5V. Sie kann für 90 Minuten die Stromstärke 2,0 A in einem Stromkreis hervorrufen, danach ist sie „leer“. Wie groß ist die gelieferte el. Energie? Wie viele Elektronen waren in der Lithium-Batterie „gespeichert“?
- 2) Ein elektr. Wasserkocher trägt die Aufschrift 230 V / 2000 W.
 - a) Wie lange braucht man ungefähr, um 1 Liter Wasser von Zimmertemperatur (20°C) zum Sieden zu bringen? ($c_{\text{Wasser}} = 4,19 \frac{\text{J}}{\text{gK}}$)
 - b) Wie groß ist die elektr. Energie, die in einer Minute umgesetzt wird?
 - c) Wie groß ist der elektr. Widerstand der Heizspirale im Wasserkocher?
- 3) Welche elektr. Leistung kann man einer Steckdose im Höchstfall entnehmen, wenn der Stromkreis mit 16 A abgesichert ist?
- 4) Auf einer Kabeltrommel steht:
„Beim Anschluss starker Geräte Kabel ganz abrollen. Überhitzungsgefahr!“
Begründen Sie diese Anweisung.
- 5) Die (Elektro-)Motoren beim ICE-Zug haben eine maximale Leistung von 4,2 MW.
Berechnen Sie die dabei entstehende Stromstärke, wenn die Spannung zwischen Gleis und der Fahrleitung 15 kV beträgt.
- 6) Ein kleiner Elektromotor hebt einen Körper mit der Masse $m = 450\text{g}$ in 2,4 s um 1,0 m hoch. Die Spannung am Elektromotor beträgt dabei 4,0V, die Stromstärke 0,80A.
Berechnen Sie die elektr. Arbeit und die Hubarbeit.
Vergleichen Sie die beiden Ergebnisse und erklären Sie den Unterschied. Welchen Wirkungsgrad hat also diese Vorrichtung?

Physik * Jahrgangsstufe 10 * Elektrische Energie und Leistung

Lösungen:

1) $E = U \cdot I \cdot t = 3,5\text{V} \cdot 2,0\text{A} \cdot 90 \cdot 60\text{s} \approx 38 \text{ kJ}$

$$Q = I \cdot t = 2,0\text{A} \cdot 90 \cdot 60\text{s} = 1,08 \cdot 10^4 \text{ C} ; Q = N \cdot e \Rightarrow N = \frac{Q}{e} = \frac{1,08 \cdot 10^4 \text{ C}}{1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 6,75 \cdot 10^{22}$$

2. a) 1 Liter Wasser entspricht 1kg Wasser

$$c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = P \cdot t \Rightarrow t = \frac{c \cdot m \cdot \Delta\vartheta}{P} = \frac{4,19 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1000\text{g} \cdot 80^\circ\text{C}}{2000 \frac{\text{J}}{\text{s}}} = 167, \dots \text{s} \approx 2,8 \text{ min}$$

b) $E = P \cdot t = 2000\text{W} \cdot 1 \text{ min} = 2000 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 60\text{s} = 120 \text{ kJ}$

c) $R = \frac{U}{I} = \frac{U \cdot U}{I \cdot U} = \frac{U^2}{P} = \frac{(230 \text{ V})^2}{2000 \text{ W}} = 26,5 \Omega$

3. $P = U \cdot I = 230\text{V} \cdot 16\text{A} = 3,7 \text{ kW}$

Man kann höchstens eine Leistung von 3,7 kW entnehmen.

4. Der ohmsche Widerstand des Kabels ist zwar klein aber nicht Null, d.h. am Kabel fällt eine geringe Spannung ΔU ab und das Kabel erwärmt sich deshalb. Die freigesetzte Wärmeenergie beträgt übrigens $E = I \cdot \Delta U \cdot \Delta t$. Ist das Kabel abgerollt, so kann diese Wärme besser an die Umgebung abgegeben werden und die Brandgefahr ist damit geringer.

5. $P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{4,2 \cdot 10^6 \text{ W}}{15 \cdot 10^3 \text{ V}} = 280 \text{ A}$

6. Elektr. Arbeit: $W = U \cdot I \cdot t = 4,0\text{V} \cdot 0,80\text{A} \cdot 2,4\text{s} = 7,7 \text{ J}$

Mechanische Arbeit: $W_{\text{Hub}} = m \cdot g \cdot h = 0,450\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1,0\text{m} = 4,4 \text{ J}$

Der Elektromotor muss mehr Arbeit liefern als zum mechanischen Hochheben der Last benötigt wird, da der Wirkungsgrad immer kleiner als 100% ist.