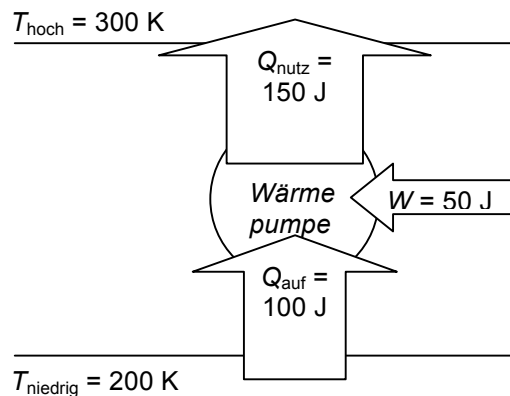


1. a) $\varepsilon = \frac{Q_{\text{nutz}}}{W} = \frac{100 \text{ J}}{25 \text{ J}} = \underline{4.0}$

b) $\varepsilon = \frac{Q_{\text{nutz}}}{Q_{\text{nutz}} - Q_{\text{auf}}} = \frac{100 \text{ J}}{100 \text{ J} - 75 \text{ J}} = \underline{4.0}$

c) $\varepsilon = \frac{T_{\text{hoch}}}{T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}} = \frac{300 \text{ K}}{300 \text{ K} - 225 \text{ K}} = \underline{4.0}$

2. a), b) und d)



b) $Q_{\text{auf}} = Q_{\text{nutz}} - W = 150 \text{ J} - 50 \text{ J} = \underline{100 \text{ J}}$

c) $\varepsilon = \frac{Q_{\text{nutz}}}{W} = \frac{150 \text{ J}}{50 \text{ J}} = \underline{3.0}$

d) $\varepsilon = \frac{T_{\text{hoch}}}{T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}}$ $\varepsilon \cdot (T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}) = T_{\text{hoch}}$ $\varepsilon \cdot T_{\text{hoch}} - \varepsilon \cdot T_{\text{niedrig}} = T_{\text{hoch}}$

$\varepsilon \cdot T_{\text{hoch}} - T_{\text{hoch}} = \varepsilon \cdot T_{\text{niedrig}}$ $T_{\text{hoch}} \cdot (\varepsilon - 1) = \varepsilon \cdot T_{\text{niedrig}}$

$T_{\text{niedrig}} = \frac{T_{\text{hoch}} \cdot (\varepsilon - 1)}{\varepsilon} = \frac{300 \text{ K} \cdot (3.0 - 1)}{3.0} = \underline{200 \text{ K}}$

3. a) $\varepsilon = \frac{T_{\text{hoch}}}{T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}} = \frac{293 \text{ K}}{293 \text{ K} - 263 \text{ K}} = \underline{9.77}$

b) $W = \frac{Q_{\text{nutz}}}{\varepsilon} = \frac{6.00 \text{ J}}{9.77} = \underline{614 \text{ kJ}}$

c) $Q_{\text{auf}} = Q_{\text{nutz}} - W = 6.00 \text{ MJ} - 0.614 \text{ MJ} = \underline{5.39 \text{ MJ}}$

d) $P = \frac{W}{t} = \frac{614 \text{ kJ}}{3'600 \text{ s}} = \underline{170 \text{ W}}$

4. a) $\varepsilon = \frac{T_{\text{hoch}}}{T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}} = \frac{293 \text{ K}}{293 \text{ K} - 275 \text{ K}} = \underline{16}$

b) $\Delta U = c \cdot m \cdot \Delta T = 4'182 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 5.00 \text{ kg} \cdot 58 \text{ K} = 1'213 \text{ kJ} = \underline{1.2 \text{ MJ}}$

c) Der Kühlschrank funktioniert wie eine Wärmepumpe. Die Wärme, die der Kühlschrank vom Wasser aufnehmen muss, ist $Q_{\text{auf}} = 1.2 \text{ MJ}$:

$$W = \frac{Q_{\text{nutz}}}{\varepsilon} = \frac{Q_{\text{auf}} + W}{\varepsilon} \quad W \cdot \varepsilon = Q_{\text{auf}} + W \quad W \cdot (\varepsilon - 1) = Q_{\text{auf}}$$

$$W = \frac{Q_{\text{auf}}}{\varepsilon - 1} = \frac{1213 \text{ kJ}}{15} = \underline{81 \text{ kJ}}$$

d) $Q_{\text{nutz}} = Q_{\text{auf}} + W = \underline{1'294 \text{ kJ}}$

e) Das Wasser zuerst auf Zimmertemperatur abkühlen lassen und anschliessend in den Kühlschrank stellen. Dann muss der Kühlschrank nur noch 376 kJ vom Wasser aufnehmen, und die verrichtete Arbeit ist $W = \frac{Q_{\text{auf}}}{\varepsilon - 1} = \frac{376 \text{ kJ}}{15} = \underline{25 \text{ kJ}}$ 25.1 kJ (statt 81 kJ)

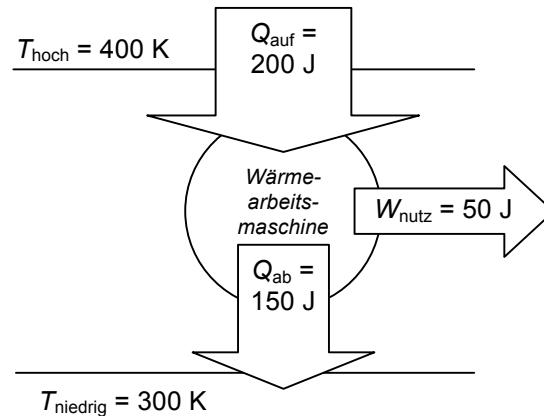
5. Wenn man durch eine kleine Zahl teilt, wird das Resultat gross. Was unter dem Bruchstrich steht, sollte also möglichst klein sein, das heisst wegen $\varepsilon = \frac{T_{\text{hoch}}}{T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}}$ sollte die Temperaturdifferenz ($T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}$) möglichst klein sein.

6. a) $\eta_{\text{Carnot}} = \frac{W_{\text{nutz}}}{Q_{\text{auf}}} = \frac{40 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0.40 = \underline{40 \%}$

b) $\eta_{\text{Carnot}} = \frac{Q_{\text{auf}} - Q_{\text{ab}}}{Q_{\text{auf}}} = \frac{100 \text{ J} - 60 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0.40 = \underline{40 \%}$

c) $\eta_{\text{Carnot}} = \frac{T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}}{T_{\text{hoch}}} = \frac{500 \text{ K} - 300 \text{ K}}{500 \text{ K}} = 0.4 = \underline{40 \%}$

7. a), b) und d)



b) $Q_{ab} = Q_{auf} - W_{nutz} = 200 \text{ J} - 50 \text{ J} = \underline{150 \text{ J}}$

c) $\eta_{Carnot} = \frac{W_{nutz}}{Q_{auf}} = \frac{50 \text{ J}}{200 \text{ J}} = 0.25 = \underline{25 \%}$

d) $\eta_{Carnot} = \frac{T_{hoch} - T_{niedrig}}{T_{hoch}} \quad \eta_{Carnot} \cdot T_{hoch} = T_{hoch} - T_{niedrig}$
 $T_{niedrig} = T_{hoch} - \eta_{Carnot} \cdot T_{hoch} = T_{hoch} \cdot (1 - \eta_{Carnot}) = 400 \text{ K} \cdot (1 - 0.25) = \underline{300 \text{ K}}$

8. a) $\eta_{Carnot} = \frac{T_{hoch} - T_{niedrig}}{T_{hoch}} = \frac{773 \text{ K} - 293 \text{ K}}{773 \text{ K}} = 0.621 = \underline{62.1 \%}$

b) $W_{nutz} = \eta_{Carnot} \cdot Q_{auf} = 0.62 \cdot 2'600 \text{ kJ} = 1'614 \text{ kJ} = \underline{1.61 \text{ MJ}}$

c) $Q_{ab} = Q_{auf} - W_{nutz} = 2.6 \text{ MJ} - 1.6 \text{ MJ} = \underline{986 \text{ kJ}}$

9. a) $\eta_{Carnot} = \frac{W_{nutz}}{Q_{auf}} = \frac{W_{nutz}}{Q_{ab} + W_{nutz}} \quad \eta_{Carnot} \cdot (Q_{ab} + W_{nutz}) = W_{nutz}$
 $\eta_{Carnot} \cdot Q_{ab} + \eta_{Carnot} \cdot W_{nutz} = W_{nutz} \quad \eta_{Carnot} \cdot Q_{ab} = W_{nutz} - \eta_{Carnot} \cdot W_{nutz} = W_{nutz} (1 - \eta_{Carnot})$
 $Q_{ab} = \frac{W_{nutz} \cdot (1 - \eta_{Carnot})}{\eta_{Carnot}} = \frac{1.00 \text{ GJ} \cdot (1 - 0.30)}{0.30} = \underline{2.33 \text{ GJ}}$

b) $T_{niedrig} = T_{hoch} \cdot (1 - \eta_{Carnot}) = 473 \text{ K} \cdot (1 - 0.30) = 331 \text{ K} \quad \vartheta_{niedrig} = \underline{58^\circ \text{C}}$

c) $\vartheta_{niedrig}$ niedriger werden lassen:
 $T_{niedrig} = T_{hoch} \cdot (1 - \eta_{Carnot}) = 473 \text{ K} \cdot (1 - 0.60) = 189 \text{ K} \quad \vartheta_{niedrig} = \underline{-84^\circ \text{C}}$

oder ϑ_{hoch} erhöhen:

$T_{hoch} = \frac{T_{niedrig}}{1 - \eta_{Carnot}} = \frac{331 \text{ K}}{1 - 0.6} = 828 \text{ K} \quad \vartheta_{hoch} = \underline{555^\circ \text{C}}$