

462) Jaká bude teplota dusíku (N_2) po adiabatické expanzi z objemu 10 l na 20 l, jestliže teplota plynu byla před expanzí 298 K? Dusík je dvouatomová molekula, která má pět stupňů volnosti a tedy $\kappa = 1,4$. Plyn považujte za ideální. Univerzální plynová konstanta $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Při adiabatické expanzi platí

$$pV^\kappa = \text{konst.}$$

Zároveň musí po celou dobu platit stavová rovnice plynu

$$pV = nRT$$

Ve dvou po sobě následujících stavech platí

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{a} \quad p_1 V_1^\kappa = p_2 V_2^\kappa$$

Nejdříve vypočteme tlak plynu na před expanzí. Pro jeden mol plynu bude tlak

$$p_1 = \frac{RT_1}{V_1} = 8,314 * \frac{298}{0,01} = 247\,757 \text{ Pa}$$

Po expanzi bude tlak roven

$$p_2 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\kappa = 247\,757 * 0,5^{1,4} = 93\,882 \text{ Pa}$$

Dosazením do předchozí rovnice dostaneme

$$T_2 = T_1 \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 298 * \frac{1\,877}{2477} = 225 \text{ K} = -47 \text{ }^\circ\text{C}$$

464) Jaký bude tlak vzduchu v pneumatice, která byla původně nahuštěna na tlak 2500 hPa při teplotě 20 °C, jestliže se při jízdě na dálnici za horkého letního dne zahřála na 60 °C?

Využijeme stavovou rovnici plynu, jedná se o izochorický děj $V_1 = V_2$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Teplotu musíme dosadit v Kelvinech

$$p_2 = 250\,000 * \frac{333}{293} = 284\,129 \text{ Pa}$$

461) Carnotův motor přijme teplo 52 kJ a vydá 36 kJ tepla během jednoho cyklu. Vypočítejte účinnost a práci stroje, kterou vykoná během jednoho cyklu.

Účinnost tepelného motoru obecně je rovna celkové vykonané práci dělené dodaným teplem. U kruhového děje je vykonaná práce rovna dodanému teple, od něhož odečteme teplo odevzdané chladiči. Pro účinnost dostane vztah

$$\eta = \frac{Q^+ - Q^-}{Q^+} = \frac{52 - 36}{52} = 0,307 = 31\%$$

$$W = Q^+ - Q^- = 16 \text{ kJ}$$

530) Carnotova chladnička o příkonu 100 W udržuje v chladící části teplotu -18°C , teplota v místnosti je 22°C . Za jak dlouho vyrobí v ideálním případě 1 kg ledu o teplotě -18°C z vody o teplotě 10°C ? ($c_{\text{voda}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $c_{\text{led}} = 2090 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $L_{\text{t voda}} = 333,7 \text{ kJ.kg}^{-1}$)

Nejdříve musíme spočítat účinnost Carnotova stroje, ta je rovna

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{295 - 255}{295} = 0,135$$

Tuto účinnost lze zapsat také jako

$$\frac{W}{Q^+} = \frac{Q^+ - Q^-}{Q^+} = \eta$$

kde Q^+ je tentokrát rovno teplu uvolněnému na žebrech chladničky a Q^- je rovno teplu odebranému vodě.

K přeměně vody na led je zapotřebí odebat energii

$$E = Q^- = m * c_{\text{voda}} * 10 + m * L_t + m * c_{\text{led}} * 18 = 4180 * 10 + 333\,700 + 18 * 2090 = 413\,120 \text{ J}$$

Teplu odevzdané je potom rovno

$$Q^+ = \frac{Q^-}{1 - \eta} = \frac{413\,120}{0,865} = 477\,595 \text{ J}$$

Práce, kterou musí vykonat Carnotův stroj je rovna

$$W = \eta Q^+ = 64\,475 \text{ J}$$

Zbývá už jen spočítat čas (přibližně)

$$t = \frac{W}{P} = \frac{64\,475}{100} = 645 \text{ s}$$

458) Jaké je největší teplo Q , které může být odebráno z chladničky při vynaložení práce $A = 1 \text{ kJ}$, je-li teplota chlazeného prostoru $t_0 = -9^\circ\text{C}$. Teplota prostředí, kterému se teplo předává je $t = 12^\circ\text{C}$.

Z předchozího příkladu použijeme vztah

$$W = Q^- \frac{\eta}{1 - \eta}$$

Účinnost je u Carnotova stroje

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{285 - 264}{285} = 0,073$$

$$Q^- = W \frac{1 - \eta}{\eta} = 1000 \frac{0,927}{0,073} = 12\,698 \text{ J}$$