

Vaje 5.4.2002, snov: Idealni plin, Toplotni stroji

1. Naloga: Izračunaj izkoristek toplotnega stroja, ki opravlja Carnot-ovo krožno spremembo. Izkoristek pri tem definiraj kot razmerje med delom, ki ga stroj odda $-\Sigma A$, in toploto Q_{prejeta} , ki jo stroj prejme pri višji temperaturi.

Rešitev: Računaj po spremembah:

1-2 : adiabatni razteg iz p_1, V_1 in T_{visoka} na p_2, V_2 in T_{nizka}
 prejeta toplota $Q=0$, $A=\Delta W_n=mc_v(T_{\text{cold}}-T_{\text{hot}})$

2-3 : izotermni stisk iz p_2, V_2 in T_{nizka} na p_3, V_3 in T_{nizka}
 $\Delta W_n=0$, $A=-Q_{\text{oddana}}=-m/M RT_{\text{nizka}} \ln(V_3/V_2)$

3-4 : adiabatni stisk iz p_3, V_3 in T_{nizka} na p_4, V_4 in T_{visoka}

4-1 : izotermni raztek iz p_4, V_4 in T_{visoka} na p_1, V_1 in T_{visoka}
 $\Delta W_n=0$, $A=-Q_{\text{prejeta}}=-m/M RT_{\text{visoka}} \ln(V_1/V_4)$

Izkoristek $\eta = -\Sigma A / Q_{\text{prejeta}} = (Q_{\text{prejet}} + Q_{\text{oddana}}) / Q_{\text{prejeta}} = 1 - T_{\text{nizka}} / T_{\text{visoka}}$

2. Naloga: Podobno kot v prejšnji nalogi izračunaj izkoristek toplotne črpalke, ki opravlja Carnot-ovo krožno spremembo, le da v tem primeru črpa toploto pri nižji temperaturi in jo odda pri višji (Lahko si predstavljaš, da potekajo spremembe v obrnjeni smeri). Pri tem definiraj izkoristek kot razmerje med prejetim delom ΣA in prejeta toploto Q_{prejeta} pri nižji temperaturi. Namig: Če boš spretno uporabil rezultate prejšnje naloge, boš lahko takoj zapisal rezultat.

Rešitev: $\eta = T_{\text{nizka}} / (T_{\text{visoka}} - T_{\text{nizka}})$

3. Naloga: Toplotni stroj uporablja za delovni plin kisik z molsko maso 32 kg/kmol. Krožna sprememba, ki jo opravlja stroj, je sestavljena iz naslednjih korakov: (a) V začetnem stanju je v stroju 1 kg kisika pri temperaturi 20°C in z volumnom 500 l. (b) V prvem koraku plin izobarno razpnemo do temperature 60°C . (c) Nato ga izohorno ohladimo na začetno temperaturo. (d) Nazadnje ga izotermno stisnemo na začetni volumen. Nariši $p(V)$ diagram! Kolikšna je celotna dovedena toplota in kolikšno je celotno delo v enem ciklu? Kolikšen je izkoristek stroja?
4. Naloga: Toplotni stroj v katerem je delovni plin zrak z molsko maso 29 kg/kmol opravlja krožno spremembo, ki je sestavljena iz naslednjih korakov: (a) Zrak, ki ima na začetku volumen 1 l in tlak 2 bara izobarno razpnemo na volumen 4 l. (b) Nato ga izohorno ohladimo, da se tlak zmanjša na 1 bar. (c) Nato zrak izobarno stisnemo nazaj na volumen 1 l. (d) Na koncu zrak izohorno segrejemo nazaj na začetni tlak 2 bar. Nariši potek opisane krožne spremembe na diagramu $p(V)$. Koliko toplote moramo zraku dovesti oz odvzeti na posameznih odsekih? Kolikšno je celotno delo, ki ga opravi stroj v enem ciklu? Kolikšen je izkoristek stroja? ($c_p=1010 \text{ J/kgK}$, $c_v=720 \text{ J/kgK}$, $M=29 \text{ kg/kmol}$)