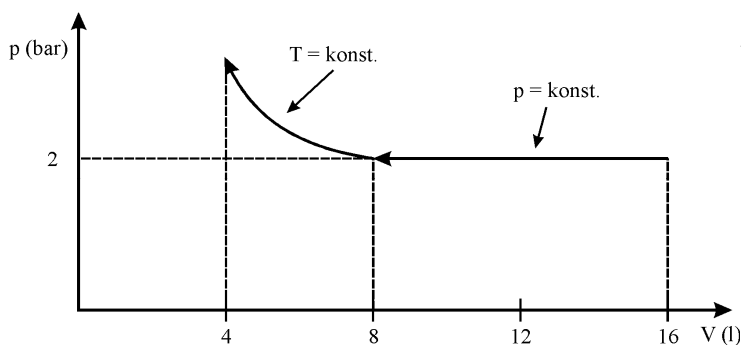


Toplotni stroji; Izkoristek toplotnega stroja; Entropija

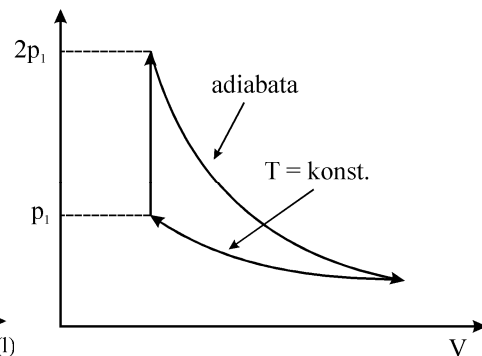
1.) Zrak, ki ima na začetku prostornino 2 l, temperaturo 20 °C in tlak 1 bar, stisnemo na četrtnino začetne prostornine. Kolikšna sta končna temperatura in tlak, če stiskanje poteka izotermno? Kaj pa če stiskanje poteka adiabatno? Koliko dela moramo opraviti v posameznem primeru? Kolikšna je sprememba notranje energije plina v obeh primerih? Kilomolska masa zraka je 29 kg/kmol, specifična toplota pri konstantni prostornini pa $c_V = 720 \text{ J/kgK}$. (izotermno: $T = 20 \text{ °C}$; $p = 4 \text{ bar}$; $A = 277 \text{ J}$; $\Delta W_n = 0$; adiabatno: $T = 237 \text{ °C}$; $p = 7 \text{ bar}$; $A = \Delta W_n = 372 \text{ J}$)

2.) V posodi s prostornino 5 litrov je 0,2 kg zraka pri temperaturi 23 °C. Zrak najprej izobarno razpnemo na prostornino 8 litrov. Nato ga izohorno ohladimo, da pade tlak na polovico začetne vrednosti, nato pa ga še izotermno razpnemo na končno prostornino 10 litrov. Nariši opisano spremembo v diagramu $p(V)$. Kolikšen je tlak plina po posameznih korakih? En kilomol zraka ima maso 29 kg. ($p_1 = p_2 = 3,4 \cdot 10^6 \text{ Pa}$; $p_3 = 1,7 \cdot 10^6 \text{ Pa}$; $p_4 = 1,4 \cdot 10^6 \text{ Pa}$)

3.) Zrak, ki na začetku zavzema volumen 16 l pri tlaku 2 bara, dvakrat zaporedno stisnemo na polovico začetnega volumna v dvostopenjskem procesu, ki je prikazan na diagramu $p(V)$. Koliko dela smo pri tem procesu opravili? Koliko toplote je oddal plin? Kolikšna je celotna sprememba notranje energije plina? Molska masa zraka je 29 kg/kmol, specifična toplota pri konstantni prostornini pa $c_V = 720 \text{ J/kgK}$. ($A = 2,71 \text{ kJ}$; $Q = -6,73 \text{ kJ}$; $\Delta W_n = -4,02 \text{ kJ}$)



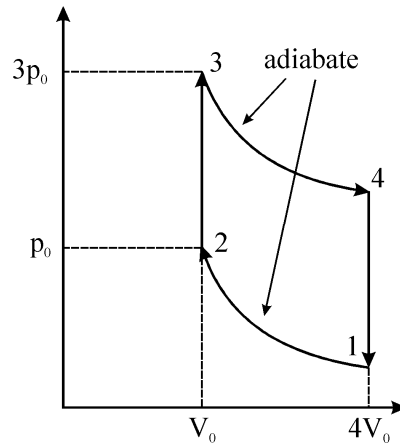
Naloga 3



Naloga 4

4.) 1 kg butana ($M = 58 \text{ kg/mol}$) z začetno temperaturo 0 °C najprej pri stalni prostornini segrejemo, da se tlak v plinu podvoji. Nato ga adiabatno razpnemo, tako da njegova temperatura pade na začetno vrednost. Nazadnje plin še izotermno stisnemo na prvotni volumen. Kolikšni so delo, toplota in sprememba notranje energije plina v posameznih korakih te krožne spremembe? Kolikšen je izkoristek toplotnega stroja? Primerjaj ga z izkoristkom Carnotovega stroja, ki deluje med enakima temperaturama. Specifična toplota pri konstantni prostornini je 360 J/kgK, razmerje specifičnih toplot pri konstantnem tlaku in prostornini pa 1,4. ($A_{12} = 0$; $Q_{12} = \Delta W_{n12} = 98,3 \text{ kJ}$; $A_{23} = \Delta W_{n23} = -98,3 \text{ kJ}$; $Q_{23} = 0$; $A_{31} = -Q_{31} = -67,8 \text{ kJ}$; $\Delta W_{n31} = 0$; $\eta = 31 \%$; $\eta_{\text{Carnot}} = 50 \%$)

5.) Avtomobilski motor z notranjim izgorevanjem lahko aproksimiramo s krožno spremembo, ki je prikazana na sliki. Kolikšen je izkoristek stroja? Kolikšne so temperature po posamičnih korakih, če temperatura plina pred stiskanjem (v točki 1) 290 K? Razmerje med specifičnima toplotama pri konstantnem tlaku in konstantni prostornini je 1,4. ($\eta = 43\%$; $T_2 = 505\text{ K}$; $T_3 = 1515\text{ K}$; $T_4 = 870\text{ K}$)



Naloga 5

6.) V valju prostornine 3 dm^3 nekega toplotnega stroja imamo kisik pri temperaturi 300 K in pod tlakom 2 bara. Kisik najprej pri stalnem tlaku segrejemo na 500 K, nato pri stalni prostornini ohladimo na T_3 , tako da se tlak zmanjša na p_4 . V naslednji fazi kisik pri stalnem tlaku p_4 ohladimo na 150 K in na koncu pri stalni prostornini segrejemo na začetno temperaturo. Koliko dela kisik opravi v enem ciklu? Koliko toplote prejme in koliko je odda? Kolikšen je izkoristek tega toplotnega stroja. Razmerje specifičnih toplot kisika je 1,4. ($A = 110\text{ J}$; $Q_p = 1,13\text{ kJ}$; $Q_o = 1,02\text{ kJ}$; $\eta = 9,7\%$)

7.) Kolikšna je sprememba entropije, če vodo mase 2 kg z začetno temperaturo 10 °C pretvorimo v paro temperature 100 °C? ($\Delta S = 14,5\text{ kJ/K}$)

8.) V toplotno izolirani posodi zmešamo 1 kg ledu temperature 0 °C in 20 kg vode temperature 5 °C. Kolikšna je sprememba entropije celotnega sistema? ($\Delta S = 21\text{ J/K}$)

9.) Klado mase 100 kg vlečemo po vodoravnih tleh. Za koliko se klada segreje na poti 200 m, če klada sprejme polovico sproščene toplote? Koeficient trenja je $k_t = 0,42$, specifična toplota je 2,1 kJ/kgK. Kolikšna je sprememba entropije, če je bila začetna temperatura enaka 20 °C? ($T = 20,2\text{ °C}$; $\Delta S = 143\text{ J/K}$)