

## DELO IN ENERGIJA PRI TERMODINAMSKIH SPREMEMBAH V IDEALNEM PLINU, STROJI

1. Zapiši izraze za delo, toploto in spremembo notranje energije v odvisnosti od začetnih in končnih parametrov ( $p$ ,  $V$ ,  $T$ ) za 4 različne vrste sprememb v idealnem plinu: izohorno, izobarno, izotermno in adiabatno.

Spremenljivka	$V = \text{konst.}$	$p = \text{konst.}$	$T = \text{konst.}$	adiab.
$A$	0	$-p DV$	$-p_1 V_1 \ln(V_2/V_1)$	$m c_v DT$
$Q$	$m c_v DT$	$m c_p DT$	$p_1 V_1 \ln(V_2/V_1)$	0
$DW_n$	$m c_v DT$	$m c_v DT$	0	$m c_v DT$

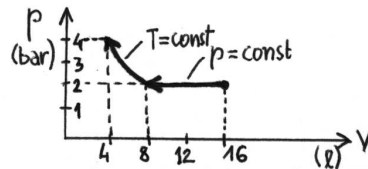
2. Zrak, ki ima na začetku prostornino 2 l in temperaturo 20 °C ter tlak 1 bar, stisnemo na eno četrtino začetne prostornine? Kolikšna sta končna temperatura in tlak, če stiskanje poteka izotermno? Kaj pa, če stiskanje poteka adiabatno? Koliko dela moramo opraviti v posameznem primeru? Kolikšna je sprememba notranje energije plina v obeh primerih? Kilomolska masa zraka je 29 kg/kmol, specifično toplota pri konstantni prostornini pa  $c_v = 720 \text{ J/kgK}$ .

(izotermno:  $T = 20 \text{ °C}$ ,  $p = 4.0 \text{ bar}$ ,  $A = 277 \text{ J}$ ,  $DW_n = 0$ ;

adiabatno:  $T = 237 \text{ °C}$ ,  $p = 7.0 \text{ bar}$ ,  $A = DW_n = 372 \text{ J}$ )

3. Maso 5 g zraka, ki na začetku zavzema volumen 16 l in tlak 2 bara 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 končna notranja energija plina? Molska masa zraka je 29 kg/kmol, specifično toplota  $c_v = 720 \text{ J/kgK}$ .

( $A = 2.71 \text{ kJ}$ ,  $Q = -6.73 \text{ kJ}$ ,  $DW_n = -4.02 \text{ kJ}$ )



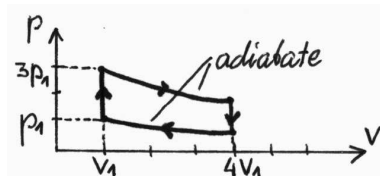
4. 1 kg butana ( $M = 58 \text{ kg/kmol}$ ) z začetno temperaturo  $T_1 = 0 \text{ °C}$  najprej pri stalni prostornini segrejemo, da se tlak v plinu podvoji?

Nato ga adiabatno razpnemo, tako da njegova temperatura pade na začetno vrednost  $T_1 = 0 \text{ °C}$ . Nazadnje plin še izotermno stisnemo na prvotni volumen. Koliko toplote moramo dovesti? Kolikšna je sprememba notranje energije plina. Koliko dela je plin v celoti opravil? Kolikšen je izkoristek takega toplotnega stroja. Primerjaj ga z izkoristkom Carnotovega stroja pri istih temperaturah. Ostali podatki:  $c_v = 360 \text{ J/kgK}$ ,  $k = 1.4$ .

( $A_{12} = 0$ ,  $Q_{12} = DW_{n12} = 98.3 \text{ kJ}$ ,  $A_{23} = DW_{n23} = -98.3 \text{ kJ}$ ,  $Q_{23} = 0$ ,  $A_{31} = -Q_{31} = 67.8 \text{ kJ}$ ,  $DW_{n31} = 0$ , izkoristek = 31 %, izkoristek 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? Kolikšen bi bil izkoristek ekvivalentnega hladilnega astroja, ki bi opravljal obrnjeno krožno spremembo?

(izkoristek = 43 %,  $T_2 = 505 \text{ K}$ ,  $T_3 = 1515 \text{ K}$ ,  $T_4 = 870 \text{ K}$ )



6. Koliko premoga s sežigno toploto 12.6 MJ/kg porabi toplotni stroj vsako uro, če dela z močjo 20 kW med delovnimi temperaturama 180 °C in 80 °C, njegov izkoristek pa je trikrat slabši od izkoristka idealnega toplotnega stroja pri istih temperaturah? Koliko višja bi morala biti začetna delovna temperatura plina, da bi se poraba premoga zmanjšala za 30%?

( $m = 77.7 \text{ kg}$ ,  $DT_{\text{visja}} = 63 \text{ °C}$ )

7. S kolikšno močjo mora delati elektromotor v idealno izoliranem hladilniku, da v desetih minutah spremeni v led 1 kg vode? Temperatura v hladilniku je ves čas 0 °C, temperatura okolice pa 30 °C. Hladilnik dela 2.5 krat slabše kot ustrezni Carnotov Hladilnik. Talilna toplota ledu je 336 kJ/kg.

( $P = 154 \text{ W}$ )

