

Dr Rafał L. Ossowski

## ZADANIA NA I KOŁOKWIUM Z PRZEDMIOTU TERMODYNAMIKA TECHNICZNA

### Zadanie 1

Przy ciśnieniu atmosferycznym 1010 hPa zaobserwowano na manometrze U-rurkowym, podłączonym do przewodu parowego, wysokość słupa wody ( $\rho_w=1000 \text{ kg/m}^3$ ) wynoszącą 2,70 m oraz wysokość słupa rtęci ( $\rho_{Hg}=13560 \text{ kg/m}^3$ ) wynoszącą 1,62 m. Oblicz jakie jest ciśnienie absolutne pary w przewodzie? Wynik przedstaw w jednostkach podstawowych układu SI.

### Zadanie 2

W zbiorniku kompresora o objętości  $V=100$  i znajduje się powietrze pod nadciśnieniem  $p_{m1}=10 \text{ MPa}$  i o temperaturze  $t=17^\circ\text{C}$ . Po zużyciu pewnej ilości gazu, nadciśnienie spadło do  $p_{m2}=10 \text{ bar}$ , a temperatura wzrosła do  $t_2=20^\circ\text{C}$ . Obliczyć masę zużytego powietrza. Ciśnienie atmosferyczne  $p_b=1 \text{ bar}$ . Stała gazowa powietrza  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ .

### Zadanie 3

Ciekła substancja całkowicie wypełnia naczynie, które zamyka się pod ciśnieniem  $p_0$  i w temperaturze  $T_0$  i następnie ogrzewa się do  $T_1$ . Obliczyć końcowe ciśnienie przy założeniu stałości objętości naczynia. Znane są wartości współczynników rozszerzalności izobarycznej i ściśliwości izotermicznej ( $\alpha, \kappa$ ) cieczy.

### Zadanie 4

W cylindrze zamkniętym tłokiem znajduje się 0,1 kmol metanu ( $\text{CH}_4$ ), który można traktować jako gaz doskonały. Parametry początkowe gazu w cylindrze są następujące:  $V_1=0,1 \text{ m}^3$ ,  $p_1=10 \text{ MPa}$ . Gaz rozpręża się do parametrów  $V_2=1 \text{ m}^3$  i ciśnienia  $p_2=1 \text{ MPa}$ . Przedstaw przemianę w układzie  $p(V)$ . Oblicz pracę bezwzględną, techniczną i użyteczną, wykonaną przez gaz w cylindrze, jeśli ciśnienie otoczenia wynosi 1 bar. Prace te oblicz dla dwóch przypadków: a) przemiana jest linią prostą, b) przemiana jest izotermą  $T = \text{const.}$ , a zatem  $pV = \text{const.}$

### Zadanie 5

Jaka masa ołowiu  $m_{Pb}$  o temperaturze  $15^\circ\text{C}$  może zostać podgrzana do temperatury topnienia  $327^\circ\text{C}$  przez uderzenie młota o masie 250 kg spadającego z wysokości 2 m, jeżeli 75% energii spadającego młota przekształci się w energię cieplną ołowiu (Pb)? Ciepło właściwe ołowiu  $c_{Pb} = 0,1298 \text{ kJ/kg K}$ .

### Zadanie 6

Obliczyć energię wewnętrzną właściwą 1 kg powietrza o temperaturze  $t = 0^\circ\text{C}$ , przyjmując założenie, że w normalnych warunkach fizycznych entalpia właściwa ma wartość zerową.

### Zadanie 7

W naczyniu w kształcie walca o promieniu  $r$  zamkniętym ruchomym tłokiem poruszającym się praktycznie bez tarcia, znajduje się w temperaturze  $T_1$  i pod ciśnieniem  $p_1$  ciecz o współczynnikach rozszerzalności i ściśliwości ( $\alpha, \kappa$ ). Na tłoku położono ciężar o masie  $m$  przekraczającym kilka ton. W chwili początkowej słup cieczy wynosił  $h_0$ . O ile stopni C należy podgrzać zbiornik, aby podnieść ciężar na wysokość  $h > h_0$ ? Jakie założenia upraszczające są niezbędne, aby można było odpowiedzieć na to pytanie wykorzystując jedynie przedstawione dane?

### Zadanie 8

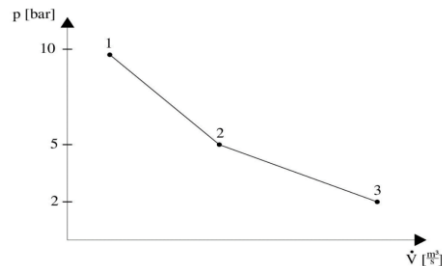
Termowentylator zasilany jest mocą elektryczną  $P=1,2$  kW. Jaki strumień masy powietrza można w ciągu godziny ogrzać od  $14^{\circ}\text{C}$  do  $35^{\circ}\text{C}$  przy stałym ciśnieniu tego powietrza? Średnie ciepło właściwe powietrza w podanym zakresie temperatur wynosi  $c_{\text{pair}}=1,005$  kJ/kg K.

### Zadanie 9

Do skraplacza układu chłodniczego wpływa czynnik chłodniczy o temperaturze  $t_{\text{sk}}=40^{\circ}\text{C}$ . Skraplacz jest chłodzony wodą o temperaturze wlotowej  $t_{\text{wl}}=25^{\circ}\text{C}$ . Powierzchnia wymiany ciepła  $A=0,2$  m<sup>2</sup>, średni współczynnik przenikania ciepła  $k=2000$  W/(m<sup>2</sup>·K). Strumień masy wody chłodzącej  $m=0,1$  kg/s, średnie ciepło właściwe przyjąć  $c_p=4200$  J/(kg·K). Obliczyć temperaturę wylotową wody chłodzącej  $t_{\text{wyl}}$ , oraz przyrost strumienia entropii, jeśli temperatura otoczenia  $t_{\text{ot}} = t_{\text{wl}}$ .

### Zadanie 10

Azot (N<sub>2</sub>, gaz doskonały) o parametrach  $p_1 = 10$  bar,  $T_1$  600 K dopływa do maszyny przepływowej (silnika). Przemianę zamkniętą wewnątrz maszyny przedstawia w układzie  $p(V)$  linia złożona z dwóch odcinków prostych (rysunek). Parametry punktu załamania mają wartość:  $p_2=5$  bar,  $T_2=500$  K. Parametry gazu w przewodzie wylotowym wynoszą:  $p_3=2$  bar,  $T_3=300$  K. Moc maszyny  $P=200$  kW.



Oblicz strumień masy azotu i podaj w g/min.

### Zadanie 11

W idealnym silniku przepływowym o mocy  $P=500$  kW gaz odbywa przemianę o równaniu:  $pV=\text{const}$ . Gaz ma na dolocie ciśnienie absolutne  $1,5$  MPa i gęstość  $10$  kg/m<sup>3</sup>, a na wylocie ciśnienie  $100$  kPa. Jaki strumień masy gazu przepływa przez silnik?

### Zadanie 12

W izobarycznym zbiorniku o objętości  $V=1$  m<sup>3</sup> znajduje się pod ciśnieniem  $p_1=0,2$  MPa dwuatomowy gaz doskonały w ilości  $n=0,08$  kmol. W zbiorniku zamontowana jest grzałka o mocy  $P=800$  W. Obliczyć, po jakim czasie ciśnienie wzrośnie do wartości  $p_2=0,3$  MPa.

### Zadanie 13

W zbiorniku zmieszano trzy gazy doskonałe o takich samych objętościach, masy molowe tych gazów mają się do siebie jak:  $M_1:M_2:M_3=1:1,25:1,5$ . Obliczyć udziały masowe składników tego roztworu i podać wzór na jego stałą gazową, traktując masę molową  $M_1$  pierwszego składnika jako znaną.

### Zadanie 14

W zbiorniku znajduje się  $m=5$  kg powietrza o parametrach początkowych  $p_1=101,3$  kPa,  $t_1=38$  °C. Powietrze jest podgrzewane, aż do osiągnięcia temperatury  $260$  °C. Przy założeniu, że powietrze można traktować jako gaz doskonały, obliczyć zmianę energii wewnętrznej, entalpii, wykonaną pracę i ciepło przemiany dla: a) przemiany izochorycznej, b) przemiany izobarycznej.

Zadanie 15

Sprężarka zasysa, w warunkach ustalonych w czasie, strumień powietrza wynoszący 180 kg/h. Powietrze dopływa do maszyny z prędkością 14 m/s i entalpią jednostkową 16 kJ/kg, a opuszcza ją z prędkością 7 m/s i entalpią 103 kJ/kg. Dostarczana powietrzu przez tłok sprężarki mechaniczna moc wewnętrzna wynosi 25kW. Jaki strumień ciepła odbiera od ścianek woda chłodząca?

*Zestawienie zależności dla przemian charakterystycznych dla gazów doskonałych i rzeczywistych*

Rodzaj przemiany	Ciepło $q_{\Pi 1-2}$	Praca bezwzględna $l_{\Pi 1-2}$	Praca techniczna $l_{\Pi 1-2}$
<b>izoterma</b> $T = \text{idem}$	$T \cdot \Delta s$	$q_{T1,2} - \Delta u$	$q_{T1,2} - \Delta i$
<b>izobara</b> $p = \text{idem}$	$\Delta i$	$p(v_2 - v_1) = q_{p1,2} - \Delta u$	<b>0</b>
<b>izochora</b> $v = \text{idem}$	$\Delta u$	<b>0</b>	$-v(p_2 - p_1) = q_{v1,2} - \Delta i$
<b>izentropa</b> $s = \text{idem}, \Delta s = 0$	<b>0</b>	$-\Delta u$	$-\Delta i$
<b>politropa</b> $p v^z = \text{idem}$	$l_{1-2} + \Delta u = l_{\Pi 1-2} + \Delta i$	$\frac{1}{z-1}(p_1 v_1 - p_2 v_2)$	$\frac{z}{z-1}(p_1 v_1 - p_2 v_2)$

Powodzenia ☺!

RLO