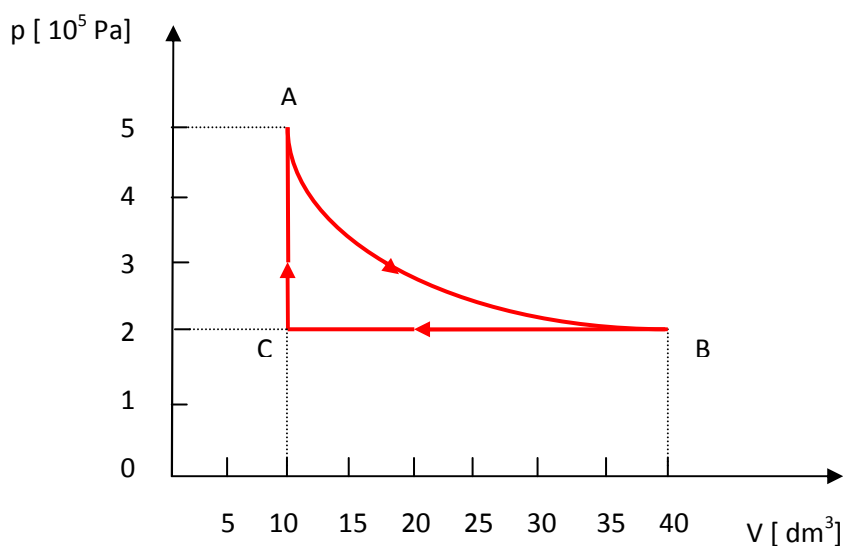


18– TERMODYNAMIKA. PODSUMOWANIE

Zadanie 1

Oto cykl pracy pewnego silnika termodynamicznego w układzie $p(V)$.



Sprawność tego silnika wynosi 20%, a praca wykonana przez niego w jednym cyklu, 2500 J.

a. Przemiany w tym cyklu były kolejno

A – B

B – C

C – A

b. Oblicz prace wykonane przez gaz we wszystkich kolejnych przemianach.

c. Oblicz wartość ciepła pobranego ze zbiornika ciepła i oddanego do chłodnicy.

d. Jakie były zmiany energii wewnętrznej w poszczególnych przemianach?

Odpowiedź na końcu konspektu.

Zadanie 2

Zasada ekwipartycji energii głosi, że ciepło właściwe i molowe jest jednakowe na każdy stopień swobody. Ciepło molowe każdego gazu wynosi $C_V = \frac{i}{2}R$, jeśli nie wiesz, i , to liczba stopni swobody. Gaz jednoatomowy posiada trzy stopnie swobody, a dwuatomowy, pięć.

Hel jest gazem jednoatomowym o masie molowej $\mu_{\text{He}} = 0,004 \text{ kg / mol}$. Argon jest gazem jednoatomowym, a jego masa molowa wynosi $\mu_{\text{Ar}} = 0,040 \text{ kg / mol}$. Tlen jest gazem dwuatomowym, a jego masa molowa wynosi $\mu_{\text{O}_2} = 0,032 \text{ kg / mol}$.

- a. Udowodnij, że wartość stałej gazowej na podstawie danej z poniższej tabeli wynosi

$$R = 8,37 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

- b. Oblicz i uzupełnij do tabelę. Używaj wartości udowodnionej wcześniej.

	ciepło właściwe $c_v [\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}]$	ciepło właściwe $c_p [\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}]$	ciepło molowe $C_v [\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}]$	ciepło molowe $C_p [\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}]$
hel	3140			
argon				
tlen				

Zadanie 3

Gęstość wodoru w warunkach normalnych (przyjmij $t_0 = 0^\circ\text{C}$, $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$) wynosi $\rho_0 = 0,08987 \text{ kg/m}^3$. Butlę o objętości $V = 50 \text{ dm}^3$ napełniono wodorem w temperaturze 20°C tak, że jego gęstość była 3 razy większa od ρ_0 .

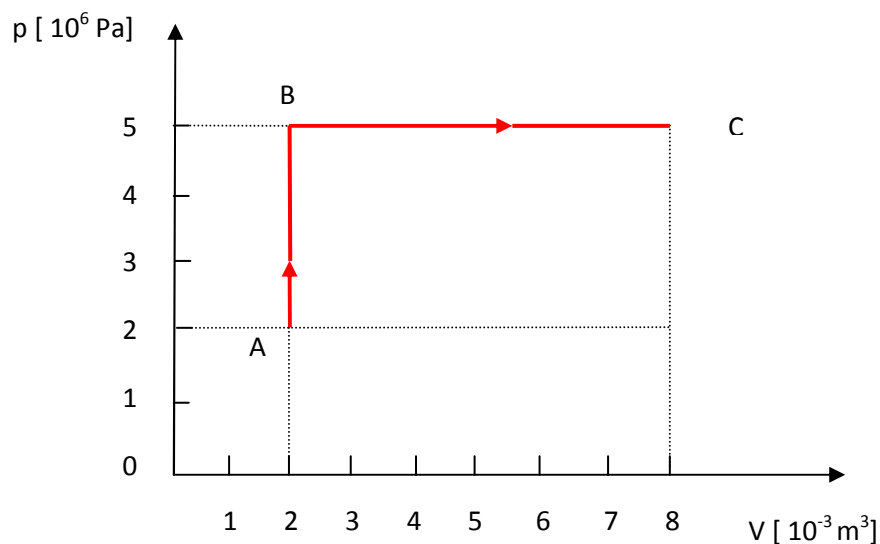
- Oblicz ile wynosiło ciśnienie w tej butli.
- Ile moli wodoru znajdowało się w butli (masa molowa H_2 wynosi 2 g/mol).
- Do jakiej temperatury (w stopniach Celsjusza można ogrzać butlę, by nie było niebezpieczeństwa wybuchu, skoro ciśnienie maksymalne może w niej wynosić $5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$?

Zadanie 4

Wykres na następnej stronie przedstawia dwie przemiany w układzie $p(V)$, zachodzące dla 64 moli tlenu O_2 (masa molowa tlenu $\mu = 32 \text{ g/mol}$). Ciepło molowe gazu dwuatomowego

$$C_v = \frac{5}{2}R$$

Gdzie R , to stała gazowa.



a. Przemiany w tym cyklu były kolejno

1.

2.

b. Oblicz wartości temperatur (w stopniach Celsjusza) dla gazu w stanach A, B i C.

c. Oblicz wartości pracy sił zewnętrznych, ciepło i przyrost energii wewnętrznej, a wyniki wpisz do poniższej tabeli łącznie ze znakiem oraz wybierz właściwą odpowiedź, czy obliczone ciepło było pobrane przez układ, czy oddane do otoczenia, oraz czy energia wewnętrzna wzrosła, czy zmalała.

	W [J]	Q[J]	ΔU [J]
przemiana A - B			
		pobrane – oddane	wzrosła - zmalała
przemiana B - C			
		pobrane - oddane	wzrosła - zmalała

Zadanie 5

Balon ma objętość $V = 2000 \text{ m}^3$ i jest wypełniony wodorem pod ciśnieniem atmosferycznym. Temperatura wewnątrz balonu i powietrza na zewnątrz wynoszą $+10^\circ\text{C}$. Masa molowa wodoru $\mu_H = 2 \text{ g/mol}$, a powietrza $\mu_p = 29 \text{ g/mol}$. Powłoka balonu razem z koszem i balastem ma masę $m = 50 \text{ kg}$.

- Oblicz siłę nośną balonu, zakładając, że w czasie ruchu balonu działa siła równa 10% ciężaru całkowitego liczonego dla całości (wspomnianej masa 50 kg powłoki z balastem i masy wodoru).
- Jakim ruchem wznosiłby się balon w górę? Uzasadnij odpowiedź.

Zadanie 6

W kalorymetrze aluminiowym znajduje się $m_k = 400 \text{ g}$ wody o masie $m_w = 300 \text{ g}$ i temperaturze początkowej $t_w = 20^\circ\text{C}$. Do kalorymetru nalano $m_p = 100 \text{ g}$ ciekłej parafiny o temperaturze $t_p = 70^\circ\text{C}$. Jaka była temperatura końcowa wody w kalorymetrze?

Ciepło właściwe wody – $c_a = 896 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

Ciepło właściwe wody – $c_w = 4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

Ciepło właściwe parafiny ciekłej – $c_{pc} = 2100 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

Ciepło właściwe parafiny stałej – $c_{ps} = 1300 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

Temperatura krzepnięcia parafiny – $t_k = 50^\circ\text{C}$.

Ciepło krzepnięcia parafiny – $L = 150000 \text{ J/kg}$.

ODPOWIEDZI

Odpowiedzi do zadania 1:

- izotermiczna, izobaryczna, izochoryczna
- 8500 J , -6000 J , 0
- $Q_1 = 12500 \text{ J}$, $Q_2 = 10000 \text{ J}$
- $A - B$ – energia wewnętrzna była stała,
 $B - C$ – energia wewnętrzna zmalała,
 $C - A$ – energia wewnętrzna wzrosła.

Odpowiedzi do zadania 2:

	ciepło właściwe $c_v [\frac{J}{kg \cdot K}]$	ciepło właściwe $c_p [\frac{J}{kg \cdot K}]$	ciepło molowe $C_v [\frac{J}{mol \cdot K}]$	ciepło molowe $C_p [\frac{J}{mol \cdot K}]$
hel	3140	5232,5	12,56	20,93
argon	314	523,25	12,56	20,93
tlen	654,06	915,63	20,93	29,30

Odpowiedzi do zadania 3:

- Ciśnienie wynosiło około $3,2 \cdot 10^5$ Pa.
- Okolo 6,73 moli
- Do około 153,6°C

Odpowiedzi do zadania 4:

- A – B - izochoryczna, B - C - izobaryczna,
- $T_A = -32,3^\circ C$ $t_B = 328,75^\circ C$, $t_C = 2134^\circ C$

c.

	W [J]	Q[J]	ΔU [J]
przemiana A – B	0	+15000	+15000
		pobrane – oddane	wzrosła - zmalała
przemiana B – C	-30000	+105000	+75000
		pobrane - oddane	wzrosła - zmalała

Odpowiedzi do zadania 5:

- $F_N = 5350$ N
- Wznosiłby się ruchem niejednostajnie przyspieszonym do osiągnięcia pewnej prędkości, a później ruchem jednostajnym. Dzieje się tak dlatego, że siła nośna, dana wzorem

$$F_n = F_w - Q - F_o$$

F_n – siła nośna,

F_w – siła wyporu,

Q – ciężar,

F_o – siła oporu powietrza,

Przy wznoszeniu zmniejsza się. W powyższym wzorze jedynie ciężar można przyjąć za stały. Wysokości, na które wznoszą się balony są znikome, więc można przyjąć, że przyspieszenie ziemskie jest stałe. Co prawda na wyższych wysokościach temperatura wodoru jest mniejsza, więc gęstość większa i ciężar wodoru i całego balonu nieznacznie rośnie. Siła wyporu maleje, gdyż gęstość powietrza na wyższych wysokościach jest mniejsza. Rośnie z kolei siła oporu, która jest w przybliżeniu proporcjonalna do prędkości. Tak więc w miarę wznoszenia się maleje siła wyporu, a rosną siła oporu i nieznacznie nawet ciężar. Wszystko to powoduje, że siła maleje do zera, a odtąd balon nie będzie miał przyspieszenia, więc będzie się wznosił ruchem jednostajnym, czy w praktyce nawet zawisnie.

Odpowiedź do zadania 6:

$t = 37,4^\circ\text{C}$