

# Podstawy termodynamiki

---

## Pytania egzaminacyjne

1. Termodynamika fenomenologiczna (klasyczna) zajmuje się makroskopowymi i równowagowymi zjawiskami termodynamicznymi. Do opisu obserwowanych zjawisk niezbędne jest wyodrębnienie badanego układu z otoczenia.
  - a. Zdefiniuj pojęcia: układ makroskopowy i otoczenie
  - b. W jaki sposób układ jest wyodrębniony z otoczenia? Co je rozdziela? Wymień i podaj przykłady.
  - c. W jaki sposób układ może oddziaływać z otoczeniem?
2. Parametr termodynamiczny określa makroskopowy stan układu (w chwili pomiaru). Często parametry termodynamiczne dzieli się na dwa rodzaje: intensywne i ekstensywne. Jednak ze względu na inne cechy można jeszcze wyróżnić parametry zewnętrzne, zależne i niezależne oraz parametry stanu. Zdefiniuj znane Ci parametry termodynamiczne i dla każdego z nich podaj przykłady.
3. W termodynamice statystycznej pojawia się pojęcie zmiennej termodynamicznej. Jakie cechy posiada zmienna termodynamiczna?
4. W termodynamice fenomenologicznej stan układu rozważany jest jako stan równowagi. Zdefiniuj pojęcia i podaj przykłady:
  - a. stan równowagi termicznej
  - b. stan równowagi niepełnej
  - c. stan równowagi względnej
  - d. stan stacjonarny
5. Stan równowagi cieplnej związany jest z zasadą tranzytywności znaną też jako „zerowa” zasada termodynamiki. Na czym polega zasada tranzytywności?
6. Równanie gazu doskonałego i gazu rzeczywistego. Równanie gazu rzeczywistego (równanie Van der Waalsa):

$$\left(p + \frac{a}{\bar{V}^2}\right)(\bar{V} - b) = RT$$

zawiera „poprawki” wynikające z różnicy między gazem rzeczywistym a doskonałym.

- a. Wyjaśnij symbole występujące w tym równaniu a następnie sprowadź równanie do postaci znanej jako równanie Calpeyrona (pamiętaj o jednostkach!).
  - b. Wymień cechy gazu doskonałego.
7. Zdefiniuj występujące w termodynamice pojęcia :
    - a. Ciepło
    - b. Pojemność cieplna
    - c. Ciepło właściwe(z uwzględnieniem różnych warunków)
    - d. Ciepło przemiany

(pamiętaj o jednostkach).

8. Ciepło jest formą energii wymienianej między układem a otoczeniem. Wymień i opisz na jakie „sposoby” może zachodzić ten proces.

9. Zdefiniuj występujące w termodynamice pojęcie PRACA. Na podstawie wykresów  $p(V)$  przedstawiających kilka dowolnych procesów wyjaśnij pojęcie „funkcja stanu”.
10. Zdefiniuj energię wewnętrzną układu. Do jakiej grupy (grup) parametrów termodynamicznych można zaliczyć energię wewnętrzną? W jaki sposób układ może zmienić energię wewnętrzną?
11. I zasada termodynamiki. Rozwiń odpowiedź uwzględniając szczególne przypadki: przemianę adiabatyczną, przemianę izochoryczną, proces cykliczny, rozprężanie swobodne.
12. Przemiany gazu doskonałego opisać można równaniem stanu znanym jako równanie Clapeyrona:  $\frac{pV}{T} = nR = const$ . Zilustruj wykresami i sformułuj przemiany gazowe:
  - a. Gay-Lussaca ( $p=const$ )
  - b. Charles'a ( $V=const$ )
  - c. Boyle'a i Mariotte'a ( $T=const$ )

13. Kinetyczna teoria gazów

14. Kinetyczna teoria gazów

15. Kinetyczna teoria gazów

16. Średnia energia kinetyczna ruchu postępowego pojedynczego atomu gazu zależy wyłącznie od temperatury:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T \quad (1)$$

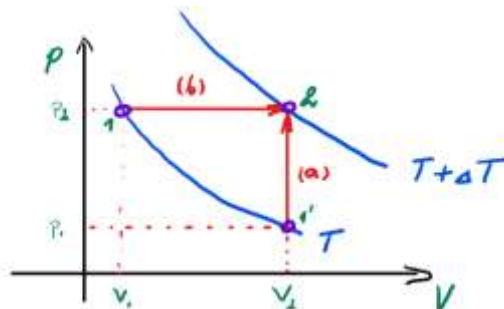
energia wewnętrzna  $n$  moli tego gazu wynosi:

$$U = nN_A \bar{E}_k \quad (2)$$

- a. Jak zmieni się energia wewnętrzna układu (gazu), do którego dostarczane jest ciepło  $Q = mC\Delta T = nc_v\Delta T$  w przemianie izochorycznej? ( $V=const$ ;  $c_v$  jest molowym ciepłem właściwym przy stałej objętości; skorzystaj z I zasady termodynamiki)
- b. Korzystając wyrażenia na  $\Delta U$  wyprowadzonego w punkcie (a) równania (1) oraz związku  $R=k_B N_A$  pokaż, że  $c_v$  jest molowe ciepło właściwe przy stałej objętości dla gazu jednoatomowego wynosi:  $c_v = \frac{3}{2} R$
- c. Jak zmieni się (i dlaczego) ciepło  $c_v$  dla gazów dwu- i wieloatomowych?

(Pamiętaj o jednostkach i wyjaśnieniu symboli we wzorach)

17. Wykres zamieszczony poniżej przedstawia dwie przemiany jednoatomowego gazu doskonałego: izobaryczną (b) i izochoryczną (a):



W przemianie izobarycznej układ zmienił stan z  $(p_2, V_1, T)$  na  $(p_2, V_2, T+\Delta T)$  a izochorycznej z  $(p_1, V_2, T)$  na  $(p_1, V_2, T+\Delta T)$ .

- Jak zmieniła się energia wewnętrzna tego układu w obu przemianach?
- W obu przemianach układ zmienił temperaturę o  $\Delta T$ . Czy oznacza to, że do w obu przypadkach do układu została dostarczona taka sama ilość ciepła? Uzasadnij odpowiedź.

18. W przemianie izobarycznej gazu do układu dostarczane jest ciepło a gaz wykonuje pracę. Zdefiniuj dla tego układu entalpię i opisz jej cechy.

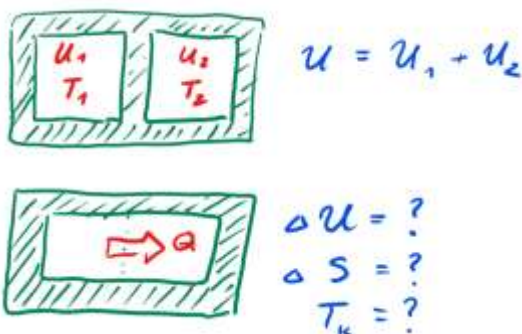
19. Pojemności cieplne przy stałym parametrze  $x$  można wyrazić ogólnym wzorem:

$$C_x = \left( \frac{DQ}{dT} \right)_x.$$

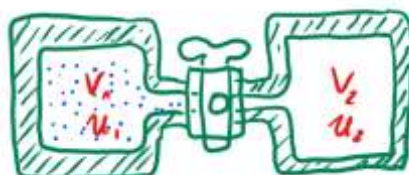
Korzystając z I zasady termodynamiki dla przemiany izochorycznej i izobarycznej oraz definicji entalpii pokaż, że pojemności  $C_V$  i  $C_p$  można zapisać jako zmianę energii wewnętrznej lub entalpii (odpowiednio).

20. Zdefiniuj pojęcie entropii (definicja fenomenologiczna) Powiąż definicję z kierunkowością procesów, energią układu i temperaturą. Wykorzystaj II zasadę termodynamiki. Opisz cechy entropii jako parametru termodynamicznego.

21. Dwa odizolowane adiabatycznie od otoczenia podukłady o różnych temperaturach zostały połączone ścianką diatermiczną pozwalającą na wyrównanie temperatur.



- Czy i jak zmieniła się energia wewnętrzna tego układu?
  - Czy i jak zmieniła się entropia tego układu?
  - Czy proces przekazania ciepła z jednego pod układu jest procesem odwracalnym?
22. Dwa odizolowane adiabatycznie od otoczenia podukłady o tej samej objętości zostały połączone zaworem pozwalającym na wyrównanie ciśnienia. Przed otwarciem zaworu tylko w jednym z nich znajdował się gaz.



- Czy i jak zmieniła się energia wewnętrzna tego układu?

- b. Czy i jak zmieniła się entropia tego układu?
  - c. Czy proces adiabatycznego rozprężania gazu jest procesem odwracalnym?
23. II zasada termodynamiki doczekała się wielu sformułowań. Definicje Clausiusa i Thomsona . Podaj jedną z nich i uzasadnij dlaczego konsekwencją II zasady termodynamiki jest brak możliwości stworzenia *perpetum mobile* II rodzaju.
24. Sformułuj II zasadę termodynamiki w oparciu o zmianę entropii układu.
25. Narysuj schematy przedstawiające prosty silnik pracujący w cyklu Carnota. Przedstaw na wykresie pV procesy jakie przechodzi gaz w każdej w czasie pojedynczego cyklu.

CDN