

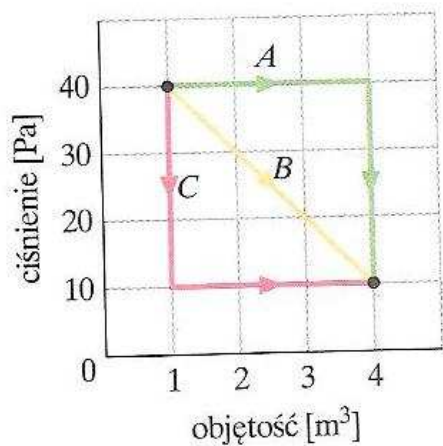
III. Ciepło, praca, energia wewnętrzna – I zasada termodynamiki.

Twierdzenie o ekwipartycji energii. Równanie stanu gazu doskonałego. Entropia i II zasada termodynamiki

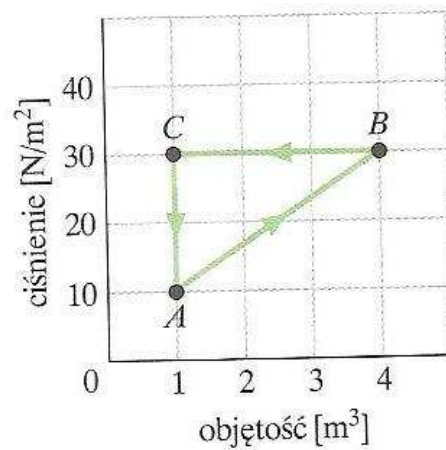
1. Masa molowa pewnej substancji wynosi 50 g/mol. Dostarczenie próbce tej substancji, o masie 30 g i temperaturze 25⁰C, 314 J energii w postaci ciepła powoduje jej ogrzanie do 45⁰C. Ile wynosi a) ciepło właściwe i b) molowe ciepło właściwe tej substancji? c) Ile moli substancji zawiera próbka?
2. Oblicz minimalną energię (w dżulach) potrzebną do całkowitego stopienia 130 g srebra o temperaturze początkowej 15⁰C.
3. Naczynie miedziane o masie 150 g zawiera 220 g wody. Woda i naczynie mają taką samą temperaturę 20⁰C. Do naczynia wrzucono rozgrzany walec miedziany o masie 300g. W rezultacie woda zaczęła wrzeć, a 5 g zmieniło się w parę. Końcowa temperatura układu wynosi 100⁰C. Zaniedбай wymianę energii z otoczeniem. a) Ile ciepła (w kaloriach) zostało przekazane wodzie? b) Ile ciepła otrzymało naczynie? c) Jaka była początkowa temperatura walca?
4. Samochód o masie 1500 kg jadący z prędkością 90 km/h zaczyna hamować i poruszając się ruchem jednostajnie opóźnionym bez poślizgu, zatrzymuje się na odcinku 80 m. W jakim tempie hamulce zamieniają energię mechaniczną w energię termiczną?
5. Ile pary wodnej o temperaturze 100⁰C trzeba wpuścić do izolowanego zbiornika zawierającego 150 g lodu o temperaturze topnienia, aby w stanie końcowym otrzymać wodę o temperaturze 50⁰C?
6. a) Dwie kostki lodu o masie 50 g każda wrzucono do termosu zawierającego 200 g wody. Jaka będzie temperatura końcowa po osiągnięciu przez układ równowagi termodynamicznej, jeżeli woda miała początkowo temperaturę 25⁰C, a lód wyjęto z zamrażarki, w której panowała temperatura - 15⁰C? b) Jaka byłaby temperatura końcowa w przypadku, gdyby wzięto tylko jedną kostkę lodu?
7. Nad pewnym układem wykonano pracę równą 200 J i odebrano z niego 70 cal ciepła. Jaką wartość (i znak, zgodnie z konwencją przyjętą w pierwszej zasadzie termodynamiki) ma: a) praca W, b) ciepło Q i c) zmiana energii wewnętrznej ΔE_w ?
8. Próbkę gazu zwiększa swą objętość od 1 m³ do 4 m³, a jednocześnie jej ciśnienie maleje od 40 Pa do 10 Pa. Jaką pracę wykona gaz, jeśli ciśnienie będzie się zmieniać ze zmianą objętości w sposób opisany trzema wykresami we współrzędnych p-V, przedstawionymi na rysunku?
9. Gaz w zamkniętej komorze został poddany przemianie cyklicznej przedstawionej na wykresie p-V z rysunku. Oblicz łączną wartość ciepła dostarczonego do układu w całym cyklu.
10. Oblicz masę (w kilogramach) $7,5 \cdot 10^{24}$ atomów arsenu. Masa molowa arsenu wynosi 74,9 g/mol.
11. Masa molowa złota wynosi 197 g/mol. a) Ile moli złota zawiera czysta próbka tego pierwiastka o masie 2,5 g? b) Ile atomów zawiera próbka?
12. Wyznacz: a) liczbę moli i b) liczbę cząsteczek w 1m³ gazu doskonałego pod ciśnieniem 100 Pa i w temperaturze 220 K.
13. Oblicz pracę wykonaną przez siłę zewnętrzną podczas izotermicznego sprężania 1 mola tlenu do objętości końcowej 16,8 l, jeżeli w stanie początkowym w temperaturze 0⁰C i pod ciśnieniem 1 atm zajmuje on objętość 22,4 l.
14. Powietrze, które w stanie początkowym pod ciśnieniem 103,0 kPa mierzonym względem ciśnienia atmosferycznego zajmuje objętość 0,14 m³, ulega rozprężeniu izotermicznemu. Końcowe ciśnienie (mierzone w ten sam sposób) ma wartość

- 101,3kPa. Następnie powietrze jest chłodzone pod stałym ciśnieniem aż osiągnie wartość początkową. Oblicz pracę wykonaną przez powietrze.
15. Próbkę gazu doskonałego poddano przemianom cyklicznej *abca* przedstawionej we współrzędnych *p-V* na rysunku. W punkcie *a* temperatura $T = 200 \text{ K}$. a) Ile moli gazu zawiera próbka? Ile wynosi: b) temperatura gazu w punkcie *b*, c) temperatura gazu w punkcie *c* i d) sumaryczne ciepło dostarczone do gazu w trakcie całego cyklu?
 16. Wyznacz średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząstek gazu doskonałego w temperaturze a) 0°C i b) 100°C . Ile wynosi energia kinetyczna ruchu postępowego mola cząsteczek gazu doskonałego w temperaturze c) 0°C i d) 100°C ?
 17. Ile wynosi energia wewnętrzna 1 mola jednoatomowego gazu doskonałego o temperaturze $T = 273 \text{ K}$?
 18. W wyniku dostarczenia do gazu $20,9 \text{ J}$ energii w postaci ciepła jego objętość wzrosła od 50 m^3 do 100 m^3 . Ciśnienie było stałe i miało wartość 1 atm . a) O ile wzrosła energia wewnętrzna gazu? Wyznacz molowe ciepło właściwe gazu b) przy stałym ciśnieniu i c) przy stałej objętości, jeśli w przemianie uczestniczyło $2 \cdot 10^{-3}$ mola gazu.
 19. Do gazu dwuatomowego rozprężającego się przy stałym ciśnieniu dostarczono 70 J energii w postaci ciepła. Cząstki uczestniczą w ruchu obrotowym, ale nie wykonują ruchu drgającego. O ile wzrosła energia wewnętrzna gazu?
 20. Załóżmy, że 4 mole dwuatomowego gazu doskonałego, którego cząsteczki uczestniczą w ruchu obrotowym, ale nie uczestniczą w ruchu drgającym, ogrzano o 60 K przy stałym ciśnieniu. a) Ile ciepła dostarczono do gazu? b) O ile wzrosła energia wewnętrzna gazu? c) Jaką pracę wykonał gaz? d) O ile wzrosła energia kinetyczna ruchu postępowego cząsteczek gazu?
 21. Pewien gaz pod ciśnieniem $1,2 \text{ atm}$ i w temperaturze 310 K zajmował objętość $4,3 \text{ l}$. Następnie sprężono go adiabatycznie do objętości $0,76 \text{ l}$. Oblicz a) ciśnienie końcowe i b) temperaturę końcową, przyjmując, że jest to gaz doskonały, dla którego parametr $\gamma = 1,4$.
 22. Próbka gazu doskonałego o wielkości $2,5$ mola jest poddana odwracalnemu rozprężeniu izotermicznemu w temperaturze 360 K , które powoduje dwukrotny wzrost objętości. O ile wzrasta entropia gazu?
 23. Cztery mole gazu doskonałego zostały poddane w temperaturze $T = 400 \text{ K}$ odwracalnemu rozprężeniu izotermicznemu od objętości V_1 do objętości $V_2 = 2V_1$. Oblicz: a) pracę wykonaną przez gaz i b) zmianę entropii gazu. c) Ile wyniesie zmiana entropii gazu, jeżeli zamiast rozprężenia izotermicznego poddamy gaz odwracalnemu rozprężeniu adiabatycznemu?
 24. Gaz doskonały ulega w temperaturze 77°C odwracalnemu rozprężeniu izotermicznemu, w wyniku czego zwiększa swoją objętość od $1,3 \text{ l}$ do $3,4 \text{ l}$. Zmiana entropii gazu wynosi 22 J/K . Ile moli gazu poddano przemianie?
 25. Dwuatomowy gaz doskonały, którego cząsteczki mogą uczestniczyć w ruchu obrotowym, ale nie wykonują drgań, poddano procesowi cyklicznemu jak na rysunku. Przyjmując jako znane wartości p_1 , V_1 , T_1 i R , oblicz: a) p_2 , p_3 i T_3 oraz b) pracę W , ciepło Q , zmianę energii wewnętrznej ΔE_w i zmianę entropii ΔS na mol gazu we wszystkich trzech przemianach cyklu.
 26. Kostkę lodu o masie 8 g i temperaturze -10°C umieszczono w termosie zawierającym 100 cm^3 wody o temperaturze 20°C . O ile zmieni się entropia układu lód – woda do chwili, kiedy osiągnie on stan równowagi termodynamicznej? Ciepło właściwe lodu wynosi $2220 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$.
 27. Silnik Carnota, współpracujący ze zbiornikami cieplnymi o temperaturach 235°C i 115°C , w trakcie jednego cyklu pobiera z grzejnika $6,3 \cdot 10^4 \text{ J}$ energii w postaci ciepła.

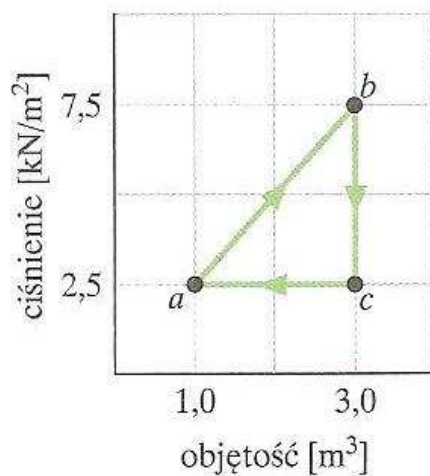
- a) Ile wynosi sprawność silnika? b) Jaka pracę w jednym cyklu może wykonać ten silnik?
28. Chłodziarka Carnota wymaga 200 J pracy, aby pobrać 600 J ciepła z komory chłodzenia. a) Ile wynosi współczynnik wydajności chłodziarki? b) Ile energii w postaci ciepła jest odprowadzane do kuchni w jednym cyklu?
29. Wykaż, że liczba mikrostanów, zdefiniowanych jako znalezienie się cząsteczki w lewej lub prawej połowie zbiornika zawierającego N cząsteczek, jest równa 2^N .
30. Zbiornik zawiera N cząstek gazu rozłożonych po równo w obydwóch jego połowach. Przyjmijmy, że $N = 50$. a) Ile wynosi wielokrotność takiej „centralnej” konfiguracji? b) ile wynosi całkowita liczba mikrostanów układu? c) Ile czasu (procentowo) spędza układ w konfiguracji centralnej? d) Powtórz obliczenia z punktów (a)-(c) dla przypadku $N=100$. e) Powtórz obliczenia z punktów (a)-(c) dla przypadku $N=200$. f) Możesz stwierdzić, że wraz ze wzrostem N układ przebywa *krócej* (a nie dłużej) w konfiguracji środkowej. Wyjaśnij, dlaczego tak jest.



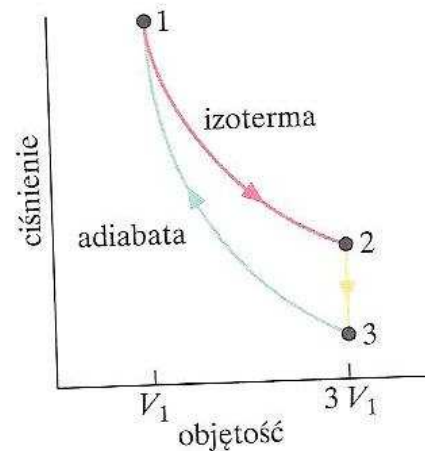
Zad.III.8



Zad.III.9



Zad.III.15



Zad.III.25