

2. První věta termodynamická, enthalpie – procvičování

K nastudování: Peter Atkins, Fyzikální chemie, kapitola 2.1 – Základní pojmy; soubor integraly.jpg

Konstanty:

Molární plynová konstanta $R = 8,314472 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Příklady:

1. Chemická reakce probíhá v nádobě s pístem o ploše 100 cm^2 . Při reakci vzniká plyn, který píst vytlačí o 10 cm proti konstantnímu vnějšímu tlaku 101325 Pa . Vypočítejte vykonanou expanzní práci. ($-101,325 \text{ J}$)
2. Chemická reakce probíhá v nádobě s pístem o ploše 50 cm^2 . Při reakci vzniká plyn, který píst vytlačí o 15 cm proti konstantnímu vnějšímu tlaku 121 kPa . Vypočítejte vykonanou expanzní práci. ($-90,75 \text{ J}$)
3. Vypočítejte práci vykonanou proti konstantnímu vnějšímu tlaku vodíkem vznikajícím reakcí $50,0 \text{ g}$ železa ($M_{\text{Fe}} = 55,845 \text{ g mol}^{-1}$) s kyselinou chlorovodíkovou v
 - (i) uzavřené nádobě o konstantním objemu. (0)
 - (ii) v otevřené kádince při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$. ($-2,2 \text{ kJ}$)
4. Vypočítejte práci vykonanou proti konstantnímu vnějšímu tlaku vodíkem vznikajícím reakcí $15,0 \text{ g}$ hořčíku ($M_{\text{Mg}} = 24,305 \text{ g mol}^{-1}$) s kyselinou chlorovodíkovou v
 - (i) uzavřené nádobě o konstantním objemu. (0)
 - (ii) v otevřené kádince při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$. ($-1,5 \text{ kJ}$)
5. Vypočítejte vykonanou expanzní práci, je-li 50 g vody elektrolyzováno za konstantního tlaku při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$. (-10 kJ)
6. Při adiabatické expanzi proti konstantnímu vnějšímu tlaku 80 kPa se počáteční objem O_2 20 dm^3 třikrát zvýší. Vypočítejte přijaté/odevzané teplo, změnu vnitřní energie a práci, kterou plyn vykoná. ($q = 0$; $w = \Delta U = -3,2 \text{ kJ}$)
7. Objem 1 mol argonu se při konstantní teplotě $0 \text{ }^\circ\text{C}$ zvětšil z $22,4 \text{ dm}^3$ na $44,8 \text{ dm}^3$. Vypočítejte přijaté/odevzané teplo, změnu vnitřní energie a práci, kterou plyn vykoná
 - (i) proti nulovému vnějšímu tlaku. (všechno nulové)
 - (ii) proti konstantnímu vnějšímu tlaku rovnému konečnému tlaku argonu.
($\Delta U = 0$; $w = -1134,9 \text{ J}$; $q = 1134,9 \text{ J}$)
 - (iii) reverzibilně. ($\Delta U = 0$; $w = -1573,3 \text{ J}$; $q = 1573,3 \text{ J}$)
8. Objem 2 mol helia se při konstantní teplotě $22 \text{ }^\circ\text{C}$ zvětšil z $22,8 \text{ dm}^3$ na $31,7 \text{ dm}^3$. Vypočítejte přijaté/odevzané teplo, změnu vnitřní energie a práci, kterou plyn vykoná

- (i) proti nulovému vnějšímu tlaku. (všechno nulové)
- (ii) proti konstantnímu vnějšímu tlaku rovnému konečnému tlaku helia.
 $(\Delta U = 0; w = -1379,5 \text{ J}; q = 1379,5 \text{ J})$
- (iii) reverzibilně. $(\Delta U = 0; w = -1616,7 \text{ J}; q = 1616,7 \text{ J})$
9. Objem 4,5 g methanu ($M_{\text{methan}} = 16,04 \text{ g mol}^{-1}$) se při konstantní teplotě 37 °C zvětšil z 12,7 dm³ o 3,3 dm³. Vypočítejte přijaté/odevzdané teplo, změnu vnitřní energie a práci, kterou plyn vykonal
- (i) proti nulovému vnějšímu tlaku. (všechno nulové)
- (ii) proti konstantnímu vnějšímu tlaku 26664,4 Pa. $(\Delta U = 0; w = -88 \text{ J}; q = 88 \text{ J})$
- (iii) reverzibilně. $(\Delta U = 0; w = -167 \text{ J}; q = 167 \text{ J})$
10. Molární tepelná kapacita ideálního plynu za konstantního objemu je při tlaku 101325 Pa a teplotě 27 °C rovna $\frac{3}{2}R$. Vypočítejte konečný tlak, přijaté/odevzdané teplo, změnu vnitřní energie a práci, kterou plyn vykoná, zahřejeme-li 1 mol tohoto plynu reverzibilně a izochoricky na 127 °C.
 $(p = 135,1 \text{ kPa}; \Delta U = q = 1,25 \text{ kJ}; w = 0)$
11. Molární tepelná kapacita ideálního plynu za konstantního objemu je při tlaku 111 kPa a teplotě 4 °C rovna $\frac{5}{2}R$. Vypočítejte konečný tlak, přijaté/odevzdané teplo, změnu vnitřní energie a práci, kterou plyn vykoná, zahřejeme-li 2 mol tohoto plynu reverzibilně a izochoricky na 83 °C.
 $(p = 143 \text{ kPa}; \Delta U = q = 3,28 \text{ kJ}; w = 0)$
12. Molární enthalpie vypařování benzenu při jeho teplotě varu (80,1 °C) je 30,8 kJ mol⁻¹. Vypočítejte molární změnu vnitřní energie. (+27,9 kJ mol⁻¹)
13. Při teplotě -23 °C a za určitého konstantního vnějšího tlaku se vypařilo 0,5 mol neznámé kapaliny. Molární enthalpie vypařování této kapaliny při této teplotě je 26 kJ mol⁻¹. Vypočítejte změnu enthalpie, přijaté/odevzdané teplo, změnu vnitřní energie a práci, kterou páry kapaliny vykonají proti konstantnímu vnějšímu tlaku. $(\Delta H = q = 13 \text{ kJ}; w = -1 \text{ kJ}; \Delta U = 12 \text{ kJ})$
14. Za konstantního tlaku zkondenzovaly 2 moly par methanolu. Molární enthalpie vypařování methanolu při jeho teplotě varu (64 °C) je 35,3 kJ mol⁻¹. Vypočítejte změnu enthalpie, přijaté/odevzdané teplo, změnu vnitřní energie a práci vykonanou konstantním vnějším tlakem.
 $(\Delta H = q = -70,6 \text{ kJ}; w = 5,6 \text{ kJ}; \Delta U = -65 \text{ kJ})$
15. Dodáním tepla 1,8 kJ za konstantního tlaku vyvřelo 0,798 g vody. Vypočítejte molární enthalpii vypařování vody a molární změnu vnitřní energie. $(\Delta H_{\text{vyp,m}} = 41 \text{ kJ mol}^{-1}; \Delta U_{\text{m}} = 38 \text{ kJ mol}^{-1})$
16. Při tlaku 100 kPa je změna vnitřní energie při přeměně 1 mol CaCO₃ ve formě kalcitu na aragonit 0,21 kJ. Vypočítejte rozdíl mezi změnou enthalpie a změnou vnitřní energie. Hustota kalcitu je 2,71 g cm⁻³, hustota aragonitu je 2,93 g cm⁻³, $M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g mol}^{-1}$. (-0,3 J)

17. Dodáme-li 3 mol argonu teplo 229 J za konstantního tlaku, jeho teplota se zvýší o 2,55 °C. Vypočítejte příslušnou molární tepelnou kapacitu. (30 J K⁻¹ mol⁻¹)

18. Dodáme-li 1,9 mol plynu teplo 178 J za konstantního tlaku, jeho teplota se zvýší o 1,78 °C. Vypočítejte příslušnou molární tepelnou kapacitu. (53 J K⁻¹ mol⁻¹)

19. Zahřejeme-li 3 mol kyslíku za konstantního tlaku, jeho teplota se zvýší z -13 °C na 12 °C. Molární tepelná kapacita kyslíku za konstantního tlaku je 29,4 J K⁻¹ mol⁻¹. Vypočítejte změnu enthalpie, přijaté/odevzdané teplo a změnu vnitřní energie. ($\Delta H = q = 2,2$ kJ; $\Delta U = 1,6$ kJ)

20. Zahřejeme-li 2 moly CO₂ za konstantního tlaku, jeho teplota se zvýší z -23 °C na 4 °C. Molární tepelná kapacita CO₂ za konstantního tlaku je 37,11 J K⁻¹ mol⁻¹. Vypočítejte změnu enthalpie, přijaté/odevzdané teplo a změnu vnitřní energie. ($\Delta H = q = 2$ kJ; $\Delta U = 1,6$ kJ)

21. Při velice nízké teplotě je tepelná kapacita pevné látky rovná aT^3 . Jaká je změna enthalpie takové látky, když ji zahřejeme z 0 na teplotu T (blízkou 0)? Vyjádřete obecně.

22. Molární tepelná kapacita plynného dusíku za konstantního tlaku je dána empirickým vztahem

$$C_{p,m} = (25,58 + 3,77 \cdot 10^{-5} \cdot T(\text{K}) - \frac{0,5 \cdot 10^5}{T^2(\text{K}^2)}) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

Jaká je molární změna enthalpie, když dusík za konstantního tlaku zahřejeme z 25 °C na 100 °C? (+2,2 kJ mol⁻¹)

23. Tepelná kapacita ideálního plynu za konstantního tlaku je dána empirickým vztahem

$$C_{p,m} = (20,17 + 4,001 \cdot 10^{-1} \cdot T(\text{K})) \text{ J K}^{-1}$$

Vypočítejte změnu enthalpie, přijaté/odevzdané teplo, změnu vnitřní energie a práci, kterou plyn vykoná proti konstantnímu vnějšímu tlaku, zvýší-li se teplota 1 molu tohoto plynu z 0 °C na 100 °C. ($\Delta H = q = 14,9$ kJ; $w = -831$ J; $\Delta U = 14,1$ kJ)

24. Tepelná kapacita ideálního plynu za konstantního tlaku je dána empirickým vztahem

$$C_{p,m} = (20,17 + 3,665 \cdot 10^{-1} \cdot T(\text{K})) \text{ J K}^{-1}$$

Vypočítejte změnu enthalpie, přijaté/odevzdané teplo, změnu vnitřní energie a práci, kterou plyn vykoná proti konstantnímu vnějšímu tlaku, zvýší-li se teplota 1 molu tohoto plynu z 25 °C na 200 °C. ($\Delta H = q = 28,3$ kJ; $w = -1,455$ kJ; $\Delta U = 26,8$ kJ)