

## 4. 2. a 3. věta termodynamická, entropie, Gibbsova energie – zadání

K nastudování: Peter Atkins, Fyzikální chemie, kapitola 3; soubor integraly.jpg

Konstanty:

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

Boltzmannova konstanta  $k = 1,3806504 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Příklady:

přednáška 4 – entropie:

- Vypočítejte změnu entropie, je-li energie o velikosti 25 kJ reverzibilně a izotermicky přenesena jako teplo na velký kus železa při teplotě
  - 0 °C. (92 J K<sup>-1</sup>)
  - 100 °C. (67 J K<sup>-1</sup>)
- Vypočítejte změnu entropie, je-li energie o velikosti 50 kJ reverzibilně a izotermicky přenesena jako teplo na velký kus mědi při teplotě
  - 0 °C. (180 J K<sup>-1</sup>)
  - 70 °C. (150 J K<sup>-1</sup>)
- Odhadněte standardní enthalpii vypařování bromu (teplota varu bromu je 59,2 °C) při konstantním tlaku. Standardní entropie vypařování kapalin je 85 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>. (28,254 kJ mol<sup>-1</sup>)
- Odhadněte standardní enthalpii vypařování ethanu (teplota varu ethanu je -88,6 °C) při konstantním tlaku. Standardní entropie vypařování kapalin je 85 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>. (15,686 kJ mol<sup>-1</sup>)
- Entalpie vypařování chloroformu je při jeho normální teplotě varu (61,73 °C) 29,4 kJ mol<sup>-1</sup>. Vypařování probíhá za konstantního tlaku. Vypočítejte
  - entropii vypařování 1 molu chloroformu. (87,793 J K<sup>-1</sup>)
  - změnu entropie okolí, jestliže se jedná o uzavřený systém. (- 87,793 J K<sup>-1</sup>)
- Entalpie vypařování metanolu je při jeho normální teplotě varu (64,1 °C) 35,27 kJ mol<sup>-1</sup>. Vypařování probíhá za konstantního tlaku. Vypočítejte
  - entropii vypařování 1 molu methanolu. (104,6 J K<sup>-1</sup>)
  - změnu entropie okolí, jestliže se jedná o uzavřený systém. (-104,6 J K<sup>-1</sup>)
- Entalpie vypařování benzenu je při jeho normální teplotě varu (80,1 °C) 30,8 kJ mol<sup>-1</sup>. Vypařování probíhá za konstantního tlaku. Vypočítejte
  - entropii vypařování 1 molu benzenu. (87,19 J K<sup>-1</sup>)
  - změnu entropie okolí, jestliže se jedná o uzavřený systém. (-87,19 J K<sup>-1</sup>)

8. Za standardních podmínek při teplotě 25 °C se z prvků vytvoří 1,00 mol kapalné vody. Změna reakční entalpie je -286 kJ. Vypočítejte změnu entropie okolí. (960 J K<sup>-1</sup>)
9. Za standardních podmínek při 25 °C se z 2 mol NO<sub>2</sub> (g) vytvoří 1 mol N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (g). Standardní slučovací entalpie NO<sub>2</sub> (g) je 33,18 kJ mol<sup>-1</sup>, standardní slučovací entalpie N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (g) je 9,16 kJ mol<sup>-1</sup>, Vypočítejte změnu entropie okolí. (192 J K<sup>-1</sup>)
10. Vypočítejte změnu entropie 1 mol ideálního plynu, jestliže se jeho objem izotermicky a reverzibilně zvýšil z 8,0 dm<sup>3</sup> na 20,0 dm<sup>3</sup>. (7,6 J K<sup>-1</sup>)
11. Vypočítejte změnu entropie 1 mol ideálního plynu, jestliže se izotermicky a reverzibilně zdvojnásobí
- (i) jeho objem. (5,76 J K<sup>-1</sup>)
- (ii) jeho tlak. (-5,76 J K<sup>-1</sup>)
12. Vypočítejte změnu entropie 14 g dusíku ( $M_{\text{N}_2} = 28,013 \text{ g mol}^{-1}$ ), jestliže se jeho objem zdvojnásobil, a změnu entropie jeho okolí, jestliže dusík představuje uzavřený systém a expanze proběhla
- (i) adiabaticky. (všechno nulové)
- (ii) izotermicky a reverzibilně. (dusík: 2,9 J K<sup>-1</sup>; okolí: -2,9 J K<sup>-1</sup>)
13. Teplota 3 mol ideálního plynu se při adiabatickém ději zvýšila z -73 °C na -23 °C. Vypočítejte přijaté/odevzdané teplo, změnu vnitřní energie, práci, změnu entalpie a změnu entropie, jestliže  $C_{V,m} = 27,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  a  $C_{p,m} = 35,814 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .  
( $q = \Delta S = 0$ ;  $\Delta U = w = 4,125 \text{ kJ}$ ;  $\Delta H = 5,372 \text{ kJ}$ )
14. Teplota 2 mol ideálního plynu se při adiabatickém ději zvýšila z -23 °C na 27 °C. Vypočítejte přijaté/odevzdané teplo, změnu vnitřní energie, práci, změnu entalpie a změnu entropie, jestliže  $C_{V,m} = 27,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  a  $C_{p,m} = 35,814 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .  
( $q = \Delta S = 0$ ;  $\Delta U = w = 2,75 \text{ kJ}$ ;  $\Delta H = 3,58 \text{ kJ}$ )
15. Jaká je molární entropie neonu při teplotě 227 °C, jestliže při teplotě 25 °C je jeho molární entropie 146,22 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a  $C_{p,m} = 12,47 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ? (152,67 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>)
16. Jaká je molární entropie argonu při teplotě -23 °C, jestliže při teplotě 25 °C je jeho molární entropie 154,78 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a  $C_{p,m} = 12,47 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ? (152,65 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>)
17. 2 kusy železa, každý o hmotnosti 1 kg, první o teplotě 200 °C a druhý o teplotě 25 °C, byly dány do kontaktu v izolované nádobě. Vypočítejte celkovou změnu entalpie a celkovou změnu entropie, jestliže  $C_{p,s} = 0,449 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$  a zůstává v daném teplotním rozsahu konstantní.  
( $\Delta H = 0$ ;  $\Delta S = 24 \text{ J K}^{-1}$ )

18. 2 kusy mědi, každý o hmotnosti 10 kg, první o teplotě 100 °C a druhý o teplotě 0 °C, byly dány do kontaktu v izolované nádobě. Vypočítejte celkovou změnu entalpie a celkovou změnu entropie, jestliže  $C_{p,s} = 0,385 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$  a zůstává v daném teplotním rozsahu konstantní.  
( $\Delta H = 0$ ;  $\Delta S = 93,4 \text{ J K}^{-1}$ )
19. Při konstantním tlaku 100 kPa má argon objem 0,5 dm<sup>3</sup> a teplotu 25 °C. Vypočítejte celkovou změnu entropie, jestliže tepelná kapacita  $C_{V,m} = \frac{3}{2}R$ ,
- (i) počáteční objem se zvýšil na 1,0 dm<sup>3</sup> a počáteční teplota se zvýšila na 100 °C. ( $0,173 \text{ J K}^{-1}$ )
  - (ii) počáteční objem se snížil na 0,05 dm<sup>3</sup> a počáteční teplota se snížila na -25 °C. ( $-0,43 \text{ J K}^{-1}$ )
20. Vypočítejte změnu entropie 3 mol ideálního plynu, jestliže molární tepelná kapacita  $C_{p,m} = \frac{5}{2}R$ , počáteční teplota se zvýšila z 25 °C na 125 °C a počáteční tlak z 101,325 kPa na 506,625 kPa.  
( $-22,1 \text{ J K}^{-1}$ )
21. 2 mol CO<sub>2</sub> o teplotě 25 °C a tlaku 1013,25 kPa ve válci s pístem o ploše 10 cm<sup>2</sup> adiabaticky expanduje proti konstantnímu vnějšímu tlaku 101,325 kPa a posune přitom píst o 20 cm. Předpokládejte, že oxid uhličitý je ideální plyn a  $C_{V,m} = 28,8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Vypočítejte přijaté/odevzdané teplo, práci, změnu vnitřní energie, změnu teploty a celkovou změnu entropie.  
( $q = 0$ ;  $\Delta U = w = -20,265 \text{ J}$ ;  $\Delta T = -0,347 \text{ K}$ ;  $\Delta S = 0,598 \text{ J K}^{-1}$ )
22. 1,5 mol CO<sub>2</sub> o teplotě 15 °C a tlaku 911,925 kPa ve válci s pístem o ploše 100 cm<sup>2</sup> adiabaticky expanduje proti konstantnímu vnějšímu tlaku 151,988 kPa a posune přitom píst o 15 cm. Předpokládejte, že oxid uhličitý je ideální plyn a  $C_{V,m} = 28,8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Vypočítejte přijaté/odevzdané teplo, práci, změnu vnitřní energie, změnu teploty a celkovou změnu entropie.  
( $q = 0$ ;  $\Delta U = w = -230 \text{ J}$ ;  $\Delta T = -5,26 \text{ K}$ ;  $\Delta S = 3,2 \text{ J K}^{-1}$ )
23. Vypočítejte standardní reakční entropii reakce  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  při teplotě 25 °C, jestliže molární entropie vodíku je 130,7 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie kyslíku je 205,0 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a molární entropie vody je 69,9 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>. ( $-163,4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )
24. Vypočítejte standardní reakční entropii reakce  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  při 25 °C, jestliže molární entropie methanu 186,26 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie kyslíku 205,0 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie oxidu uhličitého 213,74 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a molární entropie vody je 69,9 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>.  
( $-242,72 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )
25. Která dvojice z následujících konfigurací má stejnou statistickou váhu  $W$ ? Pro konfigurace se stejnou váhou vypočtete entropii. (i+iii;  $S = 3,91 \cdot 10^{-22} \text{ J K}^{-1}$ )
- (i) (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 0)
  - (ii) (6, 5, 4, 3, 2, 1, 1, 0)
  - (iii) (2, 1, 6, 5, 4, 3, 0, 0)
  - (iv) (6, 3, 2, 4, 5, 4, 1, 0)

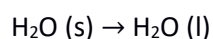
26. Je-li 6 nerozlišitelných částic ve třech různých stavech, vždy po 2 částicích, jaká je váha příslušné konfigurace? Vypočítejte entropii. ( $W = 90$ ;  $S = 6,21 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ )

přednáška 5 – Gibbsova energie:

1. Jaká bude změna Gibbsovy energie, jestliže se při teplotě 25 °C spálí 1 mol methanu? Standardní spalná entalpie methanu je  $-890 \text{ kJ mol}^{-1}$  a standardní spalná entropie methanu  $-243 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-818 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

2. Jaká bude změna Gibbsovy energie, jestliže se v lidském těle se spálí 1 mol glukosy? Teplota těla je 37 °C, standardní spalná entalpie glukosy je  $-2808 \text{ kJ mol}^{-1}$  a standardní spalná entropie glukosy  $182,4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-2865 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

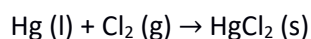
3. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie pro proces



při teplotě 10 °C a 0 °C, jestliže rozpouštěcí entalpie vody  $6,01 \text{ kJ mol}^{-1}$  a rozpouštěcí entropie vody  $22,0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . V obou případech rozhodněte, zda jde o samovolný proces.

(10 °C:  $-0,22 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; 0 °C: 0)

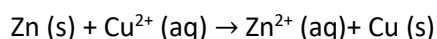
4. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce



při teplotě 25 °C, je-li standardní slučovací Gibbsova energie chloridu rtuťnatého  $-178,6 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-178,6 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

5. Vypočítejte standardní Gibbsovu energii spalování oxidu uhelnatého při 25 °C, jestliže standardní slučovací Gibbsova energie oxidu uhelnatého je  $-137,2 \text{ kJ mol}^{-1}$  a standardní slučovací Gibbsova energie oxidu uhličitého  $-394,4 \text{ kJ mol}^{-1}$  a rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-257,2 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

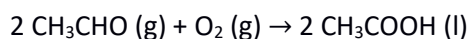
6. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce



při 25 °C, je-li standardní slučovací Gibbsova energie  $\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)}$   $65,49 \text{ kJ mol}^{-1}$  a standardní slučovací Gibbsova energie  $\text{Zn}^{2+} \text{ (aq)}$  je  $-147,06 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná.

( $-212,55 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )

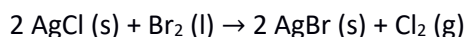
7. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce



při 25 °C, je-li standardní slučovací Gibbsova energie acetaldehydu  $-128,12 \text{ kJ mol}^{-1}$  a standardní slučovací Gibbsova energie kyseliny octové  $-389,9 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná.

( $-521,6 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

8. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce

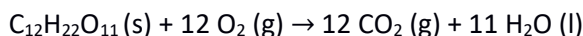


při 25 °C, jestliže standardní slučovací Gibbsova energie chloridu stříbrného je  $-109,79 \text{ kJ mol}^{-1}$ , standardní slučovací Gibbsova energie bromidu stříbrného  $-96,90 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $25,78 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

9. Vypočítejte standardní Gibbsovu energii spalování methanu při 25 °C, jestliže standardní slučovací Gibbsova energie methanu je  $-50,7 \text{ kJ mol}^{-1}$ , standardní slučovací Gibbsova energie oxidu uhličitého  $-394,36 \text{ kJ mol}^{-1}$  a standardní slučovací Gibbsova energie vody  $-237,13 \text{ kJ mol}^{-1}$ , a rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-817,92 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

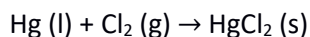
10. Vypočítejte standardní Gibbsovu energii spalování propanu při 25 °C, jestliže standardní slučovací Gibbsova energie propanu je  $-23,49 \text{ kJ mol}^{-1}$ , standardní slučovací Gibbsova energie oxidu uhličitého  $-394,36 \text{ kJ mol}^{-1}$  a standardní slučovací Gibbsova energie vody  $-237,13 \text{ kJ mol}^{-1}$ , a rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-2108,11 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

11. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce



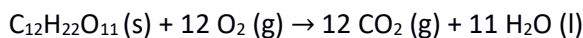
při teplotě 25 °C, je-li standardní slučovací Gibbsova energie sacharózy  $-1543 \text{ kJ mol}^{-1}$ , standardní slučovací Gibbsova energie oxidu uhličitého  $-394,36 \text{ kJ mol}^{-1}$  a standardní slučovací Gibbsova energie vody  $-237,13 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-5797,75 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

12. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce



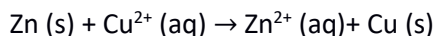
při teplotě 25 °C, je-li standardní slučovací entalpie chloridu rtuťnatého  $-224,3 \text{ kJ mol}^{-1}$ , molární entropie chloridu rtuťnatého  $146,0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , molární entropie chloru  $223,07 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  a molární entropie rtuti  $76,02 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-178,7 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

13. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce



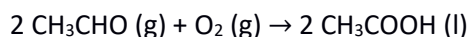
při teplotě 25 °C, je-li standardní spalná entalpie sacharózy  $-5645 \text{ kJ mol}^{-1}$ , molární entropie sacharózy  $360,2 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , molární entropie kyslíku  $205,138 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , molární entropie oxidu uhličitého  $213,74 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  a molární entropie vody  $69,9 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-5798 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

14. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce



při teplotě 25 °C, je-li standardní slučovací entalpie  $\text{Cu}^{2+} \text{(aq)}$   $64,77 \text{ kJ mol}^{-1}$ , standardní slučovací entalpie  $\text{Zn}^{2+} \text{(aq)}$  je  $-153,89 \text{ kJ mol}^{-1}$ , molární entropie mědi je  $33,15 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , molární entropie  $\text{Cu}^{2+} \text{(aq)}$  je  $-99,6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , molární entropie zinku je  $41,63 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  a molární entropie  $\text{Zn}^{2+} \text{(aq)}$  je  $-112,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Rozhodněte, zda je reakce samovolná. ( $-212,40 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )

15. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce



při 25 °C, je-li standardní slučovací entalpie acetaldehydu -166,19 kJ mol<sup>-1</sup>, standardní slučovací entalpie kyseliny octové -484,5 kJ mol<sup>-1</sup>, molární entropie acetaldehydu 250,3 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie kyslíku 205,138 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a molární entropie kyseliny octové 159,8 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>. Rozhodněte, zda je reakce samovolná. (-521,6 kJ mol<sup>-1</sup>)

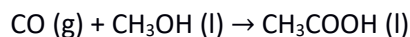
16. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce



při teplotě 25 °C, jestliže standardní slučovací entalpie chloridu stříbrného je -127,07 kJ mol<sup>-1</sup>, standardní slučovací entalpie bromidu stříbrného -100,37 kJ mol<sup>-1</sup>, molární entropie chloridu stříbrného 96,2 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie bromidu stříbrného 107,1 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie bromu 152,23 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a molární entropie chloru 223,07 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>. Rozhodněte, zda je reakce samovolná. (25,8 kJ mol<sup>-1</sup>)

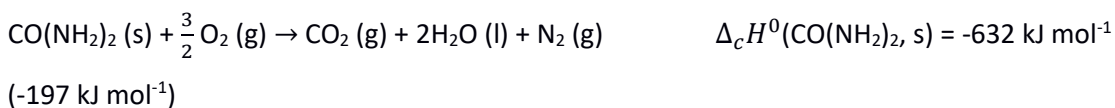
17. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce  $4 \text{HCl (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{Cl}_2 \text{ (g)} + 2 \text{H}_2\text{O (l)}$  při teplotě 25 °C, jestliže standardní slučovací entalpie chlorovodíku je -92,31 kJ mol<sup>-1</sup>, standardní slučovací entalpie vody -285,83 kJ mol<sup>-1</sup>, molární entropie chlorovodíku 186,91 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie kyslíku 205,138 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie vody 69,91 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a molární entropie chloru 223,07 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>. Rozhodněte, zda je reakce samovolná. (-93,108 kJ mol<sup>-1</sup>)

18. Vypočítejte standardní reakční Gibbsovu energii reakce

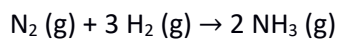


při teplotě 25 °C, jestliže standardní slučovací entalpie oxidu uhelnatého je -110,53 kJ mol<sup>-1</sup>, standardní slučovací entalpie methanolu -238,66 kJ mol<sup>-1</sup>, standardní slučovací entalpie kyseliny octové -484,5 kJ mol<sup>-1</sup>, molární entropie oxidu uhelnatého 197,67 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie methanolu 126,8 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a molární entropie kyseliny octové 159,8 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>. Rozhodněte, zda je reakce samovolná. (-86,2 kJ mol<sup>-1</sup>)

19. Vypočítejte standardní slučovací Gibbsovu energii močoviny, při 25 °C, je-li standardní slučovací entalpie oxidu uhličitého -393,51 kJ mol<sup>-1</sup>, standardní slučovací entalpie vody -285,83 kJ mol<sup>-1</sup>, molární entropie močoviny 104,6 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie grafitu 5,74 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie kyslíku 205,138 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, molární entropie dusíku 191,61 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a molární entropie vodíku 130,684 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> a dále platí:



20. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie ideálního plynu, když se jeho tlak izotermicky zvýšil
- (i) z 92,0 kPa na 252,0 kPa při teplotě 50 °C. (2,71 kJ mol<sup>-1</sup>)
  - (ii) z 182,385 kPa na 2,989 MPa při teplotě 40 °C. (7,3 kJ mol<sup>-1</sup>)
21. Jestliže se tlak zvýší ze 100 kPa na 200 kPa, jaká bude změna molární Gibbsovy energie
- (i) ledu při -10 °C, jestliže hustota ledu je 917 kg m<sup>-3</sup> a  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,015 \text{ g mol}^{-1}$ . (2 J mol<sup>-1</sup>)
  - (ii) páry při 25 °C. (1,7 kJ mol<sup>-1</sup>)
22. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie ideálního plynu, když se jeho tlak při 227 °C izotermicky zvýšil z 50,0 kPa na 100,0 kPa. (2,88 kJ mol<sup>-1</sup>)
23. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie ideálního plynu, když se jeho tlak při 25 °C izotermicky zvýšil z 101,325 kPa na 10,133 MPa. (11,41 kJ mol<sup>-1</sup>)
24. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie ideálního plynu, když se jeho tlak při teplotě -73 °C izotermicky snížil z 5 MPa na 3,6 MPa. (-0,55 kJ mol<sup>-1</sup>)
25. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie ideálního plynu, když se jeho tlak při teplotě 17 °C izotermicky snížil z 2100 kPa na 1428 kPa. (-0,93 kJ mol<sup>-1</sup>)
26. 3 mmol dusíku zaujímá při teplotě 27 °C 36 dm<sup>3</sup> a expanduje na 60 dm<sup>3</sup>. Vypočítejte změnu Gibbsovy energie pro tento proces. (-3,8 J)
27. Při 25 °C je standardní slučovací entalpie amoniaku -46,11 kJ mol<sup>-1</sup> a jeho standardní slučovací Gibbsova energie -16,45 kJ mol<sup>-1</sup>. Vypočítejte  $\Delta_r G^0$  pro reakci



při teplotě

- (i) 227 °C. (7,29 kJ mol<sup>-1</sup>)
- (ii) 727 °C. (106,77 kJ mol<sup>-1</sup>)

Jak změna teploty ovlivňuje tuto reakci?