

## TERMODYNAMIKA

1. Soustava obsahující 1,0 mol monoatomického ideálního plynu vykoná reverzibilně následující kruhový děj:

stav	1	2	3	4
$V/\text{dm}^3$	22,4	22,4	44,8	22,4
$T/\text{K}$	273	546	546	273

Vypočítejte tlak soustavy v jednotlivých stavech, vyměněnou práci a teplo a změnu vnitřní energie při jednotlivých dějích. Daný kruhový děj znázorněte na  $p$ - $V$  diagramu.

2. Soustava obsahující 1,0 mol ideálního plynu vykonala reverzibilní izotermickou expanzi, při níž zvětšila svůj objem desetkrát. Vykonala při tom práci 7140 J. Počáteční tlak v soustavě byl 101,3 kPa. Vypočítejte teplotu,  $T$  a počáteční objem,  $V_1$ , soustavy.

$$[T = 373 \text{ K}, V_1 = 30,6 \text{ dm}^3]$$

3. Soustava obsahující 3,0 mol kyslíku byla při konstantním tlaku 3,25 atm zahřáta z teploty 260 K na 285 K. Molární tepelná kapacita kyslíku při konstantním tlaku je  $29,4 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$ . Vypočítejte  $Q$ ,  $\Delta H$  a  $\Delta U$  při tomto ději. Předpokládejte, že chování kyslíku se řídí stavovou rovnicí ideálního plynu a jeho tepelná kapacita v daném rozmezí teplot na teplotě nezávisí.

$$[Q = \Delta H = 2,21 \text{ kJ}, \Delta U = 1,58 \text{ kJ}]$$

4. V objemu  $1,0 \text{ dm}^3$  je při teplotě  $20^\circ\text{C}$  1,0 mol ideálního plynu. Porovnejte práci, kterou plyn vykoná při izotermické reverzibilní expanzi na konečný objem  $3,0 \text{ dm}^3$ , s prací vykonanou při ireverzibilní izotermické expanzi proti konstantnímu vnějšímu tlaku na stejný konečný objem, tedy  $3,0 \text{ dm}^3$ .

$$[\text{reverzibilní děj: } W = -2,68 \text{ kJ}, \text{ ireverzibilní děj: } W = -1,62 \text{ kJ}]$$

5. V objemu  $1,0 \text{ dm}^3$  je při  $20^\circ\text{C}$  1,0 mol monoatomického ideálního plynu. Vypočítejte práci, kterou plyn vykoná při adiabatické reverzibilní expanzi na konečný objem  $3,0 \text{ dm}^3$ .

$$[W = -1,90 \text{ kJ}]$$

6. Soustava obsahující 3,0 mol ideálního plynu měla na počátku teplotu 200 K a tlak 2,0 atm. Poté byla reverzibilně adiabaticky stlačena. Konečná teplota dosáhla hodnoty 250 K. Molární tepelná kapacita daného plynu při konstantním objemu činí  $27,5 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$  a v daném oboru teplot nezávisí na teplotě. Vypočítejte  $Q$ ,  $W$ ,  $\Delta U$  a  $\Delta H$  pro daný děj a dále konečný objem,  $V_2$  a konečný tlak,  $p_2$ , soustavy.

$$[Q = 0, W = \Delta U = 4,13 \text{ kJ}, \Delta H = 5,37 \text{ kJ}, V_2 = 11,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, p_2 = 5,23 \text{ atm}]$$

7. Soustava obsahující 10,0 mol ideálního monoatomického plynu expandovala adiabaticky z původního tlaku  $5,0 \cdot 10^4 \text{ Pa}$  a objemu  $1,0 \text{ m}^3$  nevratně proti konstantnímu tlaku  $2,0 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ . Vypočítejte  $\Delta U$  a  $\Delta H$  pro tento děj.

$$[\Delta U = -18,0 \text{ kJ}, \Delta H = -30,0 \text{ kJ}]$$

8. Jaké teplo je třeba při konstantním tlaku dodat 1,0 kg par benzenu, aby se jejich teplota zvýšila z 80°C na 90°C? Pro teplotní závislost molární tepelné kapacity při konstantním tlaku,  $c_{p,m}$ , použijte vztah

$$c_{p,m} = a + b \cdot T + c \cdot T^2.$$

Konstanty  $a$ ,  $b$ ,  $c$  jsou uvedeny v tabulce.

látka	$a / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$	$b \cdot 10^3 / \text{J K}^{-2} \text{mol}^{-1}$	$c \cdot 10^7 / \text{J K}^{-3} \text{mol}^{-1}$
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (g)	-1,71	326,0	-1100
CH <sub>2</sub> O (g)	18,82	58,38	-156,06
CO (g)	26,50	7,683	-11,72
H <sub>2</sub> (g)	29,06	-8,364	20,12

$$[Q = 12,9 \text{ kJ}]$$

9. Určete standardní slučovací teplo benzenu při teplotě 25°C, znáte-li

$$\Delta_{\text{sp}}H_{298}^{\circ} (\text{C, s, grafit}) = -393,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sp}}H_{298}^{\circ} (\text{C}_6\text{H}_6, \text{l}) = -3\,268,4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{H}_2\text{O, l}) = -285,9 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

$$[\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{C}_6\text{H}_6, \text{l}) = 49,1 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

10. Jaké teplo předá do okolí soustava, v níž dojde ke spálení 73,3 l plynného ethenu (měřeno při teplotě 25°C a tlaku 101,3 kPa) v kyslíku na produkty CO<sub>2</sub> (g) a H<sub>2</sub>O (l)? Jsou známy hodnoty slučovacích tepel

$$\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{C}_2\text{H}_4, \text{g}) = 52,7 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{CO}_2, \text{g}) = -394,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{H}_2\text{O, l}) = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

Předpokládejte ideální chování plynného ethenu.

$$[Q_p = -4,23 \text{ MJ}]$$

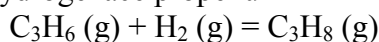
11. Vypočítejte standardní slučovací teplo glukosy při teplotě 25°C, víte-li, že se při spálení 0,3212 g glukosy ( $M_r = 180,16$ ) uvolní 4,995 kJ tepla.

$$\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{CO}_2, \text{g}) = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{H}_2\text{O, l}) = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

$$[\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{glukosa}) = -1,27 \text{ MJ mol}^{-1}]$$

12. Standardní reakční teplo hydrogenace propenu



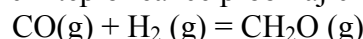
má při teplotě 25°C hodnotu -123,9 kJ mol<sup>-1</sup>. Vypočítejte standardní spalné teplo propenu, znáte-li pro tutéž teplotu ještě

$$\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{H}_2\text{O, l}) = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sp}}H_{298}^{\circ} (\text{C}_3\text{H}_8, \text{g}) = -2\,221,1 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

$$[\Delta_{\text{sp}}H_{298}^{\circ} (\text{C}_3\text{H}_6) = -2\,059 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

13. Vypočítejte standardní reakční teplo reakce probíhající podle stechiometrické rovnice



při teplotě 1 000 K. Máte k dispozici následující termochemická data:

$$\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{CO, g}) = -110,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sl}}H_{298}^{\circ} (\text{CH}_2\text{O, g}) = -115,9 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

Pro teplotní závislost molární tepelné kapacity při konstantním tlaku,  $c_{p,m}$ , použijte vztah

$$c_{p,m} = a + b \cdot T + c \cdot T^2.$$

Konstanty  $a$ ,  $b$ ,  $c$  najdete v tabulce u příkladu 8.

$$[\Delta_r H^\circ_{1000} = -9,62 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

14. Soustava obsahující 2,0 mol ideálního plynu o teplotě 330 K a tlaku 3,5 atm byla izotermicky zkomprimována. Její entropie přitom klesla o  $25,0 \text{ J K}^{-1}$ . Vypočítejte konečný tlak,  $p_2$  a  $\Delta G$  pro daný děj.

$$[p_2 = 15,7 \text{ atm}, \Delta G = 8,25 \text{ kJ}]$$

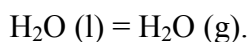
15. Vypočítejte  $\Delta S$  pro děj, při kterém soustava obsahující 3,00 mol monoatomického ideálního plynu byla zahřáta a zkomprimována z  $25^\circ\text{C}$  a 1,00 atm na  $125^\circ\text{C}$  a 5,00 atm.

$$[\Delta S = -22,1 \text{ J K}^{-1}]$$

16. Ideální monoatomický plyn expanduje ireverzibilně adiabaticky proti konstantnímu vnějšímu tlaku  $101\,325 \text{ Pa}$ . Jeho počáteční objem byl  $20,0 \text{ dm}^3$ , tlak  $10,1325 \text{ MPa}$  a teplota  $200^\circ\text{C}$ . Vypočítejte  $\Delta S$  pro tento děj. Ověřte, že změna entropie by byla nulová, kdyby daný plyn expandoval reverzibilně na konečný tlak  $101\,325 \text{ Pa}$ .

$$[\Delta S = 1,43 \text{ kJ K}^{-1}]$$

17. Molární objem vody v kapalném stavu při teplotě  $100^\circ\text{C}$  a tlaku  $101,325 \text{ kPa}$  je  $18,0 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ . Při stejných podmínkách je molární objem vodní páry  $30,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$  a molární výparná entalpie vody  $40,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Vypočítejte  $\Delta U_m$ ,  $\Delta H_m$ ,  $\Delta S_m$  a  $\Delta G_m$  při vratné fázové přeměně



$$[\Delta U_m = 37,0 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta H_m = 40,0 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta S_m = 107 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, \Delta G_m = 0]$$

18. Vypočítejte změnu měrné entropie, která odpovídá reverzibilnímu ohřátí  $1,0 \text{ kg}$  vody o teplotě  $20^\circ\text{C}$  na vodní páru o teplotě  $120^\circ\text{C}$  při konstantním tlaku  $0,101325 \text{ MPa}$ . Měrné výparné teplo vody při normálním bodu varu je  $2,256 \text{ kJ g}^{-1}$ , střední molární tepelná kapacita vody v kapalném stavu při konstantním tlaku je  $75,36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  a táž veličina pro vodní páru nad normálním bodem varu má hodnotu  $30,14 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

$$[\Delta S_{sp} = 7,14 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}]$$

19. Vypočítejte  $\Delta H$  a  $\Delta S$  tepelně izolované soustavy, do které byly umístěny dvě měděné kostky o hmotnosti  $10,0 \text{ kg}$ . Teplota jedné byla původně  $100^\circ\text{C}$ , druhé  $0^\circ\text{C}$ . Specifická tepelná kapacita mědi při konstantním tlaku je  $0,385 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$  a v daném teplotním rozsahu je konstantní.

$$[\Delta H = 0, \Delta S = 93,3 \text{ J K}^{-1}]$$

20. Soustava, obsahující 1,0 mol plynu o počáteční teplotě 25°C, expandovala vratně při konstantním tlaku na trojnásobek původního objemu. Vypočítejte  $Q$ ,  $W$ ,  $\Delta U$  a  $\Delta G$  při tomto ději. Uvažovaný plyn má molární hmotnost 2,0 g mol<sup>-1</sup> a za daných podmínek splňuje stavovou rovnici ideálního plynu. Pro jeho molární tepelnou kapacitu při konstantním tlaku,  $c_{p,m}$ , platí

$$c_{p,m} = (27,3 + 3,3 \cdot 10^{-3} T) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}.$$

Absolutní molární entropie plynu byla v počátečním stavu 130,6 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>.

$$[Q = 17,5 \text{ kJ}, W = -4,96 \text{ kJ}, \Delta U = 12,5 \text{ kJ}, \Delta G = -89,0 \text{ kJ}]$$

21. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie

a) kapalně vody pokládané za nestlačitelnou kapalinu,

b) vodní páry pokládané za ideální plyn

při izotermické ( $t = 25^\circ\text{C}$ ) změně tlaku z 1,0 bar na 2,0 bar.

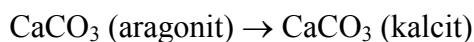
(1 bar = 10<sup>5</sup> Pa,  $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$ ,  $\rho_{298}(\text{H}_2\text{O}, l) = 0,9971 \text{ g cm}^{-3}$ )

$$[a) \Delta G_m = 1,81 \text{ J mol}^{-1}, b) \Delta G_m = 1,72 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

22. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie ledu při izotermické ( $t = -10^\circ\text{C}$ ) změně tlaku z 1,0 bar na 2,0 bar. ( $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$ ,  $\rho_{263}(\text{H}_2\text{O}, s) = 0,917 \text{ g cm}^{-3}$ )

$$[\Delta G_m = 1,97 \text{ J mol}^{-1}]$$

23. Pro přechod



je při standardním tlaku  $\Delta G_{m,298} = -800 \text{ J mol}^{-1}$  a  $\Delta V_m = 2,75 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ . Za jakého tlaku by se při teplotě 298 K stal aragonit stálou modifikací?

$$[p = 2,91 \cdot 10^8 \text{ Pa}]$$

24. Objem roztoku, který získáme rozpuštěním  $n_M$  mol methanolu v 1,0 kg vody, závisí při teplotě 25°C na  $n_M$  takto

$$V = (1,003 \cdot 10^{-3} + 3,5 \cdot 10^{-5} n_M + 5 \cdot 10^{-7} n_M^2) \text{ m}^3.$$

a) Vypočítejte parciální molární objem methanolu v roztoku methanolu ve vodě o molalitě 1,0 mol kg<sup>-1</sup>.

b) Vypočítejte parciální molární objem vody v roztoku methanolu ve vodě o molalitě 3,0 mol kg<sup>-1</sup>.

( $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$ ,  $V_m(\text{CH}_3\text{OH}) = 40,7 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ )

$$[a) v = 36,0 \text{ ml mol}^{-1}, b) v = 17,99 \text{ ml mol}^{-1}]$$

25. Ve směsi ethanolu a vody, která obsahuje 75 mol.% vody, je parciální molární objem ethanolu 55,21 cm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup> a hustota uvažované směsi je 0,9236 g cm<sup>-3</sup>. Vypočítejte parciální molární objem vody. ( $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$ ,  $M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46,07$ )

$$[v = 17,73 \text{ ml mol}^{-1}]$$

26. Nádoba je rozdělena na dvě části. Jedna obsahuje 3,0 mol H<sub>2</sub> při tlaku 1,0 atm a teplotě 25°C, druhá obsahuje 1,0 mol N<sub>2</sub> při tlaku 3,0 atm a teplotě 25°C.

a) Vypočítejte směšovací Gibbsovu energii při odstranění přepážky oddělující dané plyny. Předpokládejte ideální chování plynů a nulový objem přepážky.

b) Jaká by byla směšovací Gibbsova energie, kdyby počáteční tlaky obou plynů byly stejné při stejném objemu nádoby?

$$[a) \Delta_{\text{mix}}G = -6,49 \text{ kJ}, b) \Delta_{\text{mix}}G = -5,58 \text{ kJ}]$$

27. Mějme nádobu o objemu  $5,0 \text{ dm}^3$  rozdělenou na dvě stejné části. Jedna obsahuje dusík o tlaku  $1,0 \text{ atm}$  a teplotě  $25^\circ\text{C}$ , druhá obsahuje vodík o stejném tlaku a teplotě. Vypočítejte směšovací Gibbsovu energii a směšovací entropii při odstranění přepážky.

$$[\Delta_{\text{mix}}G = -351 \text{ J}, \Delta_{\text{mix}}S = 1,18 \text{ J K}^{-1}]$$

28. V jakém poměru musíte smíchat hexan (A) s heptanem (B), chcete-li dosáhnout nejvyšší směšovací entropie. Poměr vyjádřete molárním zlomkem. Předpokládejte ideální chování kapalně směsi.

$$[x_A = 0,50]$$

29. Při normální teplotě tání rtuti  $-38,87^\circ\text{C}$  je měrný objem rtuti v pevné fázi  $70,14 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$  a ve fázi kapalně  $73,24 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$ . Měrné teplo tání rtuti je  $11,63 \text{ kJ kg}^{-1}$ . Vypočítejte teplotu tání rtuti při tlaku  $1,0 \text{ MPa}$  za předpokladu, že její měrný objem ani měrné teplo tání nezávisí na teplotě.

$$[t = -38,81^\circ\text{C}]$$

30. Při jaké teplotě budou mít stejný tlak nasycené páry vody a kyseliny octové? Normální teplota varu vody je  $100^\circ\text{C}$  a kyseliny octové  $118^\circ\text{C}$ . Střední hodnota výparného tepla vody v uvažovaném rozsahu teplot je  $42,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ , kyseliny octové  $25,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Dále spočítejte i příslušný tlak.

$$[t = 76,3^\circ\text{C}, p = 40,5 \text{ kPa}]$$

31. Tenze páry kapalněho naftalenu je  $10,0 \text{ torr}$  při teplotě  $85,8^\circ\text{C}$  a  $40,0 \text{ torr}$  při teplotě  $119,3^\circ\text{C}$ . Vypočítejte výparnou molární entalpii, normální teplotu varu a výparnou molární entropii při normální teplotě varu. Předpokládejte, že  $\Delta H \neq f(T)$ . (Pozn.  $\text{C}_{10}\text{H}_8$  má normální teplotu tání  $80,2^\circ\text{C}$ .)

$$[\Delta_{\text{výp}}H_m = 48,5 \text{ kJ mol}^{-1}, t = 216,3^\circ\text{C}, \Delta_{\text{výp}}S_m = 99,0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}]$$

32. Odhadněte teplotu varu vody v nadmořské výšce  $3000 \text{ m}$  při okolní teplotě  $10,0^\circ\text{C}$ . Barometrický tlak vypočítejte ze vztahu

$$p = p_0 e^{-Mgh/RT},$$

ve kterém  $h$  je nadmořská výška,  $p_0$  je tlak vzduchu na hladinu moře ( $h = 0 \text{ m}$ ) a  $M$  je molární hmotnost vzduchu (počítejte s přibližným složením:  $21 \text{ mol. \%}$  kyslíku a  $79 \text{ mol. \%}$  dusíku. Pro měrnou výparnou entalpii vody použijte hodnotu  $2258 \text{ J g}^{-1}$ .)

$$[T = 363 \text{ K}]$$

33. Při teplotě  $90,0^\circ\text{C}$  je tenze páry toluenu (T)  $400 \text{ torr}$  a o-xylenu (X)  $150 \text{ torr}$ . Jaké je složení kapalně směsi, která vře při  $90,0^\circ\text{C}$ , jestliže tlak je  $0,50 \text{ atm}$ . Jaké je složení vznikající plynně fáze. Předpokládejte ideální chování plynně i kapalně fáze.

$$[x_T = 0,920, y_T = 0,968]$$

34. Při teplotě  $30,0^\circ\text{C}$  má pentan tenzi par  $81,8 \text{ kPa}$  a izopentan  $109,1 \text{ kPa}$ . Rozhodněte, v jaké fázi se nachází směs, která obsahuje  $40,0 \text{ mol\%}$  pentanu při tlaku  $95,0 \text{ kPa}$  a  $97,0 \text{ kPa}$ . Pokud se bude směs nacházet v dvoufázové oblasti, určete poměr látkových množství příslušných fází. Předpokládejte ideální chování plynně i kapalně fáze.

$$[95 \text{ kPa: } g, 97 \text{ kPa: } \frac{n_g}{n_l} = 1,64]$$

35. Vypočítejte kolik vzdušného kyslíku a dusíku se rozpustí ve vodě při teplotě 20,0 °C a tlaku vzduchu 101 kPa. Předpokládejte, že ve vzduchu je přítomno 21 mol% O<sub>2</sub> a 78 mol% N<sub>2</sub>. Množství rozpuštěných plynů vyjádřete jejich molalitami. Hodnoty Henryho konstant při dané teplotě jsou uvedeny v následující tabulce.

plyn	$K_H \cdot 10^{-3} / \text{MPa}$
kyslík	4,06
dusík	8,14

$$[c_m(\text{O}_2) \doteq 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol kg}^{-1}, c_m(\text{N}_2) \doteq 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol kg}^{-1}]$$

36. Odhadněte molární koncentraci oxidu uhličitého v sodové vodě připravené v sifonové láhvi, kde je tlak CO<sub>2</sub> 5 atm.  $K_H(\text{CO}_2) = 1,25 \cdot 10^6$  torr při 298 K.

$$[c_{\text{CO}_2} \doteq 0,17 \text{ mol dm}^{-3}]$$

37. Určete relativní molekulovou hmotnost neznámé látky, jestliže roztok obsahující 1,22 g této látky a 94,8 g vody měl při standardním tlaku teplotu tání -0,405°C. Kryoskopická konstanta vody je 1,86 K kg mol<sup>-1</sup>. Předpokládejte, že daná látka je neelektrolyt.

$$[M_r = 59,1]$$

38. Jaká je experimentální hodnota ebullioskopické konstanty vody, jestliže roztok 0,450 g močoviny ( $M_r = 60,06$ ) ve 22,5 g vody ( $M_r = 18,02$ ) vře při standardním tlaku při teplotě 100,17°C.

$$[K_e = 0,511 \text{ K kg mol}^{-1}]$$

39. Vypočítejte hmotnost H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ( $M_r = 61,8$ ), která zbyde v 50,0 cm<sup>3</sup> vodného roztoku o původní koncentraci 0,20 mol dm<sup>-3</sup> po

- jedné extrakci 150 cm<sup>3</sup> pentanolu,
- dvojí extrakci vždy 50,0 cm<sup>3</sup> pentanolu?

Při 20°C je rozdělovací koeficient pro tuto soustavu  $k_r = \frac{c_p}{c_v} = 10,5$ .  $c_p$  značí

koncentraci kyseliny borité v pentanolu,  $c_v$  koncentraci kyseliny borité ve vodě.

$$[ \text{a) } m_v = 19,0 \text{ mg, b) } m_v = 4,67 \text{ mg} ]$$

40. Pro rovnovážné koncentrace látky B ve dvou nemísitelných rozpouštědlech I, II platí:

$$\frac{c_{B,I}}{c_{B,II}} = \frac{1}{3}. \text{ Látka B o hmotnosti 1,60 g byla původně rozpuštěna ve 100 ml}$$

rozpouštědla I. Tento roztok bylo extrahováno dvakrát vždy 100 ml rozpouštědla II.

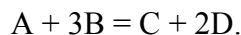
- Vypočítejte hmotnost látky B, která zbyde v rozpouštědle I po druhé extrakci?
- Vypočítejte hmotnost látky B, která přejde do rozpouštědla II při první a při druhé extrakci?

$$[ \text{a) } m_{I,2} = 0,10 \text{ g, b) } m_{II,1} = 1,20 \text{ g, } m_{II,2} = 0,30 \text{ g} ]$$

41. Při tlaku 12,5 kPa a teplotě 0°C se na 1 g silikagelu adsorbuje 7,4 cm<sup>3</sup> CO (měřeno při standardním tlaku a teplotě 0°C). Při tlaku 50 kPa a stejné teplotě odpovídá adsorbované množství CO 25 cm<sup>3</sup> (měřeno za stejných podmínek jako v předchozím případě). Vypočítejte  $a_{\max}$  a adsorpční koeficient  $b$  za předpokladu platnosti Langmuirovy izotermy.

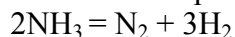
$$[a_{\max} = 1,21 \cdot 10^2 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}, b = 5,23 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}^{-1}]$$

42. Mějme reakci, kterou vystihuje tato stechiometrická rovnice



- a) Počáteční reakční směs obsahovala 1,0 mol látky A, 1,8 mol látky B a 1,0 mol látky D. V rovnovážné reakční směsi bylo nalezeno 1,6 mol látky D.  
b) Počáteční reakční směs obsahovala 1,0 mol látky A a 3,0 mol látky B. V rovnovážné reakční směsi byl nalezen 1,0 mol látky D.  
Určete rovnovážné složení reakční směsi, rozsah reakce a stupeň konverze těch složek reakce, pro které je definován.

43. Rovnovážná konstanta pro disociaci amoniaku podle rovnice



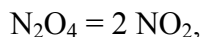
má při 500 K hodnotu  $K_p = 5,55$ . Vypočítejte

- a) hodnotu standardní reakční Gibbsovy energie,  $\Delta_r G^\circ$ , pro tuto teplotu,  
b) hodnotu reakční Gibbsovy energie,  $\Delta_r G$ , při této teplotě pro relativní tlaky složek  
 $p_{\text{rel}}(\text{NH}_3) = p_{\text{rel}}(\text{N}_2) = 0,2$ ,  $p_{\text{rel}}(\text{H}_2) = 0,6$ ,  
c) hodnotu  $\Delta_r G$  pro  $p_{\text{rel}}(\text{NH}_3) = 0,04$ ,  $p_{\text{rel}}(\text{N}_2) = 0,24$ ,  $p_{\text{rel}}(\text{H}_2) = 0,72$ .

Předpokládejte ideální chování soustavy.

$$[\text{a}) \Delta_r G^\circ = -7,12 \text{ kJ mol}^{-1}, \text{ b}) \Delta_r G = -6,80 \text{ kJ mol}^{-1}, \text{ c}) \Delta_r G = 9,61 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

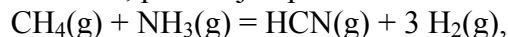
44. Rovnovážná konstanta,  $K_p$ , reakce



probíhající v plynné fázi, je 0,14 při teplotě 25°C. Jaké budou rovnovážné parciální tlaky  $\text{N}_2\text{O}_4$  a  $\text{NO}_2$ , jestliže v nádobě o konstantním objemu 10,0 l byl na začátku pokusu pouze  $\text{NO}_2$  o tlaku 5,0 atm. Předpokládejte, že se plyny chovají ideálně.

$$[p_{\text{rov}}(\text{NO}_2) = 0,558 \text{ atm}, p_{\text{rov}}(\text{N}_2\text{O}_4) = 2,22 \text{ atm}]$$

45. Reakce methanu s amoniakem, probíhající podle rovnice



byla studována za standardního tlaku a teploty 620°C. Nástrík do reaktoru obsahoval 63 mol% amoniaku a 37 mol% methanu, v rovnovážné směsi bylo zjištěno 6,6 mol% kyanovodíku. Vypočítejte rovnovážnou konstantu reakce za předpokladu ideálního chování plynných složek.

$$[K = 4,18 \cdot 10^{-3}]$$

46. Rovnovážná konstanta,  $K_x$ , pro izomerizaci borneolu ( $\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{OH}$ ) na izoborneol při teplotě 503 K je 0,106. Směs obsahující 7,5 g borneolu a 14,0 g izoborneolu byla v 5-l nádobě zahřáta na 503 K a nechána dojít do rovnováhy. Vypočítejte hmotnosti těchto dvou látek v rovnováze.

$$[m_{\text{rov}}(\text{izoborneol}) = 2,06 \text{ g}, m_{\text{rov}}(\text{borneol}) = 19,44 \text{ g}]$$

47. Do uzavřené nádoby o objemu  $5,0 \text{ dm}^3$  bylo umístěno  $10,0 \text{ g}$  tuhého chloridu amonného a nádoba byla poté vyhřáta na teplotu  $900 \text{ K}$ . Chlorid amonný se rozkládá podle rovnice



Vypočítejte úbytek hmotnosti chloridu amonného po ustavení rovnováhy. Rovnovážná konstanta rozkladu má pro teplotu  $900 \text{ K}$  hodnotu  $9,0 \cdot 10^{-3}$ . Předpokládejte ideální chování plynných složek.  $M_r(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,49$

$$[-\Delta m_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 0,344 \text{ g}]$$

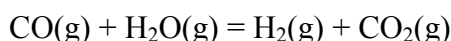
48. Pro tepelný rozklad uhličitanu vápenatého podle rovnice



je při teplotě  $298 \text{ K}$   $\Delta_r G^\circ = 130,2 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Vypočítejte parciální tlak  $\text{CO}_2$  při této teplotě, probíhá-li rozklad v uzavřené nádobě konstantního objemu.

$$[p_{\text{rov}}(\text{CO}_2) = 1,52 \cdot 10^{-18} \text{ Pa}]$$

49. Pro reakci



byly zjištěny hodnoty  $K_p$  při dvou hodnotách teplot. Při teplotě  $T_1 = 298 \text{ K}$  byla  $K_{p,1} = 1,04 \cdot 10^5$ , při teplotě  $T_2 = 800 \text{ K}$  byla  $K_{p,2} = 4,06$ .

- a) Vypočítejte pro tento teplotní interval střední hodnoty  $\Delta_r H^\circ$  a  $\Delta_r S^\circ$  dané reakce.  
b) Vypočítejte  $\Delta_r G^\circ$  při teplotě  $1000 \text{ K}$ , za předpokladu lineární závislosti  $\ln K_p$  na  $1/T$ .

Předpokládejte ideální chování soustavy.

$$[\text{a) } \Delta_r H^\circ = -40,1 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta_r S^\circ = -38,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, \text{ b) } \Delta_r G^\circ = -1,63 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

50. Pro disociaci fosgenu podle rovnice



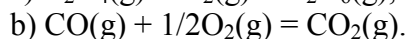
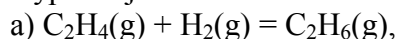
byly zjištěny hodnoty  $K_p = 0,0195$  při teplotě  $635,7 \text{ K}$  a  $K_p = 0,1971$  při teplotě  $722,2 \text{ K}$ . Vypočítejte

- a)  $\Delta_r H^\circ$  a  $\Delta_r S^\circ$  pro tento teplotní interval,  
b)  $\Delta_r G^\circ$  při teplotě  $298 \text{ K}$  za předpokladu lineární závislosti  $\ln K_p$  na  $1/T$ .

Předpokládejte ideální chování soustavy.

$$[\text{a) } \Delta_r H^\circ = 102 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta_r S^\circ = 128 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, \text{ b) } \Delta_r G^\circ = 64,0 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

51. Vypočítejte rovnovážné konstanty,  $K$ , při teplotě  $25^\circ\text{C}$  pro reakce



Standardní slučovací Gibbsovy energie prvků jsou nulové, pro ostatní látky jsou uvedeny v tabulce. Předpokládejte ideální chování plynných složek.

látka	$\Delta_{\text{sluč}} G^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$
$\text{C}_2\text{H}_4\text{(g)}$	68,12
$\text{C}_2\text{H}_6\text{(g)}$	-32,90
$\text{CO(g)}$	-137,15
$\text{CO}_2\text{(g)}$	-394,36

$$[\text{a) } K = 5,00 \cdot 10^{17}, \text{ b) } K = 1,15 \cdot 10^{45}]$$