

TERMODYNAMIKA

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

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

Vypočítejte tlak soustavy v jednotlivých stavech, vyměněnou práci a teplo a změnu vnitřní energie při jednotlivých dějích.

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 , ΔH a ΔU 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 20°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°C 1 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 , ΔU a ΔH pro daný děj a konečný objem V_2 a 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 ΔU a ΔH 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 ₆ H ₆ (g)	-1,71	326,0	-1100
CH ₂ O (g)	18,82	58,38	-156,06
CO (g)	26,50	7,683	-11,72
H ₂ (g)	29,06	-8,364	20,12

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

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

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

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

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

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

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 CO₂ (g) a H₂O (l)? Jsou známy hodnoty slučovacích tepel

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

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

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

$$[Q_p = -4234,5 \text{ kJ}]$$

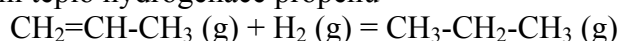
11. Vypočítejte standardní slučovací teplo glukosy, víte-li, že se při spálení 0,3212 g glukosy ($M_r = 180,16$) uvolní 4995 J tepla.

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

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

$$[\Delta_{\text{sluč}} H_{298}^{\circ} (\text{glukosa}) = -1274 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

12. Standardní reakční teplo hydrogenace propenu



A

B

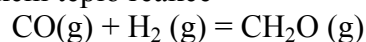
má při teplotě 25°C hodnotu -123,9 kJ mol⁻¹. Vypočítejte standardní spalné teplo propenu, znáte-li pro tutéž teplotu ještě

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

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

$$[\Delta_{\text{sp}} H_{298}^{\circ} (\text{A}) = -2059 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

13. Vypočítejte standardní reakční teplo reakce



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

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

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

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 př. 8.

$$[\Delta_r H^\circ_{1000} = -9620 \text{ J mol}^{-1}]$$

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 J K⁻¹. Vypočítejte konečný tlak p_2 a ΔG pro daný děj.

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

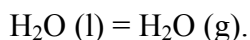
15. Vypočítejte ΔS pro děj, při kterém soustava obsahující 3,00 mol monoatomického ideálního plynu byla zahřáta a zkomprimována z 25°C a 1,00 atm na 125°C a 5,00 atm.

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

16. Ideální monoatomický plyn expanduje ireverzibilně adiabaticky proti konstantnímu vnějšímu tlaku 101 325 Pa. Jeho počáteční objem byl 20 dm³, tlak 10,1325 MPa a teplota 200°C. Vypočítejte ΔS pro tento děj. Ověřte, že změna entropie by byla nulová, kdyby daný plyn expandoval reverzibilně na konečný tlak 101 325 Pa.

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

17. Molární objem vody v kapalném stavu při teplotě 100°C a tlaku 101,325 kPa je 18 cm³mol⁻¹. Při stejných podmínkách je molární objem vodní páry 30 dm³mol⁻¹ a molární výparná entalpie vody 40 kJ mol⁻¹. Vypočítejte ΔU , ΔH , ΔS a ΔG při vratné fázové přeměně



$$[\Delta U = 37,0 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta H = 40 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta S = 107 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}, \Delta G = 0]$$

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

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

19. Vypočítejte ΔH a ΔS tepelně izolované soustavy, do které byly umístěny dvě měděné kostky o hmotnosti 10 kg. Teplota jedné byla původně 100°C, druhé 0°C. Specifická tepelná kapacita mědi při konstantním tlaku je 0,385 J K⁻¹g⁻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 , ΔU a ΔG při tomto ději. Uvažovaný plyn má molární hmotnost 2 g mol⁻¹ a za daných podmínek splňuje stavovou rovnici ideálního plynu. Pro jeho molární tepelnou kapacitu $c_{p,m}$ 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⁻¹mol⁻¹.

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

21. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie
- kapalné vody pokládané za nestlačitelnou kapalinu
 - vodní páry pokládané za ideální plyn
- při izotermické ($T = 25^\circ\text{C}$) změně tlaku z 1 bar na 2 bar.
 (1 bar = 10^5 Pa, $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$, $\rho_{298}(\text{H}_2\text{O}) = 0,9971$ g cm⁻³)
 [a) $\Delta G_m = 1,81$ J mol⁻¹, b) $\Delta G_m = 1718$ J mol⁻¹]
22. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie ledu při izotermické ($T = -10^\circ\text{C}$) změně tlaku z 1 bar na 2 bar. (1 bar = 10^5 Pa, $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$, $\rho(\text{H}_2\text{O},s) = 0,917$ g cm⁻³)
 [$\Delta G_m = 1,97$ J mol⁻¹]
23. Pro přechod
- $$\text{CaCO}_3(\text{aragonit}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{kalcit})$$
- je $\Delta G_{m,298}^\circ = -800$ J mol⁻¹ a $\Delta V_m = 2,75$ cm³ mol⁻¹. Za jakého tlaku by se při teplotě 298 K stal aragonit stálou modifikací?
 [$p = 2,91 \cdot 10^8$ Pa]
24. Objem roztoku, který získáme rozpuštěním n molů methanolu v 1 kg vody při teplotě 25°C závisí na n takto
- $$V = (1,003 \cdot 10^{-3} + 3,5 \cdot 10^{-5} n + 5 \cdot 10^{-7} n^2) \text{ m}^3.$$
- Vypočítejte parciální molární objem methanolu v 1-molárním roztoku methanolu ve vodě.
 - Vypočítejte parciální molární objem vody v 3-molárním roztoku methanolu ve vodě.
- ($M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$, $V_m(\text{CH}_3\text{OH}) = 40,7$ cm³)
 [a) $v = 36,0$ ml mol⁻¹, b) $v = 17,99$ ml mol⁻¹]
25. Ve směsi ethanolu a vody, která obsahuje 75 mol.% vody, je parciální molární objem ethanolu 55,21 cm³ mol⁻¹ a hustota uvažované směsi je 0,9236 g cm⁻³. Vypočítejte parciální molární objem vody. ($M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$, $M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46,07$)
 [$v = 17,73$ ml mol⁻¹]
26. Nádoba je rozdělena na dvě části. Jedna obsahuje 3,0 mol H₂ při tlaku 1,0 atm a teplotě 25°C, druhá obsahuje 1,0 mol N₂ při tlaku 3,0 atm a teplotě 25°C.
- Vypočítejte směšovací Gibbsovu energii při odstranění přepážky oddělující dané plyny. Předpokládejte ideální chování plynů a nulový objem přepážky.
 - Jaká by byla směšovací Gibbsova energie, kdyby počáteční tlaky obou plynů byly stejné při stejném objemu nádoby?
- [a) $\Delta_{\text{mix}}G = -6,49$ kJ, b) $\Delta_{\text{mix}}G = -5,58$ kJ]
27. Mějme nádobu o objemu 5 l rozdělenou na dvě stejné části. Jedna obsahuje dusík o tlaku 1 atm a teplotě 25°C, druhá obsahuje vodík o stejném tlaku a teplotě. Vypočítejte směšovací Gibbsovu energii a směšovací entropii při odstranění přepážky.
 [$\Delta_{\text{mix}}G = -351$ J, $\Delta_{\text{mix}}S = 1,18$ J K⁻¹]
28. V jakém poměru musíte smíchat hexan (A) s heptanem (B), chcete-li dosáhnout nejvyšší směšovací entropie. Poměr vyjádřete pomocí molárního zlomku. Předpokládejte ideální chování kapalné 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 kapalné $73,24\text{ cm}^3\text{ kg}^{-1}$. 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°C a kyseliny octové 118°C . Střední hodnota výparného tepla vody v uvažovaném rozsahu teplot je 42 kJ mol^{-1} , kyseliny octové 25 kJ mol^{-1} .

$$[t = 76,2^{\circ}\text{C}]$$

31. Tenze páry kapalného naftalenu je $10,0\text{ torr}$ při $85,8^{\circ}\text{C}$ a $40,0\text{ torr}$ při $119,3^{\circ}\text{C}$. Vypočítejte výparnou entalpii, normální bod varu a výparnou entropii při normálním bodu varu. Předpokládejte, že $\Delta H \neq f(T)$. (Pozn. C_{10}H_8 má normální teplotu tání $80,2^{\circ}\text{C}$.)

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

32. Odhadněte teplotu varu vody v nadmořské výšce 3000 m při okolní teplotě 10°C . Barometrický tlak vypočítejte ze vztahu

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

ve kterém h je nadmořská výška, p_0 je tlak na hladinu moře ($h = 0\text{ m}$) a M je molární hmotnost vzduchu. Pro měrnou výparnou entalpii vody použijte hodnotu $2\,258\text{ J g}^{-1}$.

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

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

$$[x_T = 0,920, x_X = 0,080, y_T = 0,968, y_X = 0,032]$$

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

$$[95\text{ kPa: g, } 97\text{ kPa: } \frac{n_g}{n_l} = 1,65]$$

35. Vypočítejte kolik vzdušného kyslíku a dusíku se rozpustí ve vodě při teplotě 20°C a tlaku vzduchu 101 kPa . Předpokládejte, že ve vzduchu je přítomno $21\text{ mol}\%$ O_2 a $78\text{ mol}\%$ N_2 . Hodnoty Henryho konstant při dané teplotě jsou uvedeny v tabulce.

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

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

36. Odhadněte molární koncentraci oxidu uhličitého v sodové vodě připravené v sifonové láhvi, kde je tlak CO_2 5 atm. $K_H(\text{CO}_2) = 1,25 \cdot 10^6$ torr při 298 K.

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

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 $-0,405^\circ\text{C}$. Kryoskopická konstanta vody je $1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$. 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 $100,17^\circ\text{C}$.

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

39. Kolik mg H_3BO_3 ($M_r = 61,8$) zbyde v 50 cm^3 vodného roztoku o původní koncentraci $0,2 \text{ mol dm}^{-3}$ po

- jedné extrakci 150 cm^3 pentanolu
- dvojí extrakci vždy 50 cm^3 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.

$$[a) m_v = 19,0 \text{ mg}, b) m_v = 4,7 \text{ mg}]$$

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

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

100 ml tohoto roztoku bylo extrahováno dvakrát vždy 100 ml rozpouštědla II.

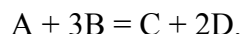
- Kolik g látky B zbyde v rozpouštědle I po druhé extrakci?
- Kolik g látky B přejde do rozpouštědla II při první a kolik při druhé extrakci?

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

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

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

42. Mějme reakci, kterou vystihuje tato stechiometrická rovnice



- Počáteční reakční směs obsahovala 1 mol látky A, 1,8 mol látky B a 1 mol látky D. V rovnovážné reakční směsi bylo nalezeno 1,6 mol látky D.
- Počáteční reakční směs obsahovala 1 mol látky A a 3 mol látky B. V rovnovážné reakční směsi byl nalezen 1,0 mol látky D.

Určete rovnovážné složení reakční směsi.

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

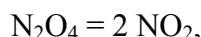
$$p_{\text{rel}}(\text{NH}_3) = p_{\text{rel}}(\text{N}_2) = 0,2, \quad p_{\text{rel}}(\text{H}_2) = 0,6,$$

- 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, že se složky chovají ideálně.

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

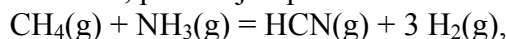
44. Rovnovážná konstanta K_p reakce



probíhající v plynné fázi, je 0,14 při teplotě 25°C. Jaké budou rovnovážné parciální tlaky N_2O_4 a NO_2 , jestliže v nádobě o konstantním objemu 10,0 l byl na začátku pokusu pouze NO_2 o tlaku 5,0 atm. Předpokládejte, že se plyny chovají ideálně.

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

45. Reakce methanu s amoniakem, probíhající podle rovnice



byla studována za standardního tlaku a teploty 620°C. Nástřík 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 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.

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

47. Do uzavřené nádoby o objemu 5,0 dm³ bylo umístěno 10,0 g tuhého chloridu amonného a nádoba byla poté vyhřáta na teplotu 900 K. Chlorid amonný se rozkládá podle rovnice



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

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

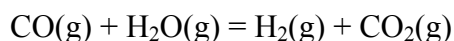
48. Pro tepelný rozklad uhličitanu vápenatého podle rovnice



je při teplotě 298 K $\Delta_r G^\circ = 130,2 \text{ kJ mol}^{-1}$. Vypočítejte parciální tlak 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 $\overline{\Delta_r H^\circ}$ a $\overline{\Delta_r S^\circ}$ dané reakce.
 b) Vypočítejte $\Delta_r G^\circ$ při teplotě 1000 K , za předpokladu lineární závislosti $\ln K_p$ na $1/T$.

[a) $\overline{\Delta_r H^\circ} = -40,08 \text{ kJ mol}^{-1}$, $\overline{\Delta_r S^\circ} = -38,38 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, b) $\Delta_r G^\circ = -1629 \text{ J mol}^{-1}$]

50. Pro disociaci fosgenu podle rovnice

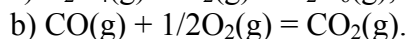
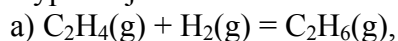


byly zjištěny hodnoty $K_p = 0,0195$ při teplotě $635,7 \text{ K}$ a $K_p = 0,1971$ při teplotě $722,2 \text{ K}$. Vypočítejte

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

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

51. Vypočítejte rovnovážné konstanty K při teplotě 298 K 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
CO(g)	-137,15
$\text{CO}_2\text{(g)}$	-394,36

[a) $K = 5,00 \cdot 10^{17}$, b) $K = 1,16 \cdot 10^{45}$]