

### Molární refrakce (589 nm)

Vazba	R/cm <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup>	Vazba	R/cm <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup>
C-H	1,65	O-H (alkoholy)	1,66
C-C	1,20	O-H (kyseliny)	1,80
C=C	2,79	C-O	1,41
C≡C (konec řetězce)	5,87	C=O	3,32
C≡C (uprostřed)	6,24	C-C (areny)	2,688

### Součiny rozpustnosti (25°C)

Látka	pK <sub>s</sub>	Látka	pK <sub>s</sub>	Látka	pK <sub>s</sub>
AgCl	9,75	CaCO <sub>3</sub>	8,35	Fe(OH) <sub>3</sub>	39,43
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	11,09	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	26,00	MgCO <sub>3</sub>	7,63
BaSO <sub>4</sub>	9,96	CaSO <sub>4</sub>	5,04	PbSO <sub>4</sub>	7,82
BaCO <sub>3</sub>	8,29	CdS	26,10	ZnS	23,80

### Disociační konstanty kyselin a zásad (25°C)

Látka	pK <sub>a</sub>	Látka	pK <sub>a</sub>	Látka	pK <sub>b</sub>
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	pK <sub>a1</sub> =2,12	Fenol	10,02	Amoniak	4,75
	pK <sub>a2</sub> =7,21	HCOOH	3,75	Pyridin	8,75
	pK <sub>a3</sub> =12,67	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	pK <sub>a1</sub> =6,37	Ethylamin	3,19
CH <sub>3</sub> COOH	4,75		pK <sub>a2</sub> =10,25	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	3,27

### Límitní molární vodivosti iontů (25°C)

Ion	λ <sub>1</sub> /S.cm <sup>2</sup> mol <sup>-1</sup>	Ion	λ <sub>1</sub> /S.cm <sup>2</sup> mol <sup>-1</sup>	Ion	λ <sub>1</sub> /S.cm <sup>2</sup> mol <sup>-1</sup>
H <sup>+</sup>	349,8	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	73,6	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	160,0
Na <sup>+</sup>	50,1	Cl <sup>-</sup>	76,4	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	44,5
Ca <sup>2+</sup>	119,0	OH <sup>-</sup>	198,3	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	40,9
K <sup>+</sup>	73,5	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	71,5	CH <sub>2</sub> ClCOO <sup>-</sup>	42,2

### Standardní elektrodové potenciály (25°C)

Elektroda	E <sup>0</sup> /V	Elektroda	E <sup>0</sup> /V	Elektroda	E <sup>0</sup> /V
Ag/Ag <sup>+</sup>	+0,7991	Cl <sub>2</sub> /Cl <sup>-</sup>	+1,3595	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , Cl <sup>-</sup>	+0,2676
Ag/AgCl, Cl <sup>-</sup>	+0,2222	Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup>	+0,771	Zn/Zn <sup>2+</sup>	-0,7628

### Termodynamická data

Látka	ΔH <sub>f</sub> <sup>0</sup>	ΔG <sub>f</sub> <sup>0</sup>	S <sup>0</sup>	C <sub>p</sub>	M
	kJ.mol <sup>-1</sup>	kJ.mol <sup>-1</sup>	J.K <sup>-1</sup> .mol <sup>-1</sup>	J.K <sup>-1</sup> .mol <sup>-1</sup>	g.mol <sup>-1</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-1675,7	-1582,3	50,92	79,04	101,96
Ar	0	0	154,84	20,786	39,95
CO	-110,53	-137,17	197,67	29,14	28,011
CO <sub>2</sub>	-393,51	-394,36	213,74	37,11	44,010
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-824,2	-742,2	87,40	103,85	159,69
H <sub>2</sub>	0	0	130,684	28,824	2,016
HCl(g)	-92,31	-95,30	186,91	29,19	36,46
H <sub>2</sub> O(g)	-241,82	-228,57	188,83	33,58	18,015
H <sub>2</sub> O(l)	-285,83	-237,13	69,91	75,291	18,015
N <sub>2</sub>	0	0	191,61	29,125	28,013
NH <sub>3</sub> (g)	-46,11	-16,45	192,45	35,06	17,03
O <sub>2</sub>	0	0	205,138	29,355	31,999
SO <sub>2</sub>	-296,83	-300,19	248,22	39,87	64,06

### Kryoskopické a ebolioskopické konstanty

Látka	K <sub>k</sub> /K.kg.mol <sup>-1</sup>	K <sub>e</sub> /K.kg.mol <sup>-1</sup>	M <sub>r</sub>
Benzen	5,12	2,53	78,11
Fenol	7,27	3,04	94,11
Kafr	40		152,24
Naftalen	6,94	5,8	128,18
Octová kyselina	3,90	3,07	60,05
Sulfid uhlíčitý	3,8	2,35	76,14
Tetrachlormethan	30	4,95	153,82
Voda	1,86	0,51	18,02

## 9 Důležité konstanty

Následující tabulky obsahují údaje potřebné pro řešení cvičení, která jsou součástí učebnice.

### Základní konstanty

Název	Symbol	Hodnota
Rychlost světla ve vakuu	$c$	$2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Elementární náboj	$e$	$1,602\,177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Faradayova konstanta	$F = e \cdot N_A$	$9,6485 \cdot 10^4 \text{ C}$
Boltzmannova konstanta	$k$	$1,380\,66 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Molární plynová konstanta	$R = k \cdot N_A$	$8,314\,51 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Planckova konstanta	$h$	$6,626\,08 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Avogadrova konstanta	$N_A$	$6,022\,14 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Permitivita vakua	$\epsilon_0$	$8,854\,19 \cdot 10^{-12} \text{ J}^{-1} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1}$

### Van der Waalsovy konstanty a kritické teploty plynů

Plyn	$a / \text{m}^2 \text{Pa mol}^{-2}$	$b / 10^{-6} \text{m}^3 \text{mol}^{-1}$	$t_c / ^\circ\text{C}$	$A_c (M_c)$
Vodík	0,0247	26,6	-240	1,0079
Kyslík	0,138	31,8	-118,4	15,9994
Dusík	0,141	39,1	-147,05	14,0067
Helium	0,0035	34,1	-267,95	4,0026
Neon	0,021	17,1	-228,75	20,179
Argon	0,136	32,2	-122,29	39,948
Chlorovodík	0,372	40,8	51,4	36,468
Oxid uhličitý	0,364	42,7	31	44,010

### Konstanty Antoineovy rovnice<sup>15</sup>

Kapalina	A	B	C	$M_c$
Benzen	6,03055	1211,033	220,790	78,11
Ethanol	7,44680	1718,10	237,52	46,07
Heptan	6,02730	1268,115	216,900	100,21
Hexan	6,00266	1171,530	224,366	86,18
Octová kyselina	6,55218	1558,03	224,79	60,05
<i>p</i> -xylén	6,11542	1453,430	215,307	106,17

<sup>15</sup> Dosazuje se číselná hodnota tlaku v kPa a teploty ve  $^\circ\text{C}$ .

### Cvičení

- Podnik vyrábějící sodovou vodu sytí vodu oxidem uhličitým pod tlakem 0,5 MPa při teplotě 25 $^\circ\text{C}$ . Určete jeho látkovou koncentraci, je-li Henryho konstanta  $\text{CO}_2$  167 MPa.
- Jaký látkový zlomek měl plyný vodík ve směsi plynů, která působila na vodní hladinu tlakem 80 kPa, když se v jednom kg vody rozpustilo při teplotě 25 $^\circ\text{C}$  po přepočtu na normální podmínky 5 ml vodíku? Henryho konstanta vodíku je 7,12 GPa.

s. 96

### Cvičení

s. 89

- Dehydrogenace butanu jodem  $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{C}_4\text{H}_8 + 2 \text{HI}$  vede při teplotě 250 $^\circ\text{C}$  k těmto hodnotám rovnovážných parciálních tlaků složek (kPa):  $p(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 25,85$ ,  $p(\text{I}_2) = 0,432$ ,  $p(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,847$ ,  $p(\text{HI}) = 1,69$ . Celková hodnota tlaku v reaktoru je 30 kPa. Určete hodnoty  $K_p$ ,  $K_x$  a  $K_c$ .
- V reakci  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  bylo dosaženo rovnovážného stupně konverze  $\alpha = 0,485$  při teplotě 1000 K a normálním tlaku. Vypočítejte rovnovážnou konstantu  $K_p$ .
- Uzavřený reaktor je naplněn 0,6 mol  $\text{H}_2(\text{g})$ , 0,8 mol  $\text{I}_2(\text{g})$  a 0,4 mol  $\text{HI}(\text{g})$  při tlaku 100 kPa. Vypočítejte rovnovážná látková množství složek, když pro reakci ve směru syntézy jodovodíku z prvků je  $K_p = 870$ .
- Určete rovnovážnou konstantu  $K_p$  reakce  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HCl}(\text{g})$  při teplotě 600 K z termodynamických dat.
- Rovnovážný stupeň konverze při reakci  $2 \text{NO}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO} + \text{O}_2$  při teplotě 800 K a tlaku 101,325 kPa je 0,739. a) Určete rovnovážné konstanty  $K_p$  a  $K_x$  za uvedených podmínek. b) Určete rovnovážné konstanty  $K_p$  a  $K_x$  při dvojnásobném tlaku.
- a) Jakou hodnotu má rovnovážná konstanta  $K_c$  esterifikace octové kyseliny ethanolem při teplotě 100 $^\circ\text{C}$ , jestliže bylo smícháno ekvimolární množství reaktantů a po ustavení rovnováhy byl zjištěn úbytek 66,67% octové kyseliny? b) Určete procentuální úbytek octové kyseliny, vstoupí-li do reakce dvojnásobné množství ethanolu.
- V reakční soustavě se ustavila rovnováha  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{CO}(\text{g})$  při tlaku 50 kPa a teplotě 1050 K. Rovnovážný parciální tlak oxidu uhelnatého činil 45,84 kPa. Určete  $K_p$ .
- Při teplotě 1000 K je pro reakci  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  hodnota rovnovážné konstanty 1,39. Jak se změnil její hodnota při snížení teploty o 100 $^\circ\text{C}$ ?

### Cvičení

- 1 Uhlík v přírodě obsahuje stacionární množství radioaktivního izotopu  $^{14}\text{C}$ , jehož obsah v živé hmotě se stále obnovuje působením kosmického záření a koloběhem uhlíku. Ve hmotách, jež jsou odstíněny, tj. koloběhem uhlíku přestal, klesá množství  $^{14}\text{C}$ . Poločas rozpadu  $^{14}\text{C}$  je 5730 let. Na egyptské mumii bylo zjištěno, že její radioaktivita činí 56,2% stacionárního stavu (v živé hmotě). Jak stará je mumie?
- 2 Určete poločas reakce rozkladu ethanu na methylové radikály při teplotě  $700^\circ\text{C}$ , jestliže rychlostní konstanta je  $5,46 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ .
- 3 Tepelným rozkladem cyklobutanu vzniká ethylen podle rovnice:  
 $\text{C}_4\text{H}_8 \rightarrow 2 \text{CH}_2=\text{CH}_2$   
Při teplotě  $438^\circ\text{C}$  je rychlostní konstanta  $2,48 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ . Za jakou dobu dosáhne molární poměr ethylenu k cyklobutanu hodnoty rovné 1?
- 4 Reakce  $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{CH}_3\text{O}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{Cl}^-$  je reakcí druhého řádu. Rychlostní konstanta při teplotě  $20^\circ\text{C}$  je  $2,29 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ . Určete reakční rychlost  
a) v okamžiku, kdy mají oba reaktanty relativní látkovou koncentraci 0,1,  
b) v okamžiku, kdy mají oba reaktanty relativní látkovou koncentraci 0,05.
- 5 Pro rozklad plynného jodovodíku byla při teplotě 556 K změřena rychlostní konstanta  $3,517 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$  a při teplotě 781 K rychlostní konstanta  $3,954 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Určete aktivační energii reakce  $E_a$ .
- 6 Látka A se rozkládá dvěma bočnými reakcemi na produkt X a na produkt Y. Rychlostní konstanta rozkladu A na X je  $2 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$  a rozkladu A na Y  $2,16 \text{ min}^{-1}$ . Vypočítejte složení po úplném rozkladu A. Složení udejte látkovými zlomky.

s. 78

### Cvičení

- 1 Určete, při kterém tlaku nastane u vody rovnováha mezi kapalinou a párou, je-li teplota  $93^\circ\text{C}$ .  $\Delta H_{\text{vap}} = 40,66 \text{ kJ mol}^{-1}$ .
- 2 Určete směrnici  $p - T$  závislosti křivky koexistence tuhá fáze - kapalina pro benzen při teplotě tání  $5,5^\circ\text{C}$  (101,3 kPa).  $\Delta H_{\text{tání}} = 10,59 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Hustota kapalného benzenu je  $0,879 \text{ g cm}^{-3}$ , tuhého benzenu  $0,891 \text{ g cm}^{-3}$ . Odhadněte teplotu tání při tlaku 100 MPa.
- 3 Tlak par dichlormethanu při  $24,1^\circ\text{C}$  je 53,3 kPa. Molární výparná entalpie je  $28,7 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Při které teplotě bude tlak par 66,7 kPa? s. 94

### Cvičení s. 70

- 1 Kolik tepla vyvine aluminotermická reakce  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$ , vstoupí-li do ní 1 kg oxidu železitého? Počítejte ze standardních slučovacích entalpií.
- 2 Vypočítejte entalpii, která se uvolní při spálení  $0,5 \text{ m}^3$  methanu za standardních podmínek. Použijte hodnotu standardní spalné entalpie methanu z cvičení 7.
- 3 V kalorimetru bylo při počáteční teplotě  $20,00^\circ\text{C}$  spáleno  $1,1050 \text{ g}$  naftalenu. Konečná teplota byla  $22,26^\circ\text{C}$ . Celková tepelná kapacita kalorimetru činí  $19,67 \text{ kJ K}^{-1}$ . Vypočítejte molární spalnou entalpii naftalenu. ( $M=128,18 \text{ g mol}^{-1}$ ).
- 4 Přepočítejte standardní slučovací entalpii amoniaku na teplotu  $800^\circ\text{C}$ .
- 5 a) Určete ze slučovací entalpii standardní reakční entalpii reakce  
 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
b) Přepočítejte reakční entalpii na teplotu  $200^\circ\text{C}$ .
- 6 Vypočítejte standardní slučovací entalpii kapalného benzenu, znáte-li standardní slučovací entalpii oxidu uhličitého ( $-394 \text{ kJ mol}^{-1}$ ), kapalně vody ( $-286 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) a standardní spalnou entalpii kapalného benzenu ( $-3268 \text{ kJ mol}^{-1}$ ).
- 7 Ze standardních spalných entalpií vypočítejte standardní reakční entalpie těchto reakcí:  
a)  $\text{CO}(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
b)  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
c)  $\text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
d)  $\text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $\Delta H_f^\circ (\text{kJ mol}^{-1})$ :  
 $\text{C}(\text{s})$ : -394,  $\text{CO}(\text{g})$ : -283,  $\text{H}_2(\text{g})$ : -286,  $\text{CH}_4(\text{g})$ : -891.
- 8 Vypočítejte standardní slučovací entalpii kapalného ethanolu, znáte-li standardní vazebné disociační entalpie H-H:  $436 \text{ kJ mol}^{-1}$ , H-C:  $412 \text{ kJ mol}^{-1}$ , H-O:  $463 \text{ kJ mol}^{-1}$ , C-C:  $348 \text{ kJ mol}^{-1}$ , C-O:  $360 \text{ kJ mol}^{-1}$ , O=O:  $497 \text{ kJ mol}^{-1}$  a standardní atomizační entalpii C(s):  $716,7 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $\Delta H_{\text{vap}} = 43,5 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

**Cvičení**

- Do parního stroje se přivádí přehřátá pára o teplotě 255°C. a) Jaká je jeho maximální účinnost, slouží-li jako chladič vnější vzduch, kdy konečná teplota páry je 100°C? b) Jakou teplotu musí mít chladič, aby bylo dosaženo maximální účinnosti 40%?
- Jakou práci vykoná Carnotův tepelný stroj s 10 kg argonu, který pracuje mezi teplotami 275°C a 100°C? Výchozí tlak argonu je 10 MPa. Tlak po izotermické a adiabatické expanzi klesá na 1 MPa.
- Porovnejte teoretickou účinnost parního stroje pracujícího při tlaku 0,5 MPa, kdy voda vře při 152°C, se strojem, který pracuje při tlaku 10 MPa, kdy voda vře při 312°C. Chladnější lázeň má v obou případech teplotu 30°C.
- Pro určitou chemickou přeměnu 1 molu látky byly určeny hodnoty  $\Delta H_f = 95 \text{ kJ mol}^{-1}$  a  $\Delta S = 180 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Vypočítejte  $\Delta G$  při teplotě 300 K a při teplotě 900 K. Může při některé z těchto teplot reakce samovolně probíhat?
- Při teplotě 298 K jsou 2 moly ideálního plynu izotermicky vratně stlačeny z tlaku 1 MPa na tlak 3 MPa. Pro tento děj vypočítejte a) změnu vnitřní energie, b) změnu entalpie, c) změnu entropie, d) změnu Helmholtzovy energie, e) změnu Gibbsovy energie.
- 64 g kyslíku expandovalo při výchozí teplotě 25°C z objemu 25 na 35 l. Určete změnu entropie, probíhal-li děj a) vratně izotermicky, b) nevratně izotermicky, c) izobaricky, d) adiabaticky.
- Na jaký násobek původního objemu musí izotermicky vratně expandovat 2 moly ideálního plynu, aby jeho entropie stoupla o  $5 \text{ J K}^{-1}$ ?
- V Dewarově nádobě je 10 g ledu o teplotě 0°C přidáno k 30 g vody teplé 90°C.  $\Delta H_{\text{tání}} = 5980 \text{ J mol}^{-1}$ . Tepelná kapacita Dewarovy nádoby je zanedbatelná. a) Jaká je teplota vody po ustavení rovnováhy? b) Jak se změní entropie soustavy?
- Jak se změní entropie  $0,05 \text{ m}^3$  plynného dusíku a) vratným ohřátím z 25°C na 1000°C při stálém tlaku 0,1 MPa, b) vratným stlačením z 0,1 MPa na 1 MPa při stálé teplotě 25°C?
- 80 g dusíku bylo v uzavřeném autoklávu zahřáto z 300 K na 400 K. Vypočítejte změnu jeho entropie.
- Vypočítejte změnu entropie 0,15 molů vody při přechodu z kapalného skupenství, kde je pod normálním tlakem do plynného skupenství, kde bude pod tlakem 0,05 MPa. Změna probíhá při teplotě 373,15 K. Pára se chová jako ideální plyn.  $\Delta H_{\text{vap}} = 40,65 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

- Jak velkou práci vykoná 1 kg oxidu siřičitého o teplotě 30°C, zvětší-li svůj objem o polovinu a) izotermickou vratnou expanzí, b) izobarickou expanzí? c) Kolik tepla soustava spotřebuje při izobarické expanzi? Předpokládejme ideální chování.
- Vypočítejte změnu entalpie 20 l plynné směsi o složení  $x(\text{CO}_2) = 0,65$  a  $x(\text{CO}) = 0,35$  při izobarickém zahřátí ( $p = 100 \text{ kPa}$ ) z 30 na 100°C.
- V železném kotli o hmotnosti 400 kg se má ohřát 500 kg vody z 15°C na 100°C. Kolik tepelné energie je k tomu zapotřebí, je-li v tomto teplotním intervalu střední měrná tepelná kapacita vody  $4,192 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$  a železa  $0,465 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ .
- Ze známé hodnoty tepelné kapacity  $C_p$  vypočítejte hodnoty  $C_v$ ,  $c_p$  a  $c_v$  pro a) vodík, b) dusík, c) kyslík.
- Kolik studené vody o teplotě 15°C se musí přidat k 10 litrům vody 65°C teplé, aby vznikla lázeň o teplotě právě 50°C?
- Do Dewarovy nádoby obsahující 200 g vody 18°C teplé byl přidán platínový plíšek o hmotnosti 11,86 g vyhřátý na 153°C. Teplota vody tím stoupla na 18,25°C. Vypočítejte měrnou tepelnou kapacitu platiny, činí-li měrná tepelná kapacita vody  $4,187 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ .
- Vypočítejte práci, kterou vykoná argon při adiabatické expanzi z tlaku 1 MPa na 0,1 MPa. Počáteční objem plynu při teplotě 273 K je  $5 \text{ dm}^3$ .  $\kappa$  určete z tepelných kapacit.
- Kolik práce je třeba vynaložit na adiabatickou kompresi 1 kg vodíku ze 100 kPa na 500 kPa při počáteční teplotě 25°C?  $\kappa$  určete z tepelných kapacit.
- Tlak plynu ( $\kappa = 1,40$ ) se adiabatickou expanzí snížil 10 krát. Kolikrát se zvýšil jeho objem?
- Plyn byl adiabaticky stlačen na 20% původního objemu. Teplota před kompresí byla 10°C.  $\kappa = 1,67$ . a) Jaká teplota bude po kompresi? b) Jaký bude konečný tlak, byl-li počáteční tlak 100 kPa? c) Jaký by byl konečný tlak při izotermické provedení děje?

**Cvičení**

- a) Jakou práci vykoná 10 l ideálního plynu při izotermické vratné expanzi na 100 l? Expanzí se plyn vrátí na normální podmínky. b) Vypočítejte práci pro nevratný průběh děje a obě práce porovnejte.
- Kolik tepla je nutno dodat 150 g kyslíku k zahřátí z 20°C na 120°C a) při konstantním objemu, b) při konstantním tlaku?
- Jakou práci musíme vynaložit na stlačení 80,64 g vodíku na pětinašobný tlak izotermickou vratnou kompresí při teplotě 27°C?
- 100 l dusíku bylo izochoricky zahřáto z 15°C na 365°C. Původní tlak byl 100 kPa. a) Jaký je výsledný tlak? b) Jak se změnila vnitřní energie soustavy? Předpokládejme ideální chování.

**Cvičení**

- 1 Určete hustotu 95%-ní kyseliny sírové při teplotě 40°C, která má při 20°C hustotu 1834 kg.m<sup>-3</sup>. Koeficient objemové roztažnosti  $\beta=5,4 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ .
- 2 Vypočítejte konstanty v Augustově rovnici tlaku nasycených par pro fosgen. Fosgen vše za normálního tlaku při teplotě 8,4°C. Tlak nasycených par je při normální teplotě 73,3 kPa.
- 3 Vypočítejte podle Antoineovy rovnice teploty varu při tlaku 90 kPa pro a) octovou kyselinu, b) ethanol, c) benzen.
- 4 Jaké hodnoty podle Antoineovy rovnice dosáhne tlak nasycených par kapalin z minulého příkladu při teplotě 20°C?
- 5 Jistý objem anilinu proteče kapilárou viskozimetru za 612,5 s. Stejný objem vody proteče za 142,3 s. Voda má dynamický viskozitní koeficient 1,005 mPas. Hustota vody je 0,998 g cm<sup>-3</sup>, anilinu 1,022 g cm<sup>-3</sup>. Určete dynamický viskozitní koeficient anilinu.
- 6 Kapilárním viskozimetrem (konstanty  $A=2,85 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ ,  $B=8,20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ ) byla při teplotě 25°C změřena průtoková doba ethanolu  $t=53,56$  s. Určete dynamický a kinematický viskozitní koeficient ethanolu ( $\rho=0,785 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ).
- 7 Kulička o hustotě 7,82 g.cm<sup>-3</sup> a poloměru 2 mm urazila v ethylenglykolu vzdálenost 50 cm za 17 s. Hustota ethylenglykolu při teplotě měření byla 1,114 g.cm<sup>-3</sup>. Určete dynamický a kinematický viskozitní koeficient ethylenglykolu.
- 8 Povrchové napětí anilinu bylo měřeno stalagmometricky. Objem stalagmometru, který činil 2 ml, vykapal 125 kapkami. Poloměr kapiláry stalagmometru je 0,058 cm. Hustota anilinu při teplotě měření je 0,996 g/ml. Vypočítejte povrchové napětí anilinu.
- 9 Vypočítejte povrchové napětí kapaliny hustoty 0,871 g.cm<sup>-3</sup>, která vystoupila v kapiláře průměru 0,80 mm do výšky 1,20 cm.

**Cvičení** s. 138

- 1 Měrná vodivost roztoku KCl o koncentraci 0,01 mol dm<sup>-3</sup> je při 25 °C  $1,4127 \cdot 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ . a) Jaká je hodnota odporové konstanty vodivostní nádoby, kterou byla v tomto roztoku naměřena vodivost 25,8 mS? b) Jaká je měrná vodivost roztoku kyseliny chlorovodíkové změřené se stejnou vodivostní nádobou, jestliže konduktometr ukázal vodivost 450  $\mu\text{S}$ ?
- 2 S vodivostní nádobkou ( $K = 5,61 \text{ m}^{-1}$ ) byla naměřena vodivost roztoku chlorovodíkové kyseliny o koncentraci 0,01 mol dm<sup>-3</sup> 21,82 mS. Určete stupeň disociace při této koncentraci,  $K_a$  a  $pK_a$  chloroctové kyseliny.

**Cvičení**

- 1 Jaký objem zaujímá 10 g vodíku (ideální plyn) při teplotě 30°C a tlaku 1 MPa? Při jakém tlaku bude mít stejné množství vodíku objem 20 dm<sup>3</sup>, zůstane-li teplota 30°C?
- 2 Jaký je molární objem ideálního plynu při teplotě 25°C a tlaku 100 kPa?
- 3 V nádobě objemu 50 dm<sup>3</sup> je uzavřen vzduch (79% dusíku a 21% kyslíku) při teplotě 40°C a tlaku 2 MPa. Určete: a) střední molární hmotnost vzduchu, b) hmotnost vzduchu v nádobě, c) parciální tlaky složek, d) parciální objemy složek, e) látková množství složek. Ve všech případech uvažujte ideální chování plynu.
- 4 Jaká je střední kvadratická rychlost atomů helia a střední kinetická energie 1 molu helia při teplotě 25°C?
- 5 Proniká přes porézní přepážku rychleji neon nebo argon? Kolikrát?
- 6 Vypočítejte tlak 50 molů kyslíku v nádobě objemu 20 dm<sup>3</sup> při teplotě 25°C. Porovnejte výsledek pro ideální a reálné chování plynu.
- 7 Jaký objem zaujme 1 mol chlorovodíku jako reálného plynu při teplotě 25°C a normálním tlaku?
- 8 Vypočítejte Boyleovu a inverzní teplotu 5 vámi vybraných plynů z van der Waalsových konstant. Sestavte tabulku, kde porovnáte vypočtené hodnoty Boyleovy a inverzní teploty a tabelované hodnoty kritických teplot.

**Cvičení**

- 1 Anilin byl smíchán s vodou při laboratorní teplotě. Vznikl nasycený roztok anilinu ve vodě o hmotnostním zlomku anilinu 0,031 a nasycený roztok vody v anilinu o hmotnostním zlomku vody 0,050. Určete hmotnostní zlomky každého z konjugovaných roztoků v soustavě, která obsahuje 20 g vody a 80 g anilinu.
- 2 Jakou hmotnost vody lze přidat k 1 molu anilinu, aby vznikl při laboratorní teplotě právě nasycený roztok vody v anilinu? Podmínky jsou shodné jako v prvním příkladu.

**Cvičení**

- 1 Určete pH a pOH uvedených vodných roztoků při 25°C: a)  $[\text{H}_3\text{O}^+]=0,001$ , b)  $[\text{H}_3\text{O}^+]=1,8 \cdot 10^{-4}$ , c)  $[\text{H}_3\text{O}^+]=6,8 \cdot 10^{-9}$ , d)  $[\text{OH}^-]=0,01$ , e)  $[\text{OH}^-]=4,25 \cdot 10^{-3}$ , f)  $[\text{OH}^-]=6 \cdot 10^{-10}$ .
- 2 Určete  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  a  $[\text{OH}^-]$  při 25°C pro roztoky: a) pH=1, b) pH=8,9, c) pH=12, d) pOH=1, e) pOH=7,5, f) pOH=3,3.

## Cvičení

- Určete vazebný úhel ve vodě z jejího elektrického dipólového momentu  $6,17 \cdot 10^{-30}$  C m. Dipólový moment vazby O-H je  $5,27 \cdot 10^{-30}$  C m.
- Kapacita prázdného kondenzátoru je 4,88 pF. Po naplnění vzorkem kafru při 25°C vzrostla kapacita na 55,63 pF.
  - Určete relativní permitivitu kafru.
  - Určete molární polarizovatelnost kafru ( $t=20^\circ\text{C}$ ,  $\rho=0,99$  g  $\text{cm}^{-3}$ ,  $M=152,24$  g  $\text{mol}^{-1}$ ).
- Stanovte index lomu ethanolu ( $\rho=0,789$  g  $\text{cm}^{-3}$ ). K výpočtu použijte molární refrakce vazeb.
- Vlnová délka elektromagnetického záření ve vakuu je 690 nm. Určete jeho a) frekvenci, b) vlnověť, c) energii.
- Index lomu nitrobenzenu při 25°C je 1,54997. a) Jakou rychlostí se v něm šíří paprsek elektromagnetického záření? b) Jaký bude úhel lomu, je-li úhel dopadu 45°? c) Pod jakým úhlem dopadá paprsek, je-li úhel lomu 30°?
- Jakou látkovou koncentraci má roztok sacharosu, jehož optická aktivita změněná v kyvetě délky 2 dm při teplotě 20°C činí 5°? Měrná otáčivost sacharosu je  $66,57^\circ \text{dm}^2 \text{kg}^{-1}$ .  $M = 342,3$  g  $\text{mol}^{-1}$ .
- Jak dlouhá musí být vrstva roztoku, aby byl úhel otočení roviny polarizovaného světla číselně přímo roven počtu gramů glukosy ve 100 ml roztoku?  $[\alpha]_D^{20} = 52,8^\circ \text{dm}^2 \text{kg}^{-1}$ .
- Molární absorpční koeficient vodného roztoku manganistanu draselného při  $\lambda=525$  nm má hodnotu  $2400 \text{ dm}^2 \text{cm}^{-1} \text{mol}^{-1}$ . K měření absorbance byla použita kyveta  $l = 1$  cm. Jakou koncentraci má roztok o absorbanci 0,5?
- Záření bylo při průchodu látkou zeslabeno o 30%. Vypočítejte a) transmittanci, b) absorbanci látky.
- Standardní roztok organické látky o koncentraci  $0,1$  g  $\text{dm}^{-3}$  absorboval v kyvetě dlouhé 1 cm 58% zářivého toku. Za touto kyvetou byla zařazena druhá kyveta stejné tloušťky s roztokem téže látky o neznámé koncentraci. Transmittance se snížila o dalších 11%. Určete hmotnostní koncentraci látky ve druhé kyvetě.

## Cvičení

- Za jak dlouhou dobu se vyloučí 1 g Ni z roztoku síranu nikelnatého proudem 0,8 A?
- Z roztoku chloridu sodného se vyloučilo při teplotě 25°C a normálním tlaku na anodě 100 ml plynného chloru. Elektrolyza probíhala 30 minut.
  - Jak velký proud procházel?
  - Jaký náboj prošel elektrolyzérem?
  - Kolik g NaOH vzniklo v důsledku katodické redukce?

## Cvičení

- Vypočítejte rovnovážné napětí těchto galvanických článků (25°C):
  - $\text{Ag} | \text{AgNO}_3 (c=0,001 \text{ mol dm}^{-3}) || \text{AgNO}_3 (c=0,1 \text{ mol dm}^{-3}) | \text{Ag}$
  - $\text{Pt}, \text{Pt-čern} | \text{H}_2(p^0) | \text{HCl}(c=0,001 \text{ mol dm}^{-3}) || \text{HCl}(c=0,1 \text{ mol dm}^{-3}) | \text{H}_2(p^0), \text{Pt čern}, \text{Pt}$
 Porovnejte výsledky dosažené při použití koncentrací a při použití aktivit.
- Vypočítejte z koncentrací rovnovážné napětí galvanického článku (25°C):  $\text{Pt}, \text{Pt-čern} | \text{H}_2(p^0) | \text{HCl}(c=0,01 \text{ mol dm}^{-3}) | \text{Cl}_2(p^0), \text{Pt čern}, \text{Pt}$
- Vypočítejte z uvedených nebo vypočtených koncentrací potenciály těchto elektrod (25°C):
  - Sířbrná elektroda,  $[\text{Ag}^+]=0,05$ ,
  - sířbrná elektroda, nasycený roztok nad sraženinou AgCl,
  - argentschloridová elektroda,  $[\text{Cl}^-]=4,15$ ,
  - vodíková elektroda,  $p=150$  kPa,  $\text{pH}=5,45$ ,
  - vodíková elektroda,  $p^0$ ,  $[\text{CH}_3\text{COOH}]_0=0,1$ ,
  - redoxní platinová elektroda,  $[\text{Fe}^{2+}]=0,14$ ,  $[\text{Fe}^{3+}]=0,4[\text{Fe}^{2+}]$ ,
  - kalomelová elektroda,  $[\text{Cl}^-]=1,5$ .
- Určete potenciál zinkové elektrody s použitím aktivit:
  - $[\text{ZnSO}_4]_0=0,001$ ,
  - v roztoku  $\text{KNO}_3$ , a  $\text{ZnSO}_4$ ,  $[\text{KNO}_3]=0,01$ ,  $[\text{ZnSO}_4]=0,001$ .

## Cvičení

- Vypočítejte pH acetátového pufru o koncentraci octanu sodného a octové kyseliny  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ .
- K 1000 ml acetátového pufru z příkladu 1 byl přidán 1 g hydroxidu sodného. Vypočítejte změnu pH a porovnejte se změnou pH, která by nastala po přidavku téhož množství NaOH do stejného objemu čisté vody.
- Pufir měl složení  $[\text{NH}_4\text{Cl}]_0 = 0,2$ ,  $[\text{NH}_3]_0 = 0,1$  a objem  $1 \text{ dm}^3$ . Určete pH
  - původního pufru, b) po přidavku  $0,001 \text{ mol HI}$ , c) po přidavku  $0,01 \text{ mol HI}$ , d) po přidavku  $0,001 \text{ mol NaOH}$ , e) po přidavku  $0,01 \text{ mol NaOH}$ .
- Bylo smícháno 500 ml roztoku hydroxidu sodného  $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$  a 500 ml roztoku octové kyseliny  $1,2 \text{ mol dm}^{-3}$ . K tomuto roztoku bylo přidáno 100 ml kyseliny chlorovodíkové koncentrace  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ . Určete pH před přidavkem a po přidavku kyseliny chlorovodíkové.

**Cvičení**

- 1 Určete pH v roztocích hydroxidu sodného o koncentraci: a)  $3 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ , b)  $10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ , c)  $3 \cdot 10^{-3} \text{ g dm}^{-3}$ , d)  $10^{-5} \text{ g dm}^{-3}$ .
- 2 Jakou látkovou koncentraci má roztok hydroxidu draselného s hodnotou pH a) 12, b) 13,11, c) 10,4?
- 3 Jaké pH mají roztoky koncentrace  $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$  a) pyridinu b) amoniaku c) ethylaminu d) hydroxidu sodného?
- 4 Určete disociační konstantu  $pK_a$  pyrrolidinu, jehož roztok o koncentraci  $8,53 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$  má při  $25^\circ\text{C}$  pH 11,5.
- 5 Jakou koncentraci musí mít roztoky a) hydroxidu sodného, b) pyridinu, aby měly stejné pH jako roztok amoniaku o koncentraci  $0,0017 \text{ g dm}^{-3}$ ?
- 6 Jaké pH bude mít roztok, který vznikne smícháním 100 ml roztoku kyseliny chlorovodíkové o pH 2 a 100 ml roztoku hydroxidu sodného o pH 13?

130

**Cvičení**

- 1 Určete pH v roztocích kyseliny chlorovodíkové o koncentraci: a)  $3 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ , b)  $10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ , c)  $3 \cdot 10^{-3} \text{ g dm}^{-3}$ , d)  $10^{-5} \text{ g dm}^{-3}$ .
- 2 Jakou látkovou koncentraci má roztok kyseliny jodovodíkové s hodnotou pH a) 2, b) 3,12, c) 4,4?
- 3 Jaké pH mají roztoky koncentrace  $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$  kyseliny a) mravenčí, b) octové, c) trihydrogenfosforečné, d) chloristé, e) sírové?
- 4 Určete disociační konstantu  $pK_a$  kyseliny siřičité, jejíž roztok o koncentraci  $1,058 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$  má při  $18^\circ\text{C}$  pH 3,0.
- 5 Jakou koncentraci musí mít roztoky a) kyseliny chlorovodíkové, b) octové kyseliny, c) mravenčí kyseliny, aby měly stejné pH jako roztok kyseliny dusičné o koncentraci  $0,0315 \text{ g dm}^{-3}$ ?

s. 128

**Cvičení**

- 1 Tlak nasycených par benzenu je při teplotě  $60,6^\circ\text{C}$  je 53330 Pa. Vzorek 3,8 g neznámé organické sloučeniny rozpuštěný v 100 g benzenu způsobil snížení rovnovážného tlaku par na 51470 Pa. Jakou molární hmotnost měla sloučenina?
- 2 Vypočítejte ebullioskopickou a kryoskopickou konstantu benzenu ( $t_f = 5,53^\circ\text{C}$ ,  $t_f = 80,10^\circ\text{C}$ ,  $\Delta H_{\text{tání}} = 10,59 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\Delta H_{\text{vyp}} = 30,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) a porovnejte je s tabulkovými hodnotami.

110

s. 124

**Cvičení**

- 1 Rozpustnost chloridu stříbrného ve vodě při 293 K je  $1,55 \cdot 10^{-3} \text{ g dm}^{-3}$ . Určete a) zdánlivý součinný rozpustnost, b) termodynamický součinný rozpustnost.
- 2 Určete (bez použití aktivit) součinný rozpustnost ( $pK_a$ ) bromidu thalného při  $25^\circ\text{C}$ , nad jehož sraženinou byla zjištěna koncentrace bromidových iontů  $1,84 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ .
- 3 Stanovte látkovou rozpustnost síranu barnatého v roztoku síranu amonného  $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$  při 298 K a) bez použití aktivit, b) s použitím aktivit.
- 4 Určete součinný rozpustnost ( $pK_a$ ) jodidu stříbrného při  $25^\circ\text{C}$ , nad jehož sraženinou byla v přítomnosti dusičnanu sodného o koncentraci  $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$  zjištěna koncentrace stříbrných iontů  $1,026 \cdot 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$ .
- 5 Určete látkovou rozpustnost síranu barnatého a) ve vodě, b) v roztoku KCl ( $0,001 \text{ mol dm}^{-3}$ ), c) v roztoku dusičnanu barnatého ( $0,001 \text{ mol dm}^{-3}$ ), d) v roztoku dusičnanu zinečnatého ( $0,001 \text{ mol dm}^{-3}$ ).
- 6 a) Vypočítejte bez uvažování aktivitních koeficientů, jaká musí být koncentrace uhličitánu sodného, aby se v jeho roztoku rozpouštěl při teplotě  $25^\circ\text{C}$  10krát méně než v čisté vodě. b) Kolikrát se sníží rozpustnost v roztoku uhličitánu sodného, jehož koncentraci jste vypočetli, s uvažováním aktivitních koeficientů. Porovnejte přibližné (a) a přesnější (b) posuzování vlivu elektrolytu se shodným iontem.

s. 119

**Cvičení**

- 1 Nakreslete adsorpční izotermu, která je popsána v předchozím řešení příkladu pro tlaky do 100 kPa. Určete početně a graficky, kolik oxidu uhelnatého bude naadsorbováno při tlacích a) 25 kPa, b) 50 kPa.
- 2 Adsorpce plynu při  $25^\circ\text{C}$  je popsána Langmuirovou adsorpční izotermou s  $K = 0,85 \text{ kPa}^{-1}$ . Vypočítejte tlak, při kterém bude podíl obsazeného povrchové části.

- 3 Přídavek 10,0 g sloučeniny do 750 g tetrachlormethanu snížil teplotu tání o 1,05 K. Vypočítejte molární hmotnost sloučeniny.
- 4 Vypočítejte teplotu tání 250 ml vody oslazené 7,5 g sacharosu ( $M = 342,3 \text{ g mol}^{-1}$ ).
- 5 Vzorek fosforu o hmotnosti 0,3572 g byl rozpuštěn v 16,87 g sulfidu uhličitého. Teplota varu sulfidu uhličitého se zvýšila o 0,4 K. Jaké molekuly  $P_x$  tvoří fosfor v roztoku?
- 6 Osmotický tlak vodného roztoku při 300 K je 120 kPa. Vypočítejte teplotu tání roztoku. Hustota roztoku je přibližně  $1 \text{ g cm}^{-3}$ .
- 7 60 mg benzoové kyseliny ( $M = 122,1 \text{ g mol}^{-1}$ ) bylo rozpuštěno v 50 g vody. Teplota tání roztoku byla o 20 mK nižší než u čisté vody. Určete van't Hoffův empirický faktor a stupeň disociace kyseliny benzoové. s. 111