

- 1 Gęstości stałego i ciekłego bizmutu wynoszą, odpowiednio: 9,673 i 10,004 g/cm³. Temperatura topnienia pod ciśnieniem normalnym wynosi 544 K. Jakie jest ciepło topnienia 1 g bizmutu, jeżeli temperatura topnienia obniża się o 0,00354 K przy wzroście ciśnienia o 1,013·10⁵ Pa?
- 2 Ciepło topnienia nafталenu wynosi 150,6 J/g. Temperatura topnienia pod ciśnieniem normalnym jest równa 353 K. Obliczyć zmianę temperatury topnienia nafталenu przy zwiększeniu ciśnienia o 1,013·10⁵ Pa. Gęstość stałego nafталenu wynosi 1,145, a ciekłego 0,981 g/cm³.
- 3 W temperaturze 368,5 K pod ciśnieniem 1,013·10⁵ Pa siarka rombowa i siarka jednoskośna są w stanie równowagi. Gdy w tych warunkach 1 g siarki rombowej przechodzi w jednoskośną, objętość wzrasta o 0,01395 cm³. Pod jakim ciśnieniem temperatura przemiany wyniesie 403,1 K, jeżeli ciepło przemiany jest równe 13,35 J/g?
- 4 Ciepło topnienia rtęci w temperaturze punktu potrójnego 234,3 K wynosi 11,8 J/g, gęstość fazy ciekłej jest równa 13,69, a fazy stałej 14,19 g/cm³. Obliczyć, o ile powinno wzrosnąć ciśnienie w stosunku do ciśnienia punktu potrójnego, aby rtęć topiła się w temperaturze 235,33 K.
- 5 Zależność temperatury topnienia potasu od ciśnienia [Pa] wyraża równanie

$$T = 335,65 + 1,54 \cdot 10^{-7} p - 6,61 \cdot 10^{-17} p^2 + 1,49 \cdot 10^{-26} p^3$$
Zależność ΔV od temperatury wyraża równanie

$$\Delta V = 0,0268 - 0,000174 (T - 333,65) \text{ [cm}^3/\text{g]}$$
Obliczyć temperaturę i ciepło topnienia potasu pod ciśnieniem 6,08·10⁸ Pa.
- 6 Ciepło parowania eteru dwuetylowego ($M = 74,12 \text{ g/mol}$) wynosi 360,2 J/g. Temperatura wrzenia pod ciśnieniem 1,013·10⁵ Pa równa się 307,8 K. Obliczyć temperaturę wrzenia eteru pod ciśnieniem 9,86·10⁴ Pa oraz prężność pary nasyconej w temperaturze 309,6 K.
- 7 Prężność pary czterochloru węgla w temperaturze 343 K wynosi 8,28·10⁴ Pa, a w 353 K 1,124·10⁵ Pa. Obliczyć jego ciepło parowania oraz temperaturę wrzenia pod ciśnieniem 1,013·10⁵ Pa.
- 8 Prężność pary eteru etylowego wynosi 0,247·10⁵ Pa w temperaturze 273 K i 1,228·10⁵ Pa w temperaturze 313 K. Obliczyć ciepło parowania, przyjmując, że ma ono wartość stałą w podanym przedziale temperatur. W jakiej temperaturze eter wrze pod ciśnieniem 1,013·10⁵ Pa?
- 9 Prężność pary nasyconej [w Pa] nad ciekłym freonem jest następującą funkcją temperatury:

$$\log p = 34,5 - \frac{2406,1}{T} - 9,26 \log T + 0,0037 T$$
Obliczyć prężność pary nasyconej, ciepło parowania oraz zmianę entropii przy odparowaniu 1 mola freonu w temperaturze 298 K.
- 10 Prężność pary SO₂ [w Pa] w stanie stałym i ciekłym opisują następujące równania:

$$\log p_{(s)} = 12,716 - \frac{1871}{T}$$

$$\log p_{(c)} = 10,443 - \frac{1426}{T}$$

Obliczyć temperaturę i ciśnienie punktu potrójnego SO₂ oraz ciepło i zmianę entropii podczas topnienia SO₂ w punkcie potrójnym.

- 11 W pewnym przedziale temperatur w pobliżu punktu topnienia prężność pary [w Pa] nad stałym i ciekłym TaBr₅ spełnia następujące równania:

$$\log p_{(s)} = 14,696 - \frac{5650}{T}$$

$$\log p_{(c)} = 10,296 - \frac{3265}{T}$$

Obliczyć temperaturę wrzenia i topnienia TaBr₅ oraz ciepło parowania i ciepło topnienia.

- 12 W pobliżu temperatury topnienia prężność pary [w Pa] nad stałym As₂O₃ spełnia równanie

$$\log p_{(s)} = 15,853 - \frac{6670}{T}$$

natomiast prężność pary w równowadze z ciekłym As₂O₃ stosuje się do wzoru

$$\log p_{(c)} = 8,638 - \frac{2722}{T}$$

Obliczyć temperaturę topnienia i ciepło topnienia As₂O₃. Para As₂O₃ zawiera cząsteczki As₄O₆.

- 13 W pobliżu temperatury przemiany siarki rombowej w jednoskośną prężność pary [w Pa] można wyrazić za pomocą równań:

$$\log p_{(r)} = 13,991 - \frac{5267}{T}$$

$$\log p_{(j)} = 13,489 - \frac{5082}{T}$$

Obliczyć temperaturę oraz ciepło przemiany siarki rombowej w jednoskośną.

- 14 Obliczyć stosunek prężności pary nad wodą i lodem w temperaturze 272 K. Ciepło topnienia lodu wynosi 333,9 J/g, a w temperaturze 273,16 K prężności pary nad wodą i lodem są równe i wynoszą 610,4 Pa.

- 15 Mieszaniny *n*-heksanu i *n*-heptanu zachowują się jak roztwory doskonałe. W temperaturze 330 K prężność pary heksanu wynosi $0,68 \cdot 10^5$ Pa, a heptanu $0,24 \cdot 10^5$ Pa. Obliczyć całkowitą prężność oraz skład pary pozostającej w równowadze z roztworem, w którym ułamek molowy *n*-heksanu wynosi 0,25.
- 16 Mieszaniny benzenu ($M = 78$ g/mol) i toluenu ($M = 92$ g/mol) są bardzo zbliżone do doskonałych. W temperaturze 293 K prężność par benzenu wynosi 9957 Pa, a toluenu 2972 Pa. Obliczyć ciśnienie cząstkowe benzenu i toluenu oraz skład pary nad mieszaniną równych części wagowych benzenu i toluenu.
- 17 Prężność pary nasyconej benzenu i toluenu określa równanie
- $$\log p^o [\text{Pa}] = -\frac{0,05223 A}{T} + B$$
- gdzie stałe *A* i *B* mają następujące wartości:

| | <i>A</i> | <i>B</i> |
|--------|----------|----------|
| Benzen | 32295 | 9,7795 |
| Toluen | 39198 | 10,4549 |

- Zakładając, że mieszaniny benzenu i toluenu stanowią roztwory doskonałe, obliczyć ułamek molowy benzenu w mieszaninie, która wrze w temperaturze 370 K pod ciśnieniem zewnętrznym $1,013 \cdot 10^5$ Pa oraz ułamek molowy benzenu w powstającej parze.
- 18 Ciecze *A* i *B* tworzą roztwory doskonałe. Sumaryczna prężność pary nad roztworem zawierającym 1 mol składnika *A* i 2 mole składnika *B* w temperaturze 323 K wynosi $3,33 \cdot 10^4$ Pa. Dodanie jeszcze jednego mola substancji *A* do roztworu powoduje wzrost sumarycznej prężności pary do $4,00 \cdot 10^4$ Pa. Obliczyć prężności p_A^o i p_B^o .
- 19 Benzen i toluen tworzą roztwory doskonałe. Roztwór 2 moli benzenu i 3 moli toluenu wykazuje w temperaturze 333 K sumaryczną prężność pary $3,73 \cdot 10^4$ Pa. Jeżeli doda się do niego 1 mol benzenu, prężność pary nad roztworem wzrasta do $4,00 \cdot 10^4$ Pa. Obliczyć prężności par benzenu i toluenu w temperaturze 333 K.
- 20 Ciecze *A* i *B* tworzą roztwory doskonałe, przy czym prężności par tych cieczy w temperaturze 323 K wynoszą, odpowiednio: $4,00 \cdot 10^4$ i $1,33 \cdot 10^4$ Pa. Ułamek molowy składnika *A* w parze będącej w równowadze z roztworem o nie znanym składzie wynosi 0,5. Wyznaczyć skład tego roztworu oraz sumaryczną prężność par nad nim.
- 21 Obliczyć prężność pary eteru etylowego ($M = 74$ g/mol) nad 3% roztworem aniliny ($M = 93$ g/mol) w eterze etylowym w temperaturze 293 K. Prężność par czystego eteru w tej temperaturze wynosi $5,89 \cdot 10^4$ Pa.
- 22 Woda i octan etylowy ($M = 88$ g/mol) mieszają się w stopniu ograniczonym. W stanie równowagi w temperaturze 310 K warstwa wodna zawiera 6,75% wag. estru, a warstwa estru 3,79% wag. wody. Zakładając, że prawo Raoult'a stosuje się do rozpuszczalnika w każdej fazie, obliczyć całkowite ciśnienie pary nad roztworem. W podanej temperaturze prężność pary czystego estru wynosi 22128 Pa, a czystej wody 6398 Pa. Obliczyć współczynnik aktywności estru w fazie wodnej i wody w fazie estrowej.
- 23 W 100 g eteru etylowego ($M = 74$ g/mol) rozpuszczono 10 g nielotnej substancji. Prężność par eteru nad tym roztworem w temperaturze 293 K wynosi $5,68 \cdot 10^4$ Pa, a nad czystym eterem $5,89 \cdot 10^4$ Pa. Obliczyć pozorną masę cząsteczkową substancji rozpuszczonej oraz stopień jej asocjacji (dimeryzacji) wiedząc, że rzeczywista masa cząsteczkowa tej substancji wynosi 150 g/mol.
- 24 Prężność pary wodnej nad roztworem zawierającym 2,21 g CaCl_2 w 100 g wody w temperaturze 293 K wynosi 2319 Pa, a prężność pary czystej wody w tej samej temperaturze jest równa 2338 Pa. Obliczyć pozorną masę cząsteczkową oraz pozorny stopień dysocjacji CaCl_2 .
- 25 Aceton i eter etylowy tworzą roztwory rzeczywiste. Prężność pary czystego acetonu w temperaturze 303 K wynosi $3,73 \cdot 10^4$ Pa, a czystego eteru $8,66 \cdot 10^4$ Pa. Sumaryczna prężność pary nad roztworem zawierającym po 50% molowych składników wynosi $8,00 \cdot 10^4$ Pa, a współczynnik aktywności eteru w tym roztworze równa się 1,30. Obliczyć współczynnik aktywności acetonu w roztworze oraz skład pary nad roztworem.
- 26 Nad mieszaniną chloroformu i acetonu o ułamku molowym acetonu 0,713 całkowite ciśnienie pary w temperaturze 301 K wynosi $2,94 \cdot 10^4$ Pa, a ułamek molowy acetonu w parze jest równy 0,818. Ciśnienie pary czystego chloroformu w tej temperaturze wynosi $2,96 \cdot 10^4$ Pa. Obliczyć aktywność i współczynnik aktywności chloroformu w mieszaninie.

- 27 Temperatura wrzenia pod ciśnieniem normalnym roztworu rzeczywistego cieczy A i B wynosi 333 K. Współczynniki aktywności składników A i B w tym roztworze wynoszą, odpowiednio: 1,3 oraz 1,6. Aktywność składnika A w roztworze wynosi 0,6, a prężność pary czystej substancji A jest równa $5,33 \cdot 10^4$ Pa. Obliczyć ułamek molowy składnika A w parze będącej w równowadze z rozpatrywanym roztworem oraz wartość p_B^0 .
- 28 Temperatura wrzenia roztworu 0,4016 g nafalenu ($M = 128,16$ g/mol) w 26,6 chloroformu jest wyższa o 0,455 K od temperatury wrzenia czystego chloroformu, wynoszącej 334,3 K. Obliczyć stałą ebulioskopową i ciepło parowania chloroformu.
- 29 W 10,6 g roztworu znajduje się 0,401 g kwasu salicylowego rozpuszczonego w etanolu. Temperatura wrzenia tego roztworu jest o 0,337 K wyższa od temperatury wrzenia czystego etanolu. Stała ebulioskopowa etanolu wynosi 1,19. Obliczyć masę cząsteczkową kwasu salicylowego.
- 30 Obliczyć ciężar cząsteczkowy stałego związku organicznego, który rozpuszczony w ilości 5,47 g w 100 g benzenu podwyższa jego temperaturę wrzenia o 1,100 K. Ciepło parowania benzenu w temperaturze wrzenia (353,2 K) wynosi 30,76 kJ/mol.
- 31 Przy pewnym ciśnieniu atmosferycznym woda wrze w temperaturze 372,4 K. W jakiej temperaturze wrzeć będzie roztwór 3,291 g CaCl_2 w 100 g wody, jeżeli ciśnienie nie ulegnie zmianie? Pozorny stopień dysocjacji CaCl_2 w tym roztworze wynosi 68%. Stała ebulioskopowa wody równa się 0,516.
- 32 Mieszanina 7,9 g fenoloftaleiny i 129,2 kamfory krzepnie w temperaturze o 8 K niższej niż czysta kamfora, dla której stała krioskopowa wynosi 40. Obliczyć ciężar cząsteczkowy fenoloftaleiny.
- 33 Temperatura krzepnięcia benzenu wynosi 278,5 K, a temperatura krzepnięcia roztworu zawierającego 0,2242 g kamfory w 30,55 g benzenu równa się 278,254 K. Stała krioskopowa benzenu wynosi 5,16. Obliczyć masę cząsteczkową kamfory.
- 34 Fenol ($M = 94$ g/mol) w roztworze bromoformu jest częściowo zasocjowany na podwójne cząsteczki. Roztwór 2,58 g fenolu w 100 g bromoformu krzepnie w temperaturze o 2,374 K niższej niż czysty bromoform, którego stała krioskopowa wynosi 14,1. Obliczyć stopień asocjacji fenolu.
- 35 W temperaturze 288 K wodny roztwór kwasu bursztynowego o stężeniu $12,1$ g/dm³ pozostaje w równowadze z roztworem eterowym o stężeniu $2,2$ g/dm³. Jakie będzie stężenie eterowego roztworu kwasu bursztynowego, który znajduje się w równowadze z roztworem wodnym o stężeniu $4,84$ g/dm³? Kwas bursztynowy w obu rozpuszczalnikach nie ulega dysocjacji ani asocjacji.
- 36 Współczynnik podziału jodu między CCl_4 i wodą wynosi 85. Ile potrzeba CCl_4 , aby ze 100 cm³ wodnego roztworu usunąć 95% jodu przez jednorazową ekstrakcję?
- 37 Współczynnik podziału jodu między wodą i CCl_4 w temperaturze 298 K wynosi 0,0117. W obu rozpuszczalnikach jod posiada tę samą masę cząsteczkową. Jakich objętości CCl_4 należy użyć, aby przez jednorazową ekstrakcję z $0,5$ dm³ wodnego roztworu wyekstrahować: a) 90%, b) 99% całkowitej ilości jodu?
- 38 Współczynnik podziału substancji między eter i wodę wynosi 10, przy czym substancja lepiej rozpuszcza się w eterze. Ile substancji wyekstrahuje się ze 100 cm³ roztworu wodnego zawierającego 10 g substancji, prowadząc ekstrakcję:
a) za pomocą jednej porcji eteru o objętości 100 cm³,
b) za pomocą pięciu porcji eteru po 20 cm³.
- 39 Fenol wytrząsano w temperaturze 298 K z wodą i benzenem, po czym w każdej fazie oznaczano stężenie fenolu. W jednym doświadczeniu stężenie fenolu w warstwie wodnej wynosiło $0,1013$ mol/dm³, a w warstwie benzenowej $0,279$ mol/dm³, natomiast w innym doświadczeniu stężenia wynosiły, odpowiednio: $0,366$ mol/dm³ dla fazy wodnej i $2,978$ mol/dm³ dla fazy benzenowej. W fazie benzenowej fenol ulega częściowej asocjacji na dimery. Wyznaczyć współczynnik podziału fenolu między benzen i wodę oraz stałą asocjacji.

- 1 52,9 J/g
- 2 0,035 K
- 3 $860 \cdot 10^5$ Pa
- 4 $2 \cdot 10^7$ Pa
- 5 $T_i = 408,2$ K, $\Delta H_i = 62,5$ J/g
- 6 $T_w = 307,0$ K, $p = 1,076 \cdot 10^5$ Pa
- 7 $\Delta H_p = 30,77$ kJ/mol, $T_w = 349,5$ K
- 8 $\Delta H_p = 28,5$ kJ/mol, $T_w = 307,6$ K
- 9 $p = 4,14 \cdot 10^4$ Pa, $\Delta H_p = 29,4$ kJ/mol, $\Delta S_p = 98,7 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
- 10 $T = 196$ K, $p = 1480$ Pa, $\Delta H_i = 8520$ J/mol, $\Delta S_i = 43,5 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
- 11 $T_w = 617$ K, $T_i = 542$ K, $\Delta H_p = 62,51$ kJ/mol, $\Delta H_i = 45,67$ kJ/mol
- 12 $T_i = 547,2$ K, $\Delta H_i = 37,80$ kJ/mol
- 13 $T = 368,5$ K, $\Delta H = 3542$ J/mol
- 14 1,011
- 15 $0,35 \cdot 10^5$ Pa, $x_{\text{heksan}} = 0,486$
- 16 $p_{\text{benzen}} = 5388$ Pa, $p_{\text{toluen}} = 1364$ Pa, $x_{\text{benzen}} = 0,798$
- 17 $x_{\text{benzen}} = 0,215$, $x_{\text{toluen}} = 0,353$
- 18 $p_A^0 = 6 \cdot 10^4$ Pa, $p_B^0 = 2 \cdot 10^4$ Pa
- 19 $p_{\text{benzen}}^0 = 5,35 \cdot 10^4$ Pa, $p_{\text{toluen}}^0 = 2,65 \cdot 10^4$ Pa
- 20 $x_A = 0,25$, $p = 2 \cdot 10^4$ Pa
- 21 $15,75 \cdot 10^4$ Pa
- 22 $p = 2,49 \cdot 10^4$ Pa, $f_{\text{wody}} = 6,12$, $f_{\text{estru}} = 55,93$
- 23 $M = 198$ g/mol, $\alpha_A = 0,484$
- 24 $M = 49,7$ g/mol, $\alpha = 61,5\%$
- 25 $f_{\text{aceton}} = 1,27$, $x_{\text{aceton}} = 0,296$, $x_{\text{eter}} = 0,704$
- 26 $a = 0,181$, $f = 0,630$
- 27 $x_A = 0,31$, $p_B = 8,06 \cdot 10^4$ Pa
- 28 $K_c = 3,86$, $\Delta H_p = 240,8$ J/g
- 29 138,9 g/mol
- 30 130,9 g/mol

- 31 372,76 K
- 32 306 g/mol
- 33 154 g/mol
- 34 77%
- 35 0,88 g/dm³
- 36 22,35 cm³
- 37 a) 0,0527 dm³, b) 0,579 dm³
- 38 9,09 g, b) 9,96 g
- 39 $K = 21,1$, $K_{as} = 0,693$