

Príklad 1

Rozpustením 423 g KCl vo vode bol pripravený 1 kg roztoku. Nakreslite prúdovú schému a uveďte o aký typ procesu sa jedná.

a) Aké je zloženie jednotlivých prúdov?

b) Aký bol objem vody, použitej na prípravu tohoto roztoku, ak jej teplota bola 25 °C?

($w_1(\text{KCl}) = 1$, $w_2(\text{H}_2\text{O}) = 1$, roztok: $w(\text{KCl}) = 0.423$, $V_2(\text{H}_2\text{O}) = 578.5 \text{ cm}^3$)

Príklad 2

Ruda, obsahujúca striebro sa od hlušiny oddeľuje flotáciou. Denne sa v bani vyťaží 3.7 tony horniny s obsahom 32 hm. % rudy. Na oddelenie 10 kg hlušiny je potrebný 1 m^3 vody. Nakreslite prúdovú schému procesu.

a) Aké množstvo vody za deň spotrebuje baňa pri oddeľovaní hlušiny?

b) Ak je denná produkcia striebra, ak ruda obsahuje 1.7 hm. % čistého kovu?

($V(\text{H}_2\text{O}) = 251.6 \text{ m}^3$, $m(\text{Ag}) = 20.13 \text{ kg}$)

Príklad 3

Pri výrobe malinovky sa ochutená voda sýti oxidom uhličitým. Vo fľašiach s obsahom 1.5 litra malinovky je rozpustených v priemere 3237 mg CO_2 . Hmotnostný zlomok sirupu a CO_2 v malinovke je rovnaký. Nakreslite prúdovú schému procesu.

a) Koľko hmotnostných percent vody obsahuje malinovka, ak jej hustota je 985 kg m^{-3} ?

b) Na koľko fliaš malinovky postačí 100 kg sirupu?

($w(\text{H}_2\text{O}) = 0.9956$, $N = 30892$)

Príklad 4

Kuchynská soľ, NaCl, sa v závode Solivary pri Prešove získava kryštalizáciou z vodného roztoku. Ak máme vyrobiť 5 ton soli, je na to potrebných 16.82 m^3 soľanky s obsahom 75 hm. % vody. Nakreslite prúdovú schému procesu.

a) Vypočítajte množstvo vody, ktoré treba z roztoku odpariť.

b) Aká je hustota soľanky?

($m(\text{H}_2\text{O}) = 15000 \text{ kg}$, $\rho(\text{soľanka}) = 1189 \text{ kg m}^{-3}$)

Príklad 5

Platňa papieroviny s rozmermi $1000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ a hustotou 1200 kg m^{-3} obsahuje 66.7 hm. % vody a zvyšok predstavuje sušina. V sušiarňi sa z platne odparuje voda. Po vysušení platňa obsahuje 30 hm. % vody. Nakreslite prúdovú schému procesu.

b) Aká bola hmotnosť platne papieroviny pred sušením?

c) Aká je hmotnosť sušiny v jednej platni?

d) Koľko vody sa odparí pri sušení jednej platne papieroviny?

(pred sušením: $m(\text{platňa}) = 6 \text{ kg}$, $m(\text{sušina}) = 2 \text{ kg}$, $m(\text{odparená voda}) = 2.86 \text{ kg}$)

Príklad 6

Na extrakciu tuku z 200 kg kostí s obsahom 16 hm. % tuku sa používa rozpúšťadlo, ktoré neobsahuje žiaden tuk. Z kostí sa extrakciou získa 93 % z pôvodného množstva tuku prítomného v kostiach. Extrakt obsahuje 19 hm. % tuku. Tuhý zvyšok po extrakcii prakticky neobsahuje

použitie rozpúšťadla. Nakreslite prúdovú schému procesu.

- Koľko extraktu sa získa extrakciou?
- Koľko rozpúšťadla sa použilo na extrakciu?
- Koľko tuku obsahuje tuhý zvyšok po extrakcii?

$m(\text{extrakt}) = 156.63 \text{ kg}$, $m(\text{rozpúšťadlo}) = 126.87 \text{ kg}$, tuhý zvyšok: $m(\text{tuk}) = 2.24 \text{ kg}$

Príklad 7

Po ukončení esterifikácie je v reaktore 250 litrov zmesi alkoholu, esteru a vody (tzv. surový ester), ktorej hustota je 0.89 g cm^{-3} . Pomer hmotnostných zlomkov esteru a alkoholu v surovom estere je 7.5 : 1. Zo surového esteru sa alkohol extrahuje vodou. V extrakte je 7.5 hm. % alkoholu a 6 hm. % esteru. Rafinát neobsahuje alkohol, na 100 hmotnostných dielov esteru pripadajú v rafináte 3 hmotnostné diely vody. Hmotnosť extraktu je 340 kg. Nakreslite prúdovú schému procesu.

- Aké je zloženie surového esteru (hmotnostné zlomky)?
- Aké je množstvo rafinátu?
- Aký je výťažok esteru v rafináte?

(surový ester: $w(\text{alkohol}) = 0.1146$, $w(\text{ester}) = 0.8596$, $w(\text{voda}) = 0.0258$, rafinát: $m = 175.98 \text{ kg}$, $Y(\text{ester}) = 0.84$)

Príklad 8

Dezertné víno s obsahom 14 hm. % etanolu, 10 hm. % cukru a 76 hm. % vody sa pripravuje z roztoku etanolu, ktorý obsahuje 98 hm. % etanolu a 2 hm. % vody, ovocného vína, obsahujúceho 8.9 hm. % etanolu, 1 hm. % cukru a vodu, a, ak je potrebné, cukru, ktorý neobsahuje ani etanol, ani vodu. Nakreslite prúdovú schému procesu.

- Aké množstvo ovocného vína, roztoku etanolu a cukru potrebujeme na prípravu 100 kg dezertného vína?
- Aká je hmotnosť zložiek v dezertnom a v ovocnom víne?

(ovocné víno: $m = 84.20 \text{ kg}$, $m(\text{etanol}) = 7.49 \text{ kg}$, $m(\text{cukor}) = 0.84 \text{ kg}$, $m(\text{voda}) = 75.87 \text{ kg}$, cukor: $m = 9.16 \text{ kg}$, roztok etanolu: $m = 6.64 \text{ kg}$, dezertné víno: $m(\text{etanol}) = 14 \text{ kg}$, $m(\text{cukor}) = 10 \text{ kg}$, $m(\text{voda}) = 76 \text{ kg}$)

Príklad 9

Rastlinné oleje sa získavajú lisovaním olejnatých semien. Surovina (znečistené repkové semená) obsahuje 1 hm. % mechanických nečistôt, 38.1 hm. % oleja, 13 hm. % vody a zvyšok tvorí tuhý podiel semien. Po odstránení mechanických nečistôt sa semená lisujú. Lisovaním sa získa kvapalná fáza, ktorá obsahuje olej a vodu. Pevný zvyšok po lisovaní sa skladá z tuhého podielu semien (80 hm. %), vody (10.1 hm. %) a oleja. Pevný zvyšok sa ďalej používa ako surovina na výrobu krmív pre hospodárske zvieratá. Nakreslite prúdovú schému procesu.

- Aké sú hmotnostné zlomky oleja, vody a tuhého podielu po odstránení nečistôt?
- Aké je zloženie kvapalnej fázy získanej lisovaním semien (hmotnostné zlomky)?
- Aký je výťažok oleja v kvapalnej fáze po lisovaní?

(semená bez nečistôt: $w(\text{olej}) = 0.099$, $m(\text{voda}) = 0.101$, $m(\text{tuhý podiel}) = 0.800$, kvapalná fáza: $w(\text{olej}) = 0.823$, $m(\text{voda}) = 0.177$, $Y(\text{olej}) = 0.84$)

Príklad 10

Na základe údajov v príklade 2 zistite:

- Zloženie výstupných prúdov, ak účinnosť flotácie je 85 % a hustota vody je 998 kg m^{-3} .
 - Aké množstvo striebra za deň sa získa z rudy, ak prítomnosť hlušiny v rude spôsobuje zníženie výťažnosti rudy na 85 %?
 - Aké množstvo vody sa za týchto podmienok použije pri flotácii?
- (voda + hlušina z flotátora: $w(\text{H}_2\text{O}) = 0.999$, $w(\text{hlušina}) = 0.001$, ruda + hlušina z flotátora: $w(\text{ruda}) = 0.758$, $w(\text{hlušina}) = 0.242$, $m(\text{Ag}) = 17.11 \text{ kg}$, $V(\text{H}_2\text{O}) = 213.9 \text{ m}^3$)

Príklad 11

Zmes CH_4 , O_2 a H_2 má pri teplote $30 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku 800 torr zloženie vyjadrené parciálnym tlakom zložiek: $p(\text{CH}_4) = 320 \text{ torr}$ a $p(\text{O}_2) = 0.24 \text{ atm}$. Za predpokladu ideálneho správania sa plynnej zmesi vyjadrite zloženie tejto zmesi v mólových a hmotnostných zlomkoch a tiež pomocou mólovej a hmotnostnej koncentrácie.

($x(\text{CH}_4) = 0.40$, $x(\text{O}_2) = 0.23$, $x(\text{H}_2) = 0.37$, $w(\text{CH}_4) = 0.44$, $w(\text{O}_2) = 0.51$, $w(\text{H}_2) = 0.05$, $c(\text{CH}_4) = 16.9 \text{ mol m}^{-3}$, $c(\text{O}_2) = 97.0 \text{ mol m}^{-3}$, $c(\text{H}_2) = 15.7 \text{ mol m}^{-3}$, $\rho(\text{CH}_4) = 0.272 \text{ kg m}^{-3}$, $\rho(\text{O}_2) = 0.312 \text{ kg m}^{-3}$, $\rho(\text{H}_2) = 0.032 \text{ kg m}^{-3}$) ($\rho = \text{hmotnostná koncentrácia}$)

Príklad 12

Do destilačnej nádoby sa privádza ekvimolárna zmes metanolu, etanolu a vody. Celková hmotnosť nástreku je 300 kg. Pary destilátu, ktoré opúšťajú destilačnú nádobu pri teplote $72 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku 98 kPa, obsahujú 74 obj. % metanolu, 24 obj. % etanolu a vodu. Destilačný zvyšok neobsahuje žiaden metanol. Vypočítajte:

- mólovú hmotnosť suroviny (nástreku do destilačnej nádoby);
 - objem destilátu v plynnej fáze;
 - hmotnosť destilačného zvyšku;
 - koncentráciu etanolu v destilačnom zvyšku, ak hustota zvyšku je 884.2 kg m^{-3} .
- (nástrek: $M = 32.04 \text{ kg kmol}^{-1}$, pary destilátu: $V = 123.7 \text{ m}^3$, destilačný zvyšok: $m = 152 \text{ kg}$, $c(\text{etanol}) = 12.3 \text{ kmol m}^{-3}$)

Príklad 13

Slivky sa konzervujú sušením pomocou teplého vzduchu. V kontinuálne pracujúcej sušiarne sa suší 50 kg h^{-1} ovocia s obsahom 25 hm. % sušiny. Vzduch, ktorý odchádza zo sušiarne, obsahuje 16 obj. % vodnej pary.

- Aké množstvo (objem) vzduchu s obsahom 1 hm. % vodnej pary sa spotrebuje v sušiarne za deň, ak v usušených slivkách pripadá na 1 kg sušiny 0.8 kg vody?
 - Aké množstvo sušených sliviek vyprodukuje sušiareň za deň?
 - Aký objem vodnej pary treba z ovocia odpariť za hodinu pri teplote $85 \text{ }^\circ\text{C}$ a normálnom tlaku?
 - Aké množstvo sušených sliviek 2. akostnej triedy možno vyrobiť za deň (na 1 kg sušiny pripadá 1.5 kg vody) pri rovnakej spotrebe a rovnakom zložení použitého vzduchu?
- (vzduch na sušenie sliviek: $V = 6288 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$, usušené slivky, 1. trieda: $m = 540 \text{ kg d}^{-1}$, odparená voda: $V = 44.9 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, usušené slivky, 2. trieda: $m = 1100 \text{ kg d}^{-1}$)

Príklad 14

Pripravte 100 mol roztoku H_2SO_4 s koncentráciou 12 mol dm^{-3} (hustota pripraveného roztoku je 1.6338 g cm^{-3}). K dispozícii máte 3 kg zbytkového roztoku, v ktorom mólový zlomok kyseliny je 0.08, a koncentrovaný roztok kyseliny sírovej s obsahom 4 hm. % vody.

- V akom pomere treba zmiešať spomínané roztoky?
- Využijete celé množstvo zbytkového roztoku?
- Aké je zloženie jednotlivých roztokov vyjadrené pomocou hmotnostných a mólových zlomkov?

$(m(\text{zbytkový roztok}) : m(\text{koncentrovaný roztok}) = 2.73 : 1.63, \text{ nevyužije sa celé množstvo zbytkového roztoku, zbytkový roztok: } w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.32, w(\text{H}_2\text{O}) = 0.68, \text{ koncentrovaný roztok: } x(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.82, x(\text{H}_2\text{O}) = 0.18, \text{ pripravený roztok: } x(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.32, x(\text{H}_2\text{O}) = 0.68, w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.72, w(\text{H}_2\text{O}) = 0.28)$

Príklad 15

Porovnajete počet atomov, ktoré sa nachádzajú pri teplote $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku 101325 Pa v 1 mL ortuti (jej hustota pri týchto podmienkach je $13.546 \text{ kg dm}^{-3}$) a v 1 mL vodíka.

$(N(\text{Hg}) = 4.066 \times 10^{22}, N(\text{H}_2) = 5.004 \times 10^{19})$

Príklad 16

Do rektifikačnej kolóny sa privádza nástrek, ktorý obsahuje 25 mol. % toluénu, 35 mol. % benzénu a 40 mol. % etylbenzénu. Vypočítajte mólový tok nástreku, ak požadovaný hmotnostný tok benzénu do kolóny je 300 kg h^{-1} .

$(n = 10.97 \text{ kmol h}^{-1})$

Príklad 17

Vypočítajte hustotu vzduchu na vrchole Mount Everestu pre priemernú hodnotu teploty $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku 30 kPa . Porovnajte ju s hustotou vzduchu pri bežných podmienkach ($20 \text{ }^\circ\text{C}$, 101.325 kPa).

$(\text{Mount Everest: } \rho(\text{vzduch}) = 0.446 \text{ kg m}^{-3}, \text{ pobrežie mora: } \rho(\text{vzduch}) = 1.199 \text{ kg m}^{-3})$

Príklad 18

Pri teplote $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a normálnom tlaku sa v 1 kg vody rozpustilo 940 cm^3 CO_2 .

- Vypočítajte mólovú hmotnosť tejto zmesi.
- Vypočítajte hmotnostný a mólový zlomok oxidu uhličitého v roztoku.

$(\text{roztok: } M = 18.04 \text{ kg kmol}^{-1}, w(\text{CO}_2) = 0.0017, x(\text{CO}_2) = 0.0007)$

Príklad 19

Na pracovisku nesmie obsah chloroformu presiahnuť hodnotu 10 mg v 1 m^3 znečisteného vzduchu (pri teplote $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku 101325 Pa). Analýzou bolo zistené, že mólový zlomok CHCl_3 v znečistenom vzduchu je 1.5×10^{-6} . Vyhovuje analyzovaný vzduch norme?

$(\rho(\text{CHCl}_3) = 7.444 \text{ mg m}^{-3}, \text{ vyhovuje norme})$ ($\rho = \text{hmotnostná koncentrácia}$)

Príklad 20

Ak pri teplote $25 \text{ }^\circ\text{C}$ rozpustíme v 1 kg vody 1 mol NaCl , je objem získaného roztoku 1019.9 cm^3 .

- Vypočítajte hustotu pripraveného roztoku.

b) Vypočítajte hmotnostný a mólový zlomok NaCl v roztoku.

c) Vypočítajte hmotnostnú a mólovú koncentráciu NaCl v roztoku.

(roztok: $\rho = 1058 \text{ kg m}^{-3}$, $w(\text{NaCl}) = 0.0552$, $x(\text{NaCl}) = 0.0177$, $c(\text{NaCl}) = 980.5 \text{ mol m}^{-3}$, $\rho(\text{NaCl}) = 57.3 \text{ kg m}^{-3}$)

Príklad 21

Kryštalizáciou treba vyrobiť 50 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. V roztoku, z ktorého boli kryštaly odfiltrované, zostalo rozpustené rovnaké množstvo síranu meďnatého, aké je prítomné v kryštáloch.

a) Vypočítajte hmotnosť CuSO_4 v kryštáloch.

b) Aký je hmotnostný zlomok síranu meďnatého v matečnom lúhu (roztok po kryštalizácii), ak sa kryštalizácia uskutočnila v dôsledku ochladenia roztoku CuSO_4 nasýteného pri $100 \text{ }^\circ\text{C}$ na teplotu $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (pri $100 \text{ }^\circ\text{C}$ je rozpustnosť síranu meďnatého 42.4 g CuSO_4 v 100 g vody)?

c) Ak je molárna koncentrácia síranu meďnatého v pôvodnom roztoku a v matečnom lúhu, ak hustota oboch roztokov je 1430 kg m^{-3} ?

(kryštály: $m(\text{CuSO}_4) = 31.92 \text{ g}$, matečný lúh: $w(\text{CuSO}_4) = 0.194$, $c(\text{CuSO}_4) = 1739 \text{ mol m}^{-3}$, pôvodný roztok: $c(\text{CuSO}_4) = 2651 \text{ mol m}^{-3}$)

Príklad 22

Kyselina chlór vodíková sa pripravuje absorpciou chlór vodíka v zriedenej kyseline. Zo spaľovacej pece sa na absorpciu privádza $100 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ plynu, ktorý obsahuje 98 mol. % HCl. Zvyšok sú plyny, ktoré sa vo vodnom roztoku HCl nerozpúšťajú. Pri tlaku 110 kPa a teplote $15 \text{ }^\circ\text{C}$ sa v adsorbéri pohltí 65 % z množstva HCl prítomného v plyne zo spaľovacej pece. Z absorbéra sa odoberá roztok, ktorý obsahuje 36 hmot. % HCl. Jeho hustota je 1178.9 kg m^{-3} .

a) Aké množstvo roztoku HCl sa spotrebuje na absorpciu a aký je obsah HCl v tomto roztoku pri výrobe $350 \text{ dm}^3 \text{ h}^{-1}$ kyseliny chlorovodíkovej?

b) Aká je hmotnostná a molárna koncentrácia HCl v kvapalných prúdoch, ak hustota roztoku použitého na absorpciu je 1062.4 kg m^{-3} ?

(roztok použitý na absorpciu: $m = 303.35 \text{ kg h}^{-1}$, $w(\text{HCl}) = 0.131$, $c(\text{HCl}) = 3810 \text{ mol m}^{-3}$, $\rho(\text{HCl}) = 138.9 \text{ kg m}^{-3}$, koncentrovaný roztok: $c(\text{HCl}) = 11637 \text{ mol m}^{-3}$, $\rho(\text{HCl}) = 424.4 \text{ kg m}^{-3}$)

Príklad 23

Z reaktora na výrobu formaldehydu odchádza 245 kmol h^{-1} plynu, ktorý obsahuje (mol. %): metán (9.52), oxid uhoľnatý (2.85), kyslík (5.71), dusík (77.13), formaldehyd (3.83) a kyselinu mravčiu (0.96). V práčke sa úplne vyperie formaldehyd a kyselina mravčia. Vypočítajte:

a) tok látkového množstva plynu odchádzajúceho z práčky;

b) zloženie plynu odchádzajúceho z práčky (mólové zlomky);

c) hmotnostný tok formaldehydu a kyseliny mravčej v kvapalnej fáze.

(plyn z práčky: $n = 233 \text{ kmol h}^{-1}$, $x(\text{CH}_4) = 0.10$, $x(\text{CO}) = 0.03$, $x(\text{O}_2) = 0.06$, $x(\text{N}_2) = 0.81$, kvapalná fáza z práčky: $m(\text{CH}_2\text{O}) = 282 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{CH}_2\text{O}_2) = 108 \text{ kg h}^{-1}$)

Príklad 24

100 kg h^{-1} suroviny, ktorá obsahuje 35 mol. % metanolu a vodu, sa delí rovnovážnou destiláciou. Surovina sa rozdelí na destilát s obsahom 60.2 mol. % metanolu a zvyšok, ktorý obsahuje 20 mol. % metanolu. Za predpokladu ustáleného stavu vypočítajte:

- a) tok látkového množstva destilátu a zvyšku;
- b) výťažok metanolu v destiláte;
- c) hmotnostný tok metanolu v destiláte a vo zvyšku.

(destilát: $n = 1.629 \text{ kmol h}^{-1}$, $m(\text{CH}_3\text{OH}) = 31.4 \text{ kg h}^{-1}$, $Y(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.642$, destilačný zvyšok: $n = 2.738 \text{ kmol h}^{-1}$, $m(\text{CH}_3\text{OH}) = 17.5 \text{ kg h}^{-1}$)

Príklad 25

Reinhardtov roztok sa používa na stanovenie železa. Základný roztok sa pripraví zmiešaním $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, vody, kyseliny sírovej (vodný roztok) s obsahom 92 hm. % H_2SO_4 a kyseliny fosforečnej (vodný roztok) s obsahom 86 hm. % H_3PO_4 . Zmiešaním týchto látok vznikne 1.146 kg zmesi, ktorá obsahuje 20.9 hm. % H_2SO_4 , 17.6 hm. % H_3PO_4 , 4 hm. % MnSO_4 a vodu.

- a) Vypočítajte množstvá zložiek zmesi, ktoré treba na prípravu základného roztoku.
- b) Aké je látkové množstvo jednotlivých zložiek v základnom roztoku?
- c) Aké sú mólové zlomky zložiek a mólová hmotnosť základného roztoku?

(suroviny: $m(\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 84.1 \text{ g}$, $m(\text{roztok } \text{H}_2\text{SO}_4) = 260.3 \text{ g}$, $m(\text{roztok } \text{H}_3\text{PO}_4) = 234.5 \text{ g}$, $m(\text{H}_2\text{O}) = 567.1 \text{ g}$, základný roztok: $M = 27.68 \text{ kg kmol}^{-1}$, $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2.442 \text{ mol}$, $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2.058 \text{ mol}$, $n(\text{MnSO}_4) = 0.304 \text{ mol}$, $n(\text{H}_2\text{O}) = 36.578 \text{ mol}$, $x(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.059$, $x(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.050$, $x(\text{MnSO}_4) = 0.007$, $x(\text{H}_2\text{O}) = 0.884$)

Príklad 26

Koncentrácia kadmiových solí vo vode nesmie presiahnuť $13 \mu\text{mol m}^{-3}$. Odpadná voda, ktorú potrebujeme vyčistiť, obsahuje 10 mg chloridu kadmiového v každom m^3 . Z kapacitných dôvodov sa do čistiarne vedie iba časť z odpadnej vody a zvyšok čistiareň obteká. V čistiarni sa soli kadmia vyzrážajú vo forme CdS. Vyzrážaný sulfid kadmiový sa usadzuje na dne čistiarne. Vyčistený roztok, ktorý neobsahuje žiadne kadmium, sa za čistiarnou zmieša s prúdom odpadnej vody obtekajúcej čistiareň.

- a) Aký objem znečistenej vody prejde cez čistiareň za deň, ak treba vyčistiť $100 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ odpadnej vody tak, aby obsah Cd práve spĺňal normu?
- b) Aká je hmotnosť CdS, ktorý sa v čistiarni oddelí za hodinu, ak sa má využiť celá kapacita čistiarne, t.j. máme vyčistiť $150 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ odpadnej vody, tak aby obsah kadmia práve spĺňal hygienickú normu?
- c) Ak je potrebné vyčistiť väčšie množstvo odpadnej vody, aj cez čistiareň tečie väčší objemový prietok znečistenej vody. Preto sa vyzrážaný sulfid kadmiový nestihne usadiť úplne. Pri prietoku $200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ odpadnej vody cez čistiareň bolo zistené, že v čistiarni sa usadí len 90 % z vyzrážaného CdS. Aké celkové množstvo vody sa za týchto podmienok môže spracovať, aby bola splnená norma?

(voda do čistiarne: $V = 1968.5 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$, oddelené kadmium: $m(\text{CdS}) = 1.182 \text{ g h}^{-1}$, zvýšený prietok vody cez čistiareň: $V = 236.3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$)

Príklad 27

Nepretržitou rektifikáciou sa má rozdeliť 100 kmol h^{-1} suroviny, ktorá obsahuje 22 hm. % propánu C_3H_8 , 33 hm. % butánu C_4H_{10} , 26 hm. % pentánu C_5H_{12} a 19 hm. % hexánu C_6H_{14} . Z destilačnej kolóny odchádza 2971 kg h^{-1} destilátu a zvyšok. V destiláte máme získať 98 % z množstva propánu, ktorý sa nachádza v surovine. Vo zvyšku má byť 97 % z množstva hexánu,

ktorý sa privádza do kolóny. Pomer hmotnostných zlomkov butánu a pentánu v destiláte je 0.781 : 1.

a) Aká je mólová hmotnosť suroviny?

b) Aké je zloženie destilátu a zvyšku (vyjadrite ho pomocou hmotnostných zlomkov)?

c) Aký je tok látkového množstva hexánu vo zvyšku a výťažok propánu v destiláte?

(surovina: $M = 60.37 \text{ kg kmol}^{-1}$, destilát: $w(\text{propán}) = 0.4395$, $w(\text{bután}) = 0.2407$, $w(\text{pentán}) = 0.3082$, $w(\text{hexán}) = 0.0116$, $Y(\text{propán}) = 0.98$, zvyšok: $M = 68.73 \text{ kg kmol}^{-1}$, $w(\text{propán}) = 0.0087$, $w(\text{bután}) = 0.4160$, $w(\text{pentán}) = 0.2136$, $w(\text{hexán}) = 0.3617$, $n(\text{hexán}) = 12.98 \text{ kmol h}^{-1}$)

Príklad 28

100 kg h^{-1} plynného destilátu z rektifikačnej kolóny, ktorý obsahuje 99.09 hm. % benzénu C_6H_6 , 0.69 hm. % bifenyly $\text{C}_{12}\text{H}_{10}$ a 0.22 hm. % vodíka sa chladí na teplotu, pri ktorej kondenzuje benzén a bifenyl. V odlučovači sa oddelí plynná fáza obsahujúca všetok vodík a časť benzénu od kvapalnej fázy, ktorá obsahuje všetok bifenyl a zostávajúci benzén. Plynná fáza za odlučovačom obsahuje 12 hm. % vodíka. Vypočítajte:

a) hmotnostný tok plynnej fázy odchádzajúcej z odlučovača,

b) hmotnostné zlomky zložiek a mólovú hmotnosť kvapalnej fázy,

c) tok látkového množstva prúdov odchádzajúcich z odlučovača.

(plyn z odlučovača: $m = 1.83 \text{ kg h}^{-1}$, $n = 0.1304 \text{ kmol h}^{-1}$, kvapalná fáza: $M = 78.27 \text{ kg kmol}^{-1}$, $w(\text{benzén}) = 0.993$, $w(\text{vodík}) = 0.007$, $n = 1.2542 \text{ kmol h}^{-1}$)

Príklad 29

Pri výrobe kyseliny dusičnej sa oxid dusnatý oxiduje vzdušným kyslíkom pričom vzniká oxid dusičitý. Ak sa na reakciu použije $23.81 \text{ kmol h}^{-1}$ vzduchu, t.j. 25 %-ný nadbytok kyslíka, konverzia NO je 90 %.

a) Napíšte rovnicu, ktorá opisuje chemickú reakciu.

b) Vypočítajte teoretický rozsah reakcie.

c) Vypočítajte zloženie a tok látkového množstva vstupujúceho a výstupujúceho prúdu a stupeň premeny kyslíka.

($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$, $\xi_t = 4 \text{ kmol h}^{-1}$, vstupujúce plyny: $n(\text{NO}) = 8 \text{ kmol h}^{-1}$, $n(\text{O}_2) = 5 \text{ kmol h}^{-1}$, $n(\text{N}_2) = 18.81 \text{ kmol h}^{-1}$, $n = 31.81 \text{ kmol h}^{-1}$, vystupujúce plyny: $n = 28.21 \text{ kmol h}^{-1}$, $\alpha(\text{O}_2) = 0.72$)

Príklad 30

2000 kg h^{-1} roztoku kyselín obsahuje 31.5 hm. % HNO_3 . Roztok vznikne absorpciou oxidu dusičitého vo vode a jeho disproporcionáciou podľa rovnice: $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$.

Predpokladáme 40 %-nú konverziu NO_2 a pomer hmotností zložiek plynnej zmesi vstupujúcej do reaktora $m(\text{NO}) : m(\text{O}_2) : m(\text{NO}_2) : m(\text{N}_2) = 1 : 2 : 10 : 17$. Vypočítajte:

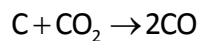
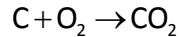
a) množstvo a zloženie jednotlivých prúdov;

b) konverziu vody.

(vstupujúca plynná zmes: $n = 211.86 \text{ kmol h}^{-1}$, $x(\text{NO}) = 0.033$, $x(\text{O}_2) = 0.067$, $x(\text{NO}_2) = 0.333$, $x(\text{N}_2) = 0.567$, voda: $n = 60 \text{ kmol h}^{-1}$, vystupujúca plynná fáza: $n = 191.86 \text{ kmol h}^{-1}$, $x(\text{NO}) = 0.040$, $x(\text{O}_2) = 0.075$, $x(\text{NO}_2) = 0.156$, $x(\text{N}_2) = 0.729$, roztok HNO_3 : $n = 70 \text{ kmol h}^{-1}$, $x(\text{HNO}_3) = x(\text{HNO}_2) = 0.143$, $x(\text{H}_2\text{O}) = 0.714$, $\alpha(\text{H}_2\text{O}) = 0.167$)

Príklad 31

Železo sa vyrába redukciou železnej rudy. Vo vysokej peci sa uskutočňujú nasledujúce reakcie:



Vypočítajte aká je teoretická spotreba uhlia, ktoré obsahuje 70 hm. % uhlíka, a teoretická spotreba vzduchu na výrobu 1000 t surového železa.

(uhlie: $n_{\text{st}} = 22874$ kmol, vzduch: $n_{\text{st}} = 11937$ kmol)

Príklad 32

Koľko kilogramov SO_2 sa vyrobí spálením odpadného plynu z papierne? 1000 m^3 (za normálnych podmienok, t.j. $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $p = 101325 \text{ Pa}$) tohoto plynu obsahuje 13 mol. % sírovodíka a merkaptánov. Konverzia týchto zlúčenín je 93 %.

($m(\text{SO}_2) = 345.6 \text{ kg}$)

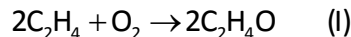
Príklad 33

Aká je teoretická rýchlosť reakcie pri výrobe $10 \text{ kmol h}^{-1} \text{ SO}_3$? Na výrobu oxidu sírového sa používa $20 \text{ kmol h}^{-1} \text{ SO}_2$. Aká je konverzia SO_2 a O_2 a nadbytok O_2 , ak vo prúde vstupujúcom do reaktora, ktorý je zmesou oxidu siričitého a suchého vzduchu, je obsah dusíka 70 mol. %.

($\xi_t = 5 \text{ kmol h}^{-1}$, $\alpha(\text{SO}_2) = 0.5$, $\alpha(\text{O}_2) = 0.153$, $N(\text{O}_2) = 2.263$)

Príklad 34

Do reaktora na výrobu etylénoxidu sa privádza 1 kmol h^{-1} etylénu. V reaktore sa uskutočňujú nasledujúce chemické reakcie:



Na oxidáciu sa privádza prúd vzduchu, pričom mólový tok kyslíka je trojnásobkom jeho teoretickej spotreby v reakcii I. Vypočítajte:

- teoretickú rýchlosť reakcie I,
- skutočnú rýchlosť oboch reakcií,
- stupeň premeny etylénu v oboch reakciách, ak plyn na výstupe z reaktora obsahuje 1 mol. % CO_2 a reaktor opúšťa 0.6 kmol h^{-1} etylénu.

($\xi_{\text{I}} = 0.5 \text{ kmol h}^{-1}$, $\xi_{\text{II}} = 0.18 \text{ kmol h}^{-1}$, $\xi_{\text{II}} = 0.04 \text{ kmol h}^{-1}$, $\alpha_{\text{I}}(\text{C}_2\text{H}_2) = 0.36$, $\alpha_{\text{II}}(\text{C}_2\text{H}_2) = 0.04$)

Príklad 35

400 kg h^{-1} suroviny, ktorá obsahuje 20 hm. % benzénu, 30 hm. % toluénu a 50 hm. % xylénu sa delí v dvoch rektifikačných kolónach. Vo zvyšku z prvej kolóny má byť 69.75 % z množstva xylénu v surovine. 91.25 % z množstva toluénu v surovine má byť vo zvyšku z druhej kolóny. Zvyšok z prvej kolóny, ani zvyšok z druhej kolóny neobsahuje benzén. Destilát z druhej kolóny neobsahuje xylén. Hmotnostný zlomok toluénu v destiláte z druhej kolóny je 0.03. Vypočítajte hmotnostný tok všetkých označených prúdov, hmotnostné zlomky zložiek v destiláte z prvej kolóny, látkové množstvo a mólovú hmotnosť destilátu z druhej kolóny.

(destilát z 1. kolóny: $m = 252.5 \text{ kg h}^{-1}$, $w(\text{C}_6\text{H}_6) = 0.317$, $w(\text{C}_7\text{H}_8) = 0.443$, $w(\text{C}_7\text{H}_{10}) = 0.240$,

destilát z 2. kolóny: $m = 82.5 \text{ kg h}^{-1}$, $n = 1.053 \text{ kmol h}^{-1}$, $M = 78.36 \text{ kg kmol}^{-1}$, zvyšok z 1. kolóny: $m = 147.5 \text{ kg h}^{-1}$, zvyšok z 2. kolóny: $m = 170 \text{ kg h}^{-1}$)

Príklad 36

Zo strúhaných jablák sa vyrába jablčný koncentrát. 875 kg h^{-1} jablčnej kaše s obsahom 12 hm. % sušiny, sa filtráciou rozdelí na číry filtrát a dreň. Číry filtrát obsahuje 9.2 hm. % sušiny, v dreni je 29.9 hm. % sušiny. Filtrát sa ďalej zahusťuje vo vákuovej odparke. Z odparky odchádza jablčný koncentrát, ktorý obsahuje 60 hm. % sušiny. Vypočítajte hmotnostný tok prúdov odchádzajúcich z filtra a z odparky.

Jablčný koncentrát sa mieša s dreňou, odchádzajúcou z filtra, a vznikne tak jablčný džús. Vypočítajte obsah sušiny v jablčnom džúse.

(číry filtrát: $m = 756.6 \text{ kg h}^{-1}$, zahustený filtrát: $m = 116. \text{ kg h}^{-1}$, odparená voda: $m = 640.6 \text{ kg h}^{-1}$, jablčný džús: $w(\text{sušina}) = 0.552$)

Príklad 37

Surovina s obsahom 15 hm. % metanolu, 39 hm. % etanolu a 46 hm. % propanolu sa delí v dvoch rektifikačných kolónach. V prvej sa oddelí čistý metanol. Zmes etanolu a propanolu sa vedie do druhej kolóny. Destilát z druhej kolóny obsahuje 6 hm. % propanolu a destilačný zvyšok 10 hm. % etanolu. Vypočítajte spotrebu suroviny, ak sa má vyrobiť 100 kg h^{-1} čistého metanolu, hmotnostné toky ostatných prúdov, hmotnostné zlomky zložiek v prúde vstupujúcom do druhej kolóny, strednú mólovú hmotnosť a látkové množstvo suroviny.

(surovina: $m = 666.7 \text{ kg h}^{-1}$, $n = 13.89 \text{ kmol h}^{-1}$, $M = 48 \text{ kg kmol}^{-1}$, zvyšok z 1. kolóny: $m = 566.7 \text{ kg h}^{-1}$, $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.459$, $w(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 0.541$, destilát z 2. kolóny: $m = 242.1 \text{ kg h}^{-1}$, zvyšok z 2. kolóny: $m = 324.6 \text{ kg h}^{-1}$)

Príklad 38

Surovina na výrobu cyklohexánu obsahuje 61.5 mol. % cyklohexánu, 0.1 mol. % benzénu a ďalej vodík, dusík a metán v mólovom pomere 2 : 1 : 3. Zo 100 kmol h^{-1} suroviny treba oddeliť 98 % cyklohexánu v zariadení, ktoré sa skladá z destilačnej a rektifikačnej kolóny. Vodík, dusík a metán sa úplne oddelia a odchádzajú v destiláte z destilačnej kolóny. Destilát neobsahuje žiaden cyklohexán ani benzén. Vo zvyšku z rektifikačnej kolóny sa nachádza len čistý cyklohexán. Vypočítajte mólové zlomky zložiek v surovine, tok látkového množstva všetkých prúdov a hmotnostný tok zložiek v destiláte z druhej kolóny.

(surovina: $x(\text{H}_2) = 0.128$, $x(\text{N}_2) = 0.064$, $x(\text{CH}_4) = 0.192$, 1. zvyšok: $n = 61.6 \text{ kmol h}^{-1}$, 1. destilát: $n = 38.4 \text{ kmol h}^{-1}$, 2. zvyšok: $n = 60.3 \text{ kmol h}^{-1}$, 2. destilát: $n = 1.3 \text{ kmol h}^{-1}$, $m(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 100.9 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{C}_6\text{H}_6) = 7.7 \text{ kg h}^{-1}$)

Príklad 39

Vlhký vzduch obsahuje 10 g vodnej pary na 1 kg suchého vzduchu, pričom suchý vzduch obsahuje 78 mol. % dusíka, 21 mol. % kyslíka a 1 mol. % argónu. Vypočítajte mólovú hmotnosť vlhkého vzduchu.

($M = 28.78 \text{ kg kmol}^{-1}$)

Príklad 40

V adsorbéri sa z plynnej fázy úplne pohlcuje oxid uhličitý. Do adsorbéra sa privádza za hodinu 224 m^3 plynu, ktorý má tlak 101.3 kPa , teplotu $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a obsahuje $61.5 \text{ mol. } \%$ vodíka, $34 \text{ mol. } \%$ oxidu uhličitého, $1.5 \text{ mol. } \%$ metánu a $3 \text{ mol. } \%$ dusíka. Vypočítajte mólovú hmotnosť plynu privádzaného do adsorbéra, hmotnostný tok oxidu uhličitého pohlteneho za 8 hodín, mólové zlomky a hmotnostný tok zložiek v plyne odchádzajúcom z adsorbéra.

Plyn z adsorbéra sa mieša s čistým dusíkom, aby sa pripravila zmes na syntézu amoniaku, v ktorej sú dusík a vodík zastúpené v stechiometrickom pomere. Vypočítajte hmotnostný tok čistého dusíka a mólové zlomky zložiek v pripravenom syntéznom plyne.

(plyn vstupujúci do adsorbéra: $M = 17.29 \text{ kg kmol}^{-1}$, CO_2 pohlteneý za 8 h: $m = 1114.2 \text{ kg}$, plyn z adsorbéra: $x(\text{H}_2) = 0.932$, $x(\text{CH}_4) = 0.023$, $x(\text{N}_2) = 0.045$, $m(\text{H}_2) = 11.44 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{CH}_4) = 226 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{N}_2) = 774 \text{ kg h}^{-1}$, pridávaný dusík: $m = 41.44 \text{ kg h}^{-1}$, syntézný plyn: $x(\text{H}_2) = 0.736$, $x(\text{CH}_4) = 0.019$, $x(\text{N}_2) = 0.245$)

Príklad 41

Etylster kyseliny butánovej sa pripravuje reakciou etanolu s kyselinou butánovou. K 100 kg kyseliny sa pridáva 1.3 -násobok teoretického množstva etanolu. Používa sa zmes etanolu s vodou, ktorá obsahuje $98 \text{ hm. } \%$ etanolu. Stupeň premeny kyseliny butánovej je 0.92 . Reakcia sa uskutočňuje pri teplote varu zmesi a preto sa z roztoku odparí 20% z celkového množstva vody, ktorá pri reakcii vznikne a bola do reaktora privedená v zmesi s etanolom. Odparí sa tiež 7% z privedeného množstva etanolu. Vypočítajte teoretickú a skutočnú spotrebu etanolu, hmotnosť roztoku etanolu, ktorý sa použije na výrobu esteru, mólovú hmotnosť kvapalnej zmesi po reakcii a hmotnosť pár, odchádzajúcich z reaktora.

(spotreba etanolu: $n_{\text{st}} = 1.136 \text{ kmol}$, $n_{\text{s}} = 1.477 \text{ kmol}$, roztok etanolu: $m = 69.34 \text{ kg}$, kvapalná fáza po reakcii: $M = 66.49 \text{ kg kmol}^{-1}$, plynná fáza: $m = 8.8 \text{ kg}$)

Príklad 42

Plyn obsahujúci $68.4 \text{ mol. } \%$ vodíka, $22.6 \text{ mol. } \%$ dusíka a $9 \text{ mol. } \%$ oxidu uhličitého sa používa na syntézu amoniaku. Z reaktora odchádza zmes, ktorá obsahuje $15 \text{ mol. } \%$ amoniaku. Má sa vyrobiť 100 kg h^{-1} amoniaku. Vypočítajte mólovú hmotnosť plynu prichádzajúceho do reaktora, hmotnostný tok zložiek v plynnej, ktorá opúšťa reaktor, a stupeň premeny reaktantov.

V reaktore prebieha aj vedľajšia reakcia:



Aký je rozsah vedľajšej reakcie a zloženie plynnej fázy za reaktorom, ak sa v ňom nachádza $15 \text{ mol. } \%$ amoniaku a $5 \text{ mol. } \%$ vodnej pary.

(plyn vstupujúci do reaktora: $M = 11.66 \text{ kg kmol}^{-1}$, plyn z reaktora (prebieha len hlavná reakcia): $m(\text{H}_2) = 44.5 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{N}_2) = 203.1 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{NH}_3) = 100 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{CO}_2) = 178.6 \text{ kg h}^{-1}$, $\alpha(\text{H}_2) = 0.286$, $\alpha(\text{N}_2) = 0.289$, plyn z reaktora (prebieha aj vedľajšia reakcia): $x(\text{H}_2) = 0.512$, $x(\text{N}_2) = 0.185$, $x(\text{NH}_3) = 0.150$, $x(\text{CO}_2) = 0.053$, $x(\text{H}_2\text{O}) = 0.050$, $x(\text{CO}) = 0.050$, $\xi_{\text{II}} = 1.961 \text{ kmol h}^{-1}$)

Príklad 43

Do reaktora sa privádza plynná zmes, ktorá obsahuje $40 \text{ mol. } \%$ metanolu a dusík. V reaktore je tlak 0.2 MPa a teplota $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Konverzia metanolu je 0.5 . V zariadení sa dehydrogenáciou metanolu vyrába 200 kg h^{-1} formaldehydu. Vypočítajte objemový tok plynu privádzaného do

reaktora, zdrojové členy reaktanta a produktov, hmotnostné zlomky zložiek a tok látkového množstva plynu odchádzajúceho z reaktora.

(plyn vstupujúci do reaktora: $V = 932.75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, reakcia: $n_z(\text{CH}_3\text{OH}) = -6.666 \text{ kmol h}^{-1}$, $n_z(\text{CH}_2\text{O}) = 6.666 \text{ kmol h}^{-1}$, $n_z(\text{H}_2) = 6.667 \text{ kmol h}^{-1}$, plyn z reaktora: $n = 40 \text{ kmol h}^{-1}$, $w(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.216$, $x(\text{CH}_2\text{O}) = 0.203$, $w(\text{H}_2) = 0.014$, $w(\text{N}_2) = 0.567$)

Príklad 44

Pri oxidácii metanolu kyslíkom vzniká formaldehyd a kyselina mravčia. Plyn opúšťajúci reaktor obsahuje (mol. %): metanol (11.59), kyslík (11.88), dusík (61.06), formaldehyd (6.76) a kyselinu mravčiu (0.97). Vypočítajte stupeň premeny metanolu na kyselinu mravčiu a na formaldehyd.

(reakcia vzniku CH_2O : $\alpha(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.35$, reakcia vzniku HCOOH : $\alpha(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.05$)

Príklad 45

Benzén sa nitruje nitračnou zmesou, ktorá obsahuje 27 hmot. % kyseliny dusičnej, 60 hmot. % kyseliny sírovej a 13 hmot. % vody. Mólový pomer použitého benzénu a kyseliny dusičnej v reaktore je 1 : 1. Po reakcii sa oddelí organická fáza, ktorá obsahuje aj nezreagovaný benzén, a vodná fáza, v ktorej sa nachádza nezreagovaná nitračná zmes. Do reaktora vstupuje 1000 kg benzénu. Vypočítajte koľko kg nitračnej zmesi sa privádza do reaktora, aký je stupeň premeny kyseliny dusičnej, mólové zlomky zložiek v nitrobenzénovej (organickej) fáze, hmotnosť a hmotnostné zlomky zložiek v nitrobenzénovej fáze.

(nitračná zmes: $m = 2991.5 \text{ kg}$, reakcia: $\alpha(\text{HNO}_3) = 0.6$, organická fáza: $x(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 0.600$, $x(\text{C}_6\text{H}_6) = 0.400$, $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 945.9 \text{ kg}$, $m(\text{C}_6\text{H}_6) = 400 \text{ kg}$, $w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 0.703$, $w(\text{C}_6\text{H}_6) = 0.297$)

Príklad 46

Amoniak sa pripravuje reakciou vodíka a dusíka. Reakčná zmes na vstupe do reaktora obsahuje 3.6 mol. % amoniaku, vodík, dusík, argón a metán. Z reaktora odchádza zmes, ktorá obsahuje 15.8 mol. % amoniaku, 3.8 mol. % argónu, 9.6 mol. % metánu, dusík a vodík v stechiometrickom pomere. Vypočítajte mólové zlomky dusíka a vodíka v plyne odchádzajúcom z reaktora, mólové zlomky zložiek na vstupe do reaktora, stupeň premeny dusíka a mólovú hmotnosť plynu, ktorý vstupuje do reaktora.

(plyn vstupujúci do reaktora: $M = 9.91 \text{ kg kmol}^{-1}$, $x(\text{NH}_3) = 0.036$, $x(\text{H}_2) = 0.633$, $x(\text{N}_2) = 0.211$, $x(\text{Ar}) = 0.034$, $x(\text{CH}_4) = 0.086$, plyn z reaktora: $x(\text{H}_2) = 0.531$, $x(\text{N}_2) = 0.177$)

Príklad 47

Sulfán (sírovodík) vznik pri redukcii pyritu vodíkom. Pyritová ruda obsahuje 85 hmot. % disulfidu železnatého a oxid kremičitý. Konverzia disulfidu železnatého (pyritu) je 0.9. Pri reakcii vznikne 100 kg sulfánu. Plynná fáza po redukcii obsahuje 25 mol. % vodíka a sulfán. Vypočítajte hmotnosť všetkých prúdov, ktoré vstupujú do reaktora a vystupujú z neho, aký nadbytok teoretického množstva vodíka sa používa na reakciu a aký je stupeň premeny vodíka.

(pyritová ruda: $m = 230.39 \text{ kg}$, prúd vodíka: $m = 7.82 \text{ kg}$, plyn z reaktora: $m = 101.94 \text{ kg}$, tuhá fáza po reakcii: $m = 136.27 \text{ kg}$, reakcia: $N(\text{H}_2) = 0.2$, $\alpha(\text{H}_2) = 0.752$)

Príklad 48

Plynná zmes obsahuje 15 mol. % butánu a dusík. Pri teplote 20 °C a tlaku 100 kPa bután reaguje s vodnou parou pričom vzniká oxid uhoľnatý a vodík. Do reaktora sa privádza 2000 m³ h⁻¹ plynu a 1.5 násobok teoretického množstva vodnej pary. Stupeň premeny butánu je 0.9. Vypočítajte teoretickú spotrebu vodnej pary, hmotnostný tok vodnej pary, ktorá sa privádza do reaktora, mólové zlomky a hmotnostný tok zložiek v plyne odchádzajúcom z reaktora, stupeň premeny vodnej pary, mólovú hmotnosť a hmotnostný tok plynu privádzaného do reaktora.

V reaktore prebieha tiež vedľajšia reakcia, keď oxid uhoľnatý reaguje s vodnou parou a vzniká oxid uhličitý a vodík. Rýchlosť tejto reakcie je 2 kmol h⁻¹. Vypočítajte mólové zlomky zložiek v plyne odchádzajúcom z reaktora.

(plyn vstupujúci do reaktora: $M = 32.5 \text{ kg kmol}^{-1}$, $m = 2667 \text{ kg h}^{-1}$, prebieha len hlavná reakcia: $n_{\text{st}}(\text{H}_2\text{O}) = 49.24 \text{ kmol h}^{-1}$, $\alpha(\text{H}_2) = 0.600$, spotreba vodnej pary: $m(\text{H}_2\text{O}) = 1331 \text{ kg h}^{-1}$, plyn z reaktora (prebieha len hlavná reakcia): $x(\text{bután}) = 0.005$, $x(\text{H}_2\text{O}) = 0.121$, $x(\text{CO}) = 0.181$, $x(\text{H}_2) = 0.408$, $x(\text{N}_2) = 0.285$, $m(\text{bután}) = 71.3 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{H}_2\text{O}) = 532.3 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{CO}) = 1241.0 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{H}_2) = 201.4 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{N}_2) = 1953.7 \text{ kg h}^{-1}$, plyn z reaktora (prebieha aj vedľajšia reakcia): $x(\text{bután}) = 0.005$, $x(\text{H}_2\text{O}) = 0.113$, $x(\text{CO}) = 0.173$, $x(\text{H}_2) = 0.416$, $x(\text{N}_2) = 0.285$, $x(\text{CO}_2) = 0.008$)

Príklad 49

Síra sa spaľuje kyslíkom pričom vzniká oxid siričitý. Síra obsahuje 2 hmot. % nečistôt, ktoré sú inertné. Kyslík sa do pece privádza vo forme suchého vzduchu, ktorý obsahuje 21 mol. % kyslíka a dusík. Z pece odchádza 1000 m³ h⁻¹ plynu, ktorý má teplotu 700 °C a tlak 100 kPa. Plyn obsahuje 9 mol. % oxidu siričitého, 12 mol. % kyslíka a dusík. Vypočítajte hmotnostný tok síry privádzanej do pece, množstvo nečistôt, mólovú hmotnosť plynu odchádzajúceho z pece a hmotnostný tok zložiek v plyne odchádzajúcom z pece. Aký násobok teoretického množstva vzduchu bol použitý?

Plyn odchádzajúci z pece sa vedie do reaktora, kde sa oxid siričitý oxiduje na oxid sírový. Stupeň premeny oxidu siričitého je 0.95. Na oxidáciu sa používa kyslík, ktorý je prítomný v plyne odchádzajúcom z pece na spaľovanie síry. Vypočítajte mólové zlomky zložiek v plyne odchádzajúcom z reaktora.

(prúd síry do pece: $m = 35.52 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{nečistoty}) = 0.72 \text{ kg h}^{-1}$, reakcia: $KN(\text{O}_2) = 2.34$, plyn odchádzajúci z pece: $M = 31.72 \text{ kg kmol}^{-1}$, $m(\text{O}_2) = 47.46 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{SO}_2) = 71.19 \text{ kg h}^{-1}$, $m(\text{N}_2) = 273.40 \text{ kg h}^{-1}$, plyn z reaktora: $x(\text{O}_2) = 0.081$, $x(\text{SO}_2) = 0.005$, $x(\text{N}_2) = 0.825$, $x(\text{SO}_3) = 0.089$)

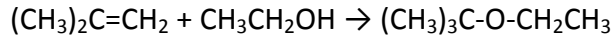
Príklad 50

Propán sa spaľuje vzduchom (kyslíkom vo vzduchu), pričom vznikajú iba konečné produkty horenia, t.j. oxid uhličitý a voda. Do spaľovacej pece sa privádza 100 m³ h⁻¹ propánu, ktorého teplota je 15 °C a tlak 105 kPa.

- Ak na reakciu použijeme stechiometrické množstvo vzduchu, stupeň premeny kyslíka je 70 %. Vypočítajte stupeň premeny propánu a zloženie spalín odchádzajúcich z pece.
- Ak použijeme 20 %-ný nadbytok vzduchu, stupeň premeny propánu sa zvýši na 90 %. Aké bude zloženie spalín a stupeň premeny kyslíka v tomto prípade?
- Aký nadbytok vzduchu použijeme, ak konverzia propánu je 100 % (úplná) a objemový zlomok kyslíka v spalínach je 0,04? Vypočítajte tiež stupeň premeny kyslíka a zloženie prúdu spalín.

Príklad 51

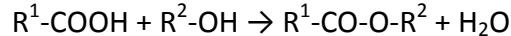
Izobutén reaguje s etanolom za vzniku etyl-*terc*-butyl éteru (ETBE) podľa nasledujúcej rovnice



Do reaktora sa privádza kvapalný prúd, ktorým je 1000 kg h^{-1} vodného roztoku s obsahom 96 mól. % etanolu, a plynná surovina, ktorá okrem izobuténu obsahuje aj 28,2 obj. % butánu a 27,3 obj. % izobutánu. Reakcia sa usku-točňuje pri atmosférickom tlaku, pričom reakčná zmes vri. Plynná fáza, ktorá odchádza z reaktora, obsahuje všetok bután a izobután prítomný v surovine, vodu privádzanú do reaktora v kvapalnom prúde, všetok vyrobený ETBE, nezreagovaný izobutén a tiež 2 mól. % etanolu. Kvapalná fáza, ktorá odchádza z reaktora, je prakticky čistý etanol. Na reakciu sa používa päťnásobok teoretickej spotreby etanolu. Za týchto podmienok je stupeň premeny izobuténu 94,38 %. Vypočítajte teoretickú a skutočnú rýchlosť reakcie, objemový prietok plynnej fázy vstupujúcej do reaktora pri teplote $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku 101 kPa, mólovú hmotnosť plynnej fázy, ktorá odchádza z reaktora, a objem kvapalnej fázy, ktorá odchádza z reaktora. Mólové hmotnosti látok sú ($M/(\text{kg kmol}^{-1})$): izobutén 56,11; etanol 46,07; ETBE 102,18; bután 58,12; izobután 58,12. Hustota kvapalného etanolu pri teplote v reaktore je 825 kg m^{-3} .

Príklad 52

Pri esterifikácii reaguje kyselina s alkoholom za vzniku esteru a vody podľa nasledujúcej rovnice



Vypočítajte stupeň premeny reaktantov v rovnováhe, ak poznáme rovnovážne zloženie reakčnej zmesi. Mólové zlomky kyseliny a alkoholu sú rovnaké, majú hodnotu 0,1. Mólové zlomky esteru a vody v reakčnej zmesi sú tiež rovnaké. Vieme, že na začiatku sme do reaktora priviedli zmes čistých reaktantov v stechiometrickom pomere.

V druhej časti príkladu vypočítajte zloženie rovnovážnej reakčnej zmesi, keby sme na reakciu použili dvojnásobok teoretickej spotreby alkoholu. Pri výpočte použite hodnotu rovnovážnej konštanty reakcie, ktorú vypočítate na základe zloženia rovnovážnej zmesi v prvej časti príkladu

$$K_x = \prod x_i^{\nu_i} \quad i = \text{A, B, C, D}$$

Príklad 53

Na nitráciu 100 kg benzénu sa používa nitračná zmes, ktorú tvorí kyselina dusičná, kyselina sírová a voda v mólovom pomere 3 : 6 : 1. Prebieha reakcia $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Konverzia benzénu v tejto reakcii je 78,11 %. Nakoľko sa na reakciu používa nadbytok nitračnej zmesi, časť vzniknutého nitrobenzénu podlieha ďalšej reakcii, pri ktorej vzniká dinitrobenzén $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$. Konverzia nitrobenzénu v tejto reakcii je 10 %. Po reakcii zostanú v reaktore dve kvapalné fázy, vodná a organická. Vo vodnej fáze sa nachádza nezreagovaná kyselina dusičná, kyselina sírová a voda, pričom hmotnostný zlomok vody v tejto zmesi je 6 hmot. %. V organickej fáze sa nachádzajú iba zlúčeniny obsahujúce benzénové jadro. Vypočítajte nadbytok a koeficient nadbytku nitračnej zmesi (kyseliny dusičnej) vzhľadom na prvú reakciu. Ďalej zistite konverziu kyseliny dusičnej v prvej a v druhej reakcii. Vypočítajte tiež mólovú hmotnosť vodnej a organickej fázy, ktorá zostanú po prebehnutí reakcie v reaktore, a látkové množstvo vyrobeného nitrobenzénu.

Príklad 54

Parný reforming zemného plynu sa používa na výrobu vodíka. V reaktore prebieha rovnovážna reakcia $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$. Nakoľko je táto reakcia endotermická, tepelná energia potrebná na jej priebeh sa získava spaľovaním časti zemného plynu kyslíkom podľa nasledujúcej rovnice $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. V dôsledku použitia nadbytku vodnej pary dochádza tiež k vedľajšej reakcii (water gas shift reaction) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$. Na parný reforming a parciálnu oxidáciu zemného plynu (prakticky čistý metán) sa používa vodná para v zmesi s čistým kyslíkom. Cieľom je vyrobiť 1616 kg h^{-1} vodíka. Analýzou zmesi plynov, ktoré opúšťajú reaktor, bolo zistené, že obsah vodnej pary je 43 mól. %, vodíka je 40 mól. % a pomer látkových množstiev CO a CO_2 je 1 : 1.5. Plynná zmes na výstupe z reaktora ďalej obsahuje 40 kmol h^{-1} nezreagovaného metánu. Konverzia kyslíka v druhej reakcii je úplná. V reaktore neprebiehajú žiadne ďalšie reakcie. Vypočítajte rýchlosť jednotlivých chemických reakcií, objemový prietok spotrebovaného zemného plynu (za štandardných podmienok, p_{atm} , $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$) a hmotnostný tok vodnej pary obohatenej kyslíkom. Ďalej zistíte mólovú hmotnosť a hmotnosť plynnej zmesi na výstupe z reaktora. Vypočítajte tiež nadbytok a koeficient nadbytku vodnej pary vzhľadom na prvú reakciu (parný reforming) ako aj konverziu metánu v druhej reakcii (oxidácia metánu), berúc do úvahy celkové množstvo metánu, ktoré vstupuje do reaktora.

Príklad 55

Metanol sa vyrába katalytickou reakciou oxidu uhoľnatého a vodíka: $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$. V reaktore okrem požadovanej reakcie vzniká aj metán a vodná para podľa nasledujúcej rovnice: $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$. Do reaktora sa privádza syntézny plyn, ktorý obsahuje oxid uhoľnatý a vodík v mólovom pomere vhodnom na výrobu metanolu. Okrem týchto reaktantov sa v syntéznom plyne nachádza aj dusík (4 obj. %). Plynná zmes sa po skončení chemickej reakcie vedie do výmenníka tepla, kde skondenzuje vzniknutá vodná para a časť metanolu. Ostatné zložky reakčnej zmesi a neskondenzovaná časť metanolu zostávajú v plynnej fáze. Vypočítajte spotrebu syntézneho plynu v reaktore, konverziu CO a vodíka v prvej reakcii (syntéza metanolu) ako aj konverziu vodíka v druhej reakcii (vznik metánu), ak hmotnostný tok kvapalnej fázy za kondenzátorom je 1670.5 kg h^{-1} a obsah metanolu v tejto zmesi je 95 hmot. %. Ďalej vieme, že do kvapalnej fázy za výmenníkom tepla prejde 90 % z množstva vyrobeného metanolu a konverzia oxidu uhoľnatého v druhej reakcii je 6.9 %. Zistíte rýchlosť oboch reakcií a to, ktorý z reaktantov je v druhej reakcii v nabytku. Vypočítajte nadbytok a koeficient nadbytku tejto zložky v druhej reakcii vzhľadom na množstvo použitého syntézneho plynu. Aká je mólová hmotnosť a hmotnosť plynnej fázy, ktorá vystupuje z výmenníka tepla.