

Vzorové příklady

1. Porovnajete množstvo tepelnej energie, ktoré musíte dodať jednotkovému množstvu (hmotnosti) amoniaku a vody pri ich zohriatí z teploty 173,15 K na 400 K pri atmosférickom tlaku. Na výpočet mólovej tepelnej kapacity tuhého amoniaku použite polynóm $c_p / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}) = -0,7955 + 0,2611 \times T/K$. Priemerná hodnota mernej tepelnej kapacity kvapalného amoniaku v rozmedzí od jeho teploty topenia po teplotu varu pri atmosférickom tlaku je $4,7 \text{ kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$. Aký je vplyv voľby referenčného stavu na hodnotu entalpie látky?

2. Vypočítajte entalpiu zmesi voda (kvapalina)–vodná para so suchosťou (t.j. podielom pary v parokvapalnej zmesi) $x = 0,7$ pri tlaku $p = 0,25 \text{ MPa}$. Aká je teplota takejto zmesi? Ako sa zmení entalpia a teplota parokvapalnej zmesi, ak jej suchosť pri nezmenenom tlaku vzrastie na $x = 0,95$? Vypočítané údaje overte pomocou h – s diagramu vodnej pary.

Ako sa musí zmeniť tlak vodnej pary, ktorá je nasýtená pri teplote 100 °C , aby jej suchosť po adiabatycznej vratnej zmene tlaku klesla na hodnotu $x = 0,95$. Vypočítajte na základe tabelovaných hodnôt a porovnajete s údajmi odčítanými v h – s diagrame vodnej pary.

3. Vo výmenníku tepla sa ohrieva etanol nasýtenou vodnou parou ($p = 0,26 \text{ MPa}$). Na ohrev sa spotrebuje 200 kg h^{-1} pary, ktorá vo výmenníku skondenzuje a odchádza pri kondenzačnej teplote. Aké množstvo etanolu sme schopní vo výmenníku ohriať z teploty 20 °C na 75 °C ? Predpokladajte, že v priestoroch výmenníka, v ktorých prúdi etanol, je tlak konštantný a rovná sa atmosférickému tlaku. Straty tepla do okolia sú zanedbateľne malé.

O koľko % by sa zvýšilo množstvo zohriateho etanolu, keby sme vo výmenníku nechali vodnú paru skondenzovať a ochladiť na 60 °C ?

Ako by sa zmenil stav etanolu, keby sme na ohrev pôvodného množstva etanolu použili 250 kg h^{-1} vodnej pary?

4. $40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (normálne podmienky) zmesi acetylén–benzén sa pri atmosférickom tlaku chladí z teploty 150 °C na 40 °C vodou. Zo zmesi, ktorá obsahuje 86 obj. % benzénu sa pri tom má získať čistý benzén. Kondenzácia benzénu však nie je úplná. Obsah benzénu v plynnej fáze po kondenzácii zodpovedá jeho tlaku nasýtených pár. Zistíte, o koľko sa vo výmenníku zvýši teplota chladiacej vody, ak sa na chladenie používa 1000 kg h^{-1} vody. Straty tepla do okolia predstavujú 7 % z celového množstva vymenennej tepelnej energie.

5. Vypočítajte teplotu plameňa pri horení kvapalnej ekvimolárnej zmesi propán–bután o teplote 0 °C . Na spaľovanie sa používa stechiometrické množstvo vzduchu s rovnakou teplotou. Horenie je pri tlaku $0,1 \text{ MPa}$ dokonalé (t.j. na konečné produkty oxidácie). Výhrevnosť propánu a butánu za týchto podmienok je $46,34 \text{ MJ kg}^{-1}$ resp. $47,70 \text{ MJ kg}^{-1}$. Straty tepla do okolia v dôsledku sálenia boli odhadnuté na 55 %.

6. Do pece sa privádza zmes metánu a oxidu uhličitého v molovom pomere 4 : 6. Metán sa pri atmosférickom tlaku spaľuje v plynnej fáze vzduchom. Na spaľovanie sa používa 120 %-ný nadbytok kyslíka. Reakčná entalpia oxidácie metánu pri teplote $273,15 \text{ K}$ má hodnotu $-804,2 \text{ kJ mol}^{-1}$. Plyny na vstupe do pece majú teplotu 200 °C . Za uvedených podmienok sa dosahuje úplná konverzia metánu. Vypočítajte teplotu spalín pri adiabatickom horení tejto zmesi.

7. Metanol sa vyrába zo syntézneho plynu, ktorý obsahuje 1 mol. % dusíka a oxid uhoľnatý s vodíkom v stechiometrickom pomere. Do reaktora sa privádza 420 kmol h^{-1} syntézneho plynu s teplotou 25 °C . V plynnej fáze sa uskutočňuje reakcia, ktorej štandardná reakčná entalpia $\Delta_r H_{298}^{\circ} = -90,8 \text{ kJ mol}^{-1}$. Konverzia oxidu uhoľnatého je 0,728 a teplota reakčnej zmesi na výstupe z reaktora je 300 °C . Mólová tepelná kapacita plyného metanolu je vyjadrená polynomom $c_p / (\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}) = 20,43 + 0,104 T/K - 24,7 \times 10^{-6} (T/K)^2$. Zistíte, či reakčnú zmes treba ohrievať, alebo chladiť. Vypočítajte množstvo vymeneného tepla.

8. Na stavbe rodinného domu sa hasené vápno vyrába zmiešaním páleného vápna a vody. Obidva vstupujúce prúdy majú teplotu 20 °C . Pálené vápno obsahuje 15 hmot. % nečistôt, zvyšok je CaO . Reakčná entalpia hasenia CaO vodou má hodnotu $\Delta_r H_{291} = -81,5 \text{ kJ mol}^{-1}$. Predpokladajte, že oxid vápenatý úplne zreaguje. Straty tepla do okolia predstavujú 20 % z množstva tepelnej energie uvoľnenej pri reakcii. Stredná špecifická tepelná kapacita ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$) hydroxidu vápenatého je 1106, oxidu vápenatého 765 a nečistôt 800. Vypočítajte množstvo vody potrebné na hasenie 40 kg páleného vápna, aby konečná teplota suspenzie bola 75 °C .

9. V tepelnej elektrárni sa pri atmosférickom tlaku spaľuje zemný plyn stechiometrickým množstvom vzduchu. Zemný plyn aj vzduch sa do spaľovacej pece privádzajú pri teplote 15 °C . Spotreba zemného plynu s obsahom

(mólové %) 2 % H₂, 87 % CH₄, 6 % CO, 3 % CO₂ a N₂ je 1500 m³ h⁻¹ (za normálnych podmienok). Za uvedených podmienok je konverzia vodíka 100 %, metánu 95 % a oxidu uhoľnatého 80 % a reakčná entalpia spaľovania jednotlivých zložiek je $\Delta H_c = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$ (H₂), $\Delta H_c = -893 \text{ kJ mol}^{-1}$ (CH₄), $\Delta H_c = -283 \text{ kJ mol}^{-1}$ (CO). Spaliny opúšťajú zariadenie pri teplote 350 °C a straty tepla do okolia predstavujú 17 % z množstva tepelnej energie uvoľnenej reakciami.

Teplo vyrobené spálením zemného plynu sa využíva na výrobu vodnej pary pri tlaku 0.5 MPa a teplote 160 °C. Voda na vstupe do ohrievača má teplotu 10 °C. Vypočítajte množstvo vyrobenej vodnej pary.

Vysokotlaková para sa ďalej používa na výrobu elektrickej energie. Prechodom cez turbínu z vysokotlakovej pary vznikne mokrá para so suchosťou 0,6 pri teplote 100 °C. Vypočítajte množstvo vyrobenej energie za deň, ak je účinnosť turbíny 84 %.

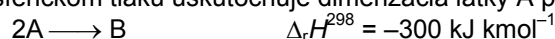
Aká je celková účinnosť využitia chemickej energie zemného plynu v elektrárni?

10. V jednočlennej nepretržite pracujúcej odparke sa zahusťuje 8 kg s⁻¹ vodného roztoku chloridu horečnatého z 12 hmot. % na 35 hmot. % pri atmosférickom tlaku. Ohrevná mokrá vodná para má tlak 400 kPa a suchosť 0,95 a odchádzajúci kondenzát teplotu o 10 °C nižšiu ako je kondenzačná teplota. Hustota zahusteného roztoku v odparke je 1310 kg m⁻³ a výška nad jej dnom je 3,5 m. Teplota privádzaného vodného roztoku chloridu horečnatého do odparky je 20 °C. Straty tepla do okolia predstavujú 3 % z tepla odovzdaného vodnou parou v odparke. Vypočítajte spotrebu ohrevnej pary v kg h⁻¹ a teplo odovzdané vodnou parou v kJ h⁻¹ v odparke.

11. Fenol sa od organických prímiesí čistí kryštalizáciou a oddelením vzniknutých kryštálov filtráciou. 10 kmol h⁻¹ znečisteného fenolu o teplote 120 °C sa chladí vodou. Aká je spotreba chladiacej vody o teplote 15 °C, ak sa má oddeliť 80 % fenolu v tuhej fáze a chladiaca voda sa smie ohriať maximálne o 30 °C. Straty tepelnej energie predstavujú 3 % z množstva, ktoré fenol odovzdá v zariadení. Obsah prímiesí považujte za zanedbateľne malý.

12. Aký podiel vody treba pri atmosférickom tlaku odpariť, aby sa teplota vody znížila zo 40 °C na 30 °C. Na konci deja sa ustáli rovnováha.

13. V kvapalnej fáze sa pri atmosférickom tlaku uskutočňuje dimerizácia látky A podľa reakčnej schémy:



Pred reakciou je teplota zmesi 25 °C. Mólová tepelná kapacita (c_p (kJ kmol⁻¹ K⁻¹)) zložiek je 85 (monomér) a 100 (dimér). Závislosť mólovej zmiešavacej entalpie roztoku pri teplote 25 °C. je vyjadrená rovnicou:

$$\Delta H^M / (\text{kJ kmol}^{-1}) = -15.3 + 0,25x_B,$$

kde x_B je mólový zlomok diméru.

Zistíte rozsah reakcie, ak sa teplota reakčnej zmesi za adiabatických podmienok zvýši o 1 °C. Aké by bolo maximálne zvýšenie teploty reakčnej zmesi?