

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Zavod za reakcijsko inženjerstvo i katalizu

Ana Vrsalović Presečki

„BILANCA TVARI I ENERGIJE“

Seminarski zadatci

Zagreb, 2013./2014.

DESTILACIJA

Zadatak 1. U destilacijskoj koloni se provodi destilacija smjese koja sadrži 50 % etanola, 40 % vode i 10 % metanola. U kolonu se uvodi 100 kg/h smjese, a iz kolone izlazi 60 kg/h destilata koji sadrži 80 % etanola, 5 % vode i 15 % metanola. Treba izračunati masu ostatka L i njegov sastav.

(**R:** $L = 40$ kg/h, $w_{\text{EtOH}} = 5$ %, $w_{\text{H}_2\text{O}} = 92,5$ % i $w_{\text{MeOH}} = 2,5$ %)

Zadatak 2. U destilacijskoj koloni se razdvaja smjesa koja ima sljedeći sastav: 2 % etena, 3 % etana, 5 % propena, 15 % propana, 25 % izobutana, 35 % n-butana i 15 % n-pentana. Treba izračunati sastav destilata i ostatka, ako destilat ne sadrži niti jednu komponentu koja ima više vrelište od propana.

(**R:** Ako se pretpostavi da na ulazu ima $F = 100$ kmol/h smjese, slijedi da je $D = 25$ kmol/h sastava $x_{\text{eten}} = 8$ %, $x_{\text{etan}} = 12$ %, $x_{\text{propen}} = 20$ % i $x_{\text{propan}} = 60$ %, te da je $L = 75$ kmol/h sastava $x_{\text{I-B}} = 33,3$ %, $x_{\text{N-B}} = 46,7$ % i $x_{\text{N-P}} = 20$ %)

APSORPCIJA

Zadatak 3. U postrojenju za proizvodnju plina iz naftne bušotine, gorivi plin se proizvodi tako da se iz prirodnog plina uklone svi viši ugljikovodici od etana. Ovaj proces čišćenja se provodi apsorpcijom viših ugljikovodika u nafti u protustrujnom apsorberu. Prirodni plin iz naftne bušotine sadrži: 77,3 % CH_4 , 14,9 % C_2H_6 , 3,6 % C_3H_8 , 1,6 % izo- i n C_4H_{10} , 0,5 % C_5H_{12} i viših ugljikovodika, te 2,10 % N_2 . Nakon izlaska iz bušotine se ovaj plin uvodi u protustrujnu apsorpcijsku kolonu u kojoj se otapanjem u nafti uklanjaju svi ugljikovodici osim metana, nešto etana i dušika. Čisti plin koji izlazi iz apsorpcijske kolone sadrži 92 % CH_4 , 5,5 % C_2H_6 i 2,5 % N_2 . Ako se u apsorpcijsku kolonu uvodi 52 000 kmola prirodnog plina iz bušotine na dan, a odvodi 1230 kg obogaćene nafte na minutu, čija je srednja (prosječna) molekularna masa $M = 140$ kg/kmol, treba izračunati masu metana (CH_4) koja prolazi kroz apsorber u jednom danu, masu etana (C_2H_6) koja se apsorbira u nafti na dan, te maseni udio propana koji se nalazi u nafti, koja se u jednom danu odvede iz apsorbera.

(**R:** $m_{\text{CH}_4} = 643$ t/d, $m_{\text{C}_2\text{H}_6} = 160$ t/d, $w_{\text{C}_3\text{H}_8} = 4,65$ %)

PRIPREMA OTOPINA

Zadatak 4. Za pripremu 300 kg 28 %-tne sumporne kiseline kojom se pune akumulatori se miješa 95 kg 34 %-tne i 74 kg 15,6 %-tne sumporne kiseline. Treba izračunati koliko je još i koje koncentracije sumporne kiseline potrebno dodati ovoj smjesi dvaju otopina, da se dobije potrebna masa kiseline za punjenje akumulatora.

(R: $m_{30,6\% \text{-tne kiseline}} = 131 \text{ kg}$)

Zadatak 5. 15 %-tna otopina saharoze se dobije razrjeđivanjem 40 %-tne otopine. Gustoća 40 %-tne otopine saharoze je pri 20 °C $\rho = 1,176 \text{ g/ml}$, a 15 %-tne otopine pri istoj temperaturi $\rho = 1,059 \text{ g/ml}$. Treba izračunati volumen 40 %-tne otopine i volumen vode potrebnih za pripremu 30 dm³ 15 %-tne otopine saharoze ($\rho_{\text{voda}} = 0,998 \text{ g/ml}$ pri 20 °C).

(R: $V_{40\% \text{-tna otopina saharoze}} = 10,1 \text{ dm}^3$, $V_{\text{voda}} = 19,9 \text{ dm}^3$)

Zadatak 6. Otopina natrijevog klorida je zasićena pri 15 °C. Treba izračunati masu NaCl koja se može otopiti u 100 kg ove otopine, ako se ona zagrije na 65 °C. Topljivost NaCl je pri 15 °C 6,12 kmol/1000kg vode, a topljivost NaCl je pri 65 °C 6,37 kmol/1000 kg vode.

(R: $m_{\text{NaCl}} = 1,1 \text{ kg}$)

KRISTALIZACIJA

Zadatak 7. Iz 1000 kg otopine kalij bikromata, koja sadrži 13 % K₂Cr₂O₇ ispareno je 640 kg vode, a preostala otopina je hlađena na 20 °C. Treba izračunati masu nastalih kristala K₂Cr₂O₇, ako je topljivost K₂Cr₂O₇ pri 20 °C 0,390 kmol/1000 kg vode.

(R: $m_{\text{kristala}} = 103,6 \text{ kg}$)

Zadatak 8. U kotlastom kristalizatoru se nalazi 10 000 kg zasićene otopine NaHCO₃ pri 60 °C iz koje treba iskristalizirati 500 kg NaHCO₃. Na koju temperaturu otopinu treba ohladiti. Podatci ovisnosti topljivosti NaHCO₃ o temperaturi se nalaze u sljedećoj tablici:

T [°C]	Topljivost [g NaHCO ₃ /100 g H ₂ O]
60	16,4
50	14,5
40	12,7
30	11,1
20	9,6
10	8,2

(R: T = 26,7 °C)

SUŠENJE

Zadatak 9. Nakon što se ekstrahira ulje, riblji kolač se suši u rotacijskoj sušilici. Sirovi kolač sadrži 80 % vode, a produkt (suhi kolač) 60 % proteina. U toku procesa je uklonjeno 100 kg vode. Treba izračunati masu ribljeg kolača koji se stavlja u sušilicu.

(**R:** $m_{\text{riblji kolač}} = 150 \text{ kg}$)

Zadatak 10. Mokri šećer koji sadrži 20 % vode se suši u sušilici u kojoj se uklanja 75 % vode. Treba izračunati sastav šećera na kraju procesa sušenja i masu uklonjene vode po kg osušenog šećera.

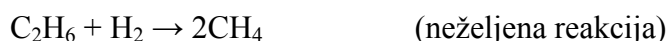
(**R:** šećer na kraju procesa sadrži 6 % vode, tijekom procesa ukloni se 0,18 kg H₂O po kg osušenog šećera)

Zadatak 11. Jagode sadrže 15 % krute tvari i 85 % vode. Pri pravljenju marmelade jagode se miješaju sa šećerom u omjeru 45:55. Smjesa jagoda i šećera se zagrijava pri čemu isparava voda. Nastala marmelada sadrži 33,3 % vode. Treba izračunati koliko je jagoda potrebno za pripremu 1 kg marmelade, te masu otparene vode po kg jagoda.

(**R:** 0,487 kg jagoda/kg marmelade, 0,166 kg vode/kg jagoda)

KEMIJSKE REAKCIJE

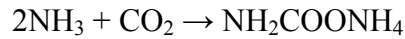
Zadatak 12. Pri dehidriranju etana dolazi do dvije paralelne reakcije:



Nastali produkt sadrži: 35 % C₂H₆, 30 % C₂H₄, 28 % H₂ i 7 % CH₄. Treba izračunati selektivnost i iskorištenje.

(**R:** $S = 4,26 \text{ mol/mol}$, $I = 43,8 \%$)

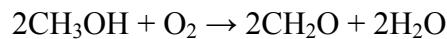
Zadatak 13. Urea se dobiva reakcijom ugljik dioksida s amonijakom u reaktoru pri povišenom tlaku i temperaturi. Oba reaktanta se dovode u reaktor odvojeno u kapljevitom stanju. Prema reakciji, najprije nastaje amonij karbamat, koji se djelomično raspada u ureu i vodu. Reakcija se može predočiti shematski bruto jednadžbama:



Ako smjesa produkata dobivenih reakcijom sadrži 35 % uree, 8 % amonij karbamata, 10,5 % vode i 46,5 % amonijaka, treba izračunati iskorištenje na urei, suvišak amonijaka i masu potrebnih reaktanata za proizvodnju 500 kg uree.

(**R:** $I = 85\%$, $Suvišak = 200\%$, $m_{\text{NH}_3} = 998\text{ kg}$, $m_{\text{CO}_2} = 431\text{ kg}$)

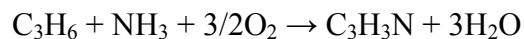
Zadatak 14. Formaldehid se proizvodi katalitičkom oksidacijom metanola zrakom prema reakciji:



Treba izračunati koliko je kilograma i koje koncentracije metanola, te zraka potrebno za proizvodnju 357 kg 37 %-tne otopine formaldehida, ako se tijekom procesa izgubi 13,2 % formaldehida.

(**R:** $m_{55\% \text{-tne otopine metanola}} = 295,5\text{ kg}$, $m_{\text{zraka}} = 350\text{ kg}$)

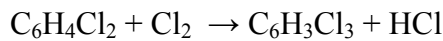
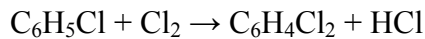
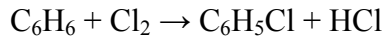
Zadatak 15. Akrilonitril se proizvodi iz propena i amonijaka prema reakciji:



U proces ulazi sirovina koja sadrži 10 % propena, 12 % NH_3 i 78 % zraka. Treba izračunati koliko će se akrilonitrila proizvesti po kmol ulaznog amonijaka, ako je konverzija limitirajućeg reaktanta 30 %, koliko je suvišak dovedenog zraka, te amonijaka.

(**R:** $0,25\text{ kmol C}_3\text{H}_3\text{N/kmol NH}_3$, suvišak zraka = 9,2 %, suvišak NH_3 = 20 %)

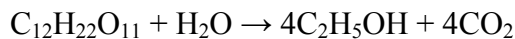
Zadatak 16. Klorbenzen, važno otapalo, proizvodi se u reaktoru u kojemu se plinoviti klor upuhuje u kapljevit benzen u prisustvu željeznog klorida kao katalizatora. Nastali monoklorobenzen se u daljnjim neželjenim reakcijama klorira u diklorbenzen, a ovaj u triklorbenzen. Proces se shematski može prikazati sljedećim jednadžbama:



Sirovina koja se uvodi u reaktor sastoji se od čistog benzena i tehničkog klora koji ima 98 % (maseni) Cl_2 , a ostalo su nečistoće koje imaju prosječnu molarnu masu $M = 25 \text{ kg/kmol}$. Tekući produkt na izlazu iz reaktora sadrži: 65 % benzena, 32 % $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$, 2,5 % $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ i 0,5 % $\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_3$. Plinoviti produkt sadrži HCl i nečistoće dovedene u reaktor s klorom. Treba izračunati suvišak benzena, njegovu konverziju, iskorištenje na monoklorbenzenu, te maseni omjer ulaznog plina i kapljevine.

(**R:** $X_{\text{C}_6\text{H}_6} = 26,9 \%$, Suvišak $\text{C}_6\text{H}_6 = 249 \%$, $I_{\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}} = 90,1 \%$, $r = 0,26 \text{ kg Cl}_2/\text{kg C}_6\text{H}_6$)

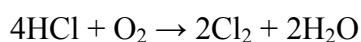
Zadatak 17. Etanol se fermentacijski proizvodi iz saharoze. Ukupan biološki proces se može predočiti jednadžbom:



Treba izračunati koliko je potrebno m^3 14 %-tne otopine saharoze pri $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\rho = 1,114 \text{ kg/dm}^3$) da se proizvede 550 dm^3 96 %-tnog etanola ($\rho = 0,812 \text{ kg/dm}^3$) pri $20 \text{ }^\circ\text{C}$, ako je iskorištenje na etanolu 90 %-tno.

(**R:** $V = 5,7 \text{ m}^3$)

Zadatak 18. Klor se prema Deaconovom procesu proizvodi tako da se smjesa klorovodika i zraka uvodi u katalitički reaktor u kojem pri višoj temperaturi dolazi do reakcije:



Zrak se uvodi u 25 %-tnom suvišku. U procesu se ostvaruje 60 %-tna konverzija HCl. Treba izračunati masu ulaznih plinova, te molarni i maseni sastav izlaznih plinova, kada se proizvodi 120 kg klora.

(**R:** $m_{\text{ulaznih plinova}} = 447,2 \text{ kg}$, sastav izlaznog plina: $x_{\text{Cl}_2} = 12,8 \%$, $x_{\text{H}_2\text{O}} = 12,8 \%$, $x_{\text{HCl}} = 17,1 \%$, $x_{\text{O}_2} = 7 \%$, $x_{\text{N}_2} = 50,3 \%$, $w_{\text{Cl}_2} = 26,8 \%$, $w_{\text{H}_2\text{O}} = 6,8 \%$, $w_{\text{HCl}} = 18,4 \%$, $w_{\text{O}_2} = 6,6 \%$, $w_{\text{N}_2} = 41,5 \%$)

PROCES GORENJA

Zadatak 19. Prirodni plin nepoznatog sastava gori sa zrakom. Analiza je pokazala da u dimnom plinu ima 1,5 % CO, 6 % CO₂, 8,2 % O₂ i 84,3 % N₂, te 0,13 mol vode/mol mokrog plina. Treba izračunati omjer vodika i ugljika u gorivom prirodnom plinu, te procijeniti koji bi to plin mogao biti.

(R: $n_C/n_H = 1/4$, CH₄)

Zadatak 20. Kapljevina koje ima 88 % C i 12 % H₂ u svom sastavu, gori u prisustvu katalizatora pri temperaturi 500 – 900 °C. Nastali dimni plin ima 13,4 % CO₂, 3,6 % O₂ i 83 % N₂. Treba izračunati količinu dimnog (sagorjevnog) plina koji nastaje iz 100 kg kapljevitegoriva, nastalu vodu, te suvišak zraka pri gorenju.

(R: $n_{\text{dimnog plina}} = 54,7$ kmol, $m_{\text{voda}} = 108$ kg, suvišak zraka = 16,9 %)

Zadatak 21. Etan gori sa 50 %-tnim suviškom zraka. Konverzija etana je 90 %. Od etana koji gori 25 % gori nepotpuno dajući CO. Treba izračunati sastav sagorjevnog (dimnog) plina, te molarni omjer vode i suhog sagorjevnog plina.

(R: sastav suhog sagorjevnog plina: $x_{\text{CO}_2} = 5,63$ %, $x_{\text{CO}} = 1,88$ %, $x_{\text{C}_2\text{H}_6} = 0,42$ %, $x_{\text{O}_2} = 9,7$ %, $x_{\text{N}_2} = 82,38$ %, $n_{\text{voda}}/n_{\text{suhii dimni plin}} = 0,113$ mol/mol)

BILANCA ENERGIJE

Zadatak 22. 50 kmol/s zraka treba ohladiti s temperature 430 °C na temperaturu 100 °C. Koliko je za to potrebno vode za hlađenje ako joj je temperatura smije povećati samo za 10 °C? ($c_{p,m}^{\text{zrak}} = 30,05$ kJ/(mol °C))

(R: $V_{\text{voda}} = 1,2 \cdot 10^4$)

Zadatak 23. Zamrzivač za vakuum zamrzavanje pod tlakom, u kojemu se desalanizira morska voda, radi u stacionarnim uvjetima. U zamrzivač dotiče 100 g/s vode s 3,5 % soli pri temperaturi -1 °C, a koncentrirana morska voda s 5,6 % soli, led i 4,7 g/s vodene pare na izlazu iz zamrzivača imaju temperaturu -3 °C. Treba izračunati toplinu koju će zamrzivač izmjeniti s okolinom.

(R: $Q = 235$ J/s)

Zadatak 24. 731 kg/h amonijačnih para se miješa s 11273 kg/h zraka. Amonijačne pare se pri temperaturi 20 °C a zrak pri 230 °C. Srednji specifični toplinski kapacitet amonijačnih para iznosi $c_p = 2,2$ kJ/(kgK), a zraka $c_p = 1,0$ kJ/(kgK). Treba izračunati temperaturu smjese ako nema izmjene topline s okolinom.

(R: $T_{\text{smjesa}} = 476,8$ K)

Zadatak 25. Čiste pregrijane pare amonijaka pri tlaku 26 bara i temperaturi 60 °C (333 K) kondenziraju i prelaze u zasićenu kapljevinu amonijaka. Protok amonijaka je 500 kg/h. Koliko je topline potrebno odvesti ako je specifična entalpija zasićene pare amonijaka pri danom tlaku i temperaturi $\Delta h = 1710,726$ kJ/kg, a kapljevine $\Delta h = 710,081$ kJ/kg. Entalpija isparavanja amonijaka pri tom tlaku i temperaturi je $\Delta h_v = 1000,645$ kJ/kg.

(R: $Q = -5 \cdot 10^5$ kJ/h)

Zadatak 26. Para koja se upotrebljava za zagrijavanje kotlastog reaktora ulazi u grijač (izmjenjivač topline) pri temperaturi 250 °C. Zasićena je i kroz grijač potpuno kondenzira. Reakcijska smjesa u reaktoru apsorbira toplinu iz grijača, a grijač gubi u okolinu toplinu od 1,5 kJ/s. Reaktanti u reaktoru na početku kemijskog procesa imaju temperaturu 20 °C. Na kraju procesa reakcijska smjesa ima temperaturu 100 °C. Ako jedna šarža reakcijske smjese ima masu 150 kg i specifični toplinski kapacitet $c_p = 3,26$ kJ/(kgK), koliko treba kg pare po kg reakcijske šarže za njeno zagrijavanje ako šarža ostaje u reaktoru 1 sat.

(R: $m_{\text{para}}/m_{\text{šarža}} = 0,17$ kg/kg)

Zadatak 27. 21 000 kg/h metanola se grije sa temperature 20 °C na temperaturu 70 °C. Izmjenjivač topline se grije sa 1 000 000 kg/h vruće vode koja na ulazu u izmjenjivač topline ima temperaturu 90 °C. Treba izračunati temperaturu vode na izlazu iz izmjenjivača. ($c_{p,\text{voda (l)}} = 4,186$ kJ/(kgK); $c_{p,\text{M(g)}} = 42,93$ kJ/(kgK).

(R: $T = 344,5$ K)

Zadatak 28. U bazena solane se uvodi 20 t/dan morske vode koja sadrži 3,5 % NaCl i ima temperaturu 25 °C. Treba izračunati koliko je sunčeve topline potrebno da bi se proizvela morska sol ako se voda u potpunosti uklanja iz kristala NaCl. Solana radi 100 dana godišnje, a proces je izoterman. Treba izračunati količinu propana koju je potrebno spaliti da bi se dobila ekvivalentna količina topline ako je toplina nastala gorenjem 1 mola propana $-\Delta H_{c,m}^\circ = 2220$ kJ/mol.

(R: $Q = 4,36 \cdot 10^9$ kJ; $n = 1963$ kmol)

Zadatak 29. U kondenzatoru kondenzira 1000 kg/h n-heptana. Ako se pare n-heptana uvode u kondenzator pri temperaturi 503 K, a kondenzator napuštaju pri temperaturi 303 K treba izračunati količinu vode potrebne za hlađenje. Vodi za hlađenje temperatura se smije povećati za 15 °C.

(R: $m_{\text{voda}} = 11,6$ t/h)

Zadatak 30. 500 kg/h zasićene vodene pare pri temperaturi 200 °C koristi se za zagrijavanje benzena pri atmosferskom tlaku. Zasićena vodena para po prolazu kroz izmjenjivač topline kondenzira. Kapljeviti benzen ulazi u izmjenjivač topline pri temperaturi 25 °C, a napušta ga pri temperaturi 198 °C. Izračunati količinu benzena koja u 1 satu može proći kroz takav izmjenjivač topline.

(R: $n = 18,21$ kmol)

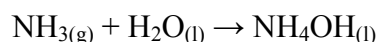
Zadatak 31. U destilacijsku se uvodi 1000 kg/h smjese koja sadrži 10 % acetona, a ostalo je voda. Temperatura smjese na ulazu je 35 °C. Temperatura destilata koji sadrži 99 % acetona na izlazu iz kolone je 100 °C. Destilat se potom uvodi u izmjenjivač topline gdje se hladi vodom na temperaturu od 25 °C. Ostatak koji je čista voda izlazi iz destilacijske kolone pri temperaturi 100 °C. Para koja se upotrebljava za grijanje kolone ima tlak 400 kPa i zasićena je. Vodi koja se upotrebljava za hlađenje destilata temperatura se smije povisiti za 30 °C. Destilacijska kolona radi pri tlaku 1 bar. Treba izračunati potrebnu količinu pare za grijanje kolone i vode za hlađenje destilata.

(R: $m_{\text{para}} = 145,46$ kg; $m_{\text{voda}} = 542,2$ kg)

Zadatak 32. Pri proizvodnji sumporne kiseline se SO₂ oksidira u SO₃ u katalitičkom reaktoru 1. Nastali se SO₃ apsorbira u razrijeđenoj sumpornoj kiselini u reaktoru 2. Plinoviti reaktanti na ulazu u reaktor sadrže 8,7 % SO₂, 9,8 % O₂, a ostatak je N₂. U reakciji se konvertira 80 % SO₂. Plinoviti produkti na izlazu iz reaktora 1 imaju temperaturu 625 °C, a pri ulazu u reaktor 2 moraju imati temperaturu 400 °C. Treba izračunati količinu topline po kg sumpora koju je potrebno odvesti u hladilu koje se postavlja između reaktora 1 i 2.

(R: $Q = -3039$ kJ/kg sumpora)

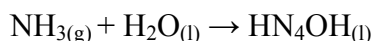
Zadatak 33. Otopina amonijaka se priprema otapanjem plinovitog NH_3 u vodi prema reakciji:



- a) Treba izračunati ukupnu toplinu koju je potrebno odvesti kada se pripravlja 400 dm^3 32 %-tne otopine amonijaka koja ima temperaturu $25 \text{ }^\circ\text{C}$, kao i početne tvari. Standardna molarna entalpija plinovitog amonijaka je $\Delta H_{\text{S,m}} = -34,73 \text{ kJ/mol}$ za 32 %-tnu otopinu amonijaka čija je gustoća $\rho = 0,889 \text{ kg/dm}^3$.
- b) Koliko je potrebno rashladne vode kojoj se temperatura smije povećati za $5 \text{ }^\circ\text{C}$ da se odvede ta količina topline.

(R: a) $Q = -2,32 \cdot 10^5 \text{ kJ}$; b) $V_{\text{voda}} = 11 \text{ m}^3$)

Zadatak 34. Otopina amonijaka se priprema otapanjem plinovitog NH_3 u vodi prema reakciji:



10,5 %-tna otopina amonijaka ima srednji specifični toplinski kapacitet $c_p = 4,261 \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$ i gustoću $\rho = 0,955 \text{ g/cm}^3$. Ukupna toplina koja se oslobađa prilikom otapanja amonijaka pri pripravi 100 dm^3 ove otopine iznosi $Q = -20069 \text{ kJ}$. Kako je sustav adijabatski ova toplina se ne izmjenjuje s okolinom. Treba izračunati konačnu temperaturu otopine, ako je temperatura vode i amonijaka na početku otapanja $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

(R: $T = 74,3 \text{ }^\circ\text{C}$)

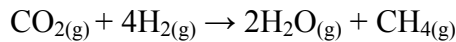
Zadatak 35. Treba izračunati temperaturu 30 kg 30 %-tne otopine H_2SO_4 koju je potrebno dovesti u izolirani tank i pomiješati sa 100 kg H_2O pri temperaturi $5 \text{ }^\circ\text{C}$ da se dobije razrijeđena otopina H_2SO_4 temperature $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Dani su sljedeći toplinski kapaciteti; $c_{\text{p,H}_2\text{O}(\text{l})} = 4,184 \text{ kJ/(kg}^\circ\text{C)}$ i $c_{\text{p,H}_2\text{SO}_4(\text{aq})} = 2,51 \text{ kJ/(kg }^\circ\text{C)}$

(R: $T = 128,6 \text{ }^\circ\text{C}$)

Zadatak 36. Treba izračunati količinu topline nastalu miješanjem 100 kg $\text{NaOH}(\text{s})$ pri $20 \text{ }^\circ\text{C}$ sa 1000 kg H_2O pri $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Ako je temperatura nastale otopine $25 \text{ }^\circ\text{C}$ koliko je vode za hlađenje potrebno ako joj se temperatura smije povisiti za $15 \text{ }^\circ\text{C}$. ($c_{\text{p,H}_2\text{O}(\text{l})} = 4,184 \text{ kJ/(kg}^\circ\text{C)}$ i $c_{\text{p,NaOH}(\text{s})} = 6,14 \text{ kJ/(kg }^\circ\text{C)}$)

(R: $V = 2,7 \text{ m}^3$)

Zadatak 37. Reakcija u plinskoj fazi



se provodi uz 100 %-tnu konverziju. U reaktor se uvodi 1 mol CO_2 i 4 mola H_2 . Treba izračunati količinu topline koja se treba odvesti ili dovesti iz reaktora da temperatura plinova koji ulaze i izlaze iz reaktora bude $500\text{ }^\circ\text{C}$.

(**R:** $Q = -187,45\text{ kJ}$)

Zadatak 38. Dehidriranjem etanola se dobiva acetaldehid u adijabatskom kemijskom reaktoru prema reakciji:

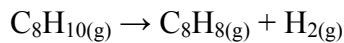


za koju je standardna reakcijska entalpija $\Delta H_{r,m}^\circ (25\text{ }^\circ\text{C}) = 69,31\text{ kJ/mol}$. Pare etanola se uvode u reaktor pri $300\text{ }^\circ\text{C}$. U reaktoru se ostvaruje 30%-tna konverzija.

Treba izračunati temperaturu nastalih produkata.

(**R:** $T = 91\text{ }^\circ\text{C}$)

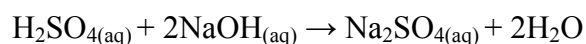
Zadatak 39. Etil-benzen se pretvara u stiren katalitičkim dehidriranjem na temperaturi $600\text{ }^\circ\text{C}$. Reakcija se shematski može prikazati sljedećom jednačbom:



Za ovu reakciju je reakcijska entalpija pri $600\text{ }^\circ\text{C}$ $\Delta H_r = 124,5\text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{v,m} = 36\text{ kJ/mol}$. U reaktoru se ostvaruje 35 %-tna konverzija etil-benzena. U reaktor se uvodi etil-benzen pri $25\text{ }^\circ\text{C}$, a izlaze produkti pri $600\text{ }^\circ\text{C}$. Treba izračunati ukupnu toplinu koju će reaktor izmijeniti s okolinom pri proizvodnji 120 kg/h stirena.

(**R:** $Q = 4,89 \cdot 10^5\text{ kJ/h}$)

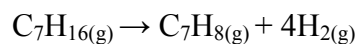
Zadatak 40. 10 %-tna vodena otopina H_2SO_4 pri $40\text{ }^\circ\text{C}$ se neutralizira sa 20 %-tnom vodenom otopinom NaOH koja ima temperaturu $25\text{ }^\circ\text{C}$ u reaktoru. Reakcija neutralizacije se shematski može se predočiti jednačbom:



Treba odrediti toplinu koju je potrebno odvesti iz reaktora po kilogramu otopine H_2SO_4 da produkt ima temperaturu $35\text{ }^\circ\text{C}$.

(**R:** $Q = 137,2\text{ kJ/kg}$ otopine H_2SO_4)

Zadatak 41. Toluen se proizvodi iz n-heptana prema reakciji:



uz $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ katalizator. Konverzija heptana je 15 %. Treba izračunati koliko je topline potrebno dovesti ili odvesti iz reaktora po kg heptana da reaktor radi izotermno pri 425 °C. Referentna temperatura je 25 °C.

(R: $Q = 392$ kJ/kg n-heptana)