

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

**Đurđa Vasić-Rački: ZBIRKA RJEŠENIH ZADATAKA:**  
**"BILANCA TVARI I ENERGIJE "**

**Zagreb, 2003**

**Zadatak 1:** Smjesa koja sadrži 50 % etanola, 40 % vode i 10 % metanola se destilira u destilacijskoj koloni. Ako destilat sadrži 91 % etanola i 9 % vode, a ostatak 22 % metanola i 78 % vode treba izračunati koliko će nastati ostatka po kg destilata, kada se destilira 150 kg smjese. (**R:**  $W/D = 0.82$  kg ostatka/kg destilata)

**Zadatak 2:** Apsorpcija plina se primjenjuje pri uklanjanju amonijaka iz zraka. Kapljevina koja ulazi na vrhu apsorpcijske kolone je čista voda. Zrak koji se uvodi pri tlaku od 30 atm i 30 °C s dna kolone, sadrži 5,5 % amonijaka. Amonijak se potpuno apsorbira u vodi pri prolazu zraka kroz kolonu. Ako u proces ulazi 200 m<sup>3</sup>/h zraka, a iz procesa izlazi 40 %-tna otopina amonijaka, treba izračunati masu izdvojenog amonijaka, masu pročišćenog zraka i za to potreban volumen vode u jednom satu. (**R:**  $m_{\text{NH}_3} = 223$  kg,  $m_{\text{zraka}} = 6528$  kg,  $V_{\text{H}_2\text{O}} = 334$  dm<sup>3</sup>)

**Zadatak 3:** Jedan od načina proizvodnje čistog N<sub>2</sub> je da se iz sagorjavnog plina u kojemu nema O<sub>2</sub> ukloni CO<sub>2</sub> apsorpcijom u lužini (NaOH). Plin koji sadrži 20 % CO<sub>2</sub> i 80 % N<sub>2</sub> se uvodi u apsorpcijski toranj koji se poji s 20 %-tnom NaOH. Treba izračunati masu 20 %-tne NaOH koja je potrebna da se potpuno ukloni CO<sub>2</sub> iz 300 m<sup>3</sup>/h sagorjavnog plina pri 18 °C i tlaku 100 kPa, ako se upotrebljava NaOH u 20 %-tnom suvišku, te masu Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> koji nastaje po m<sup>3</sup>/h proizvedenog N<sub>2</sub>, ako su temperatura i tlak na izlazu jednaki onima na ulazu. (**R:**  $m_{20\% \text{-tne NaOH}} = 1190$  kg,  $1,1$  kg Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> N<sub>2</sub>)

**Zadatak 4:** Koliko treba otopine CaCl<sub>2</sub>, koja sadrži 62 kg CaCl<sub>2</sub> / 100 kg vode da bi se u njoj otopilo 250 kg CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O čija je topljivost pri 25 °C 7,38 kmola/1000 kg vode. (**R:**  $m_{\text{CaCl}_2} = 209$  kg)

**Zadatak 5:** Sumporna kiselina kojom se pune akumulatori je 18,63 %-tna. Koliko je potrebno 10 %-tne kiseline i koliko će se 18,63 %-tne kiseline pripremiti, ako se 10 %-tna kiselina miješa s 500 kg 75 %-tne sumporne kiseline? (**R:**  $m_{10\% \text{-tne H}_2\text{SO}_4} = 3266$  kg;  $m_{18,63\% \text{-tne H}_2\text{SO}_4} = 3766$  kg)

**Zadatak 6:** Čisti  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  se priprema prekrizacijom iz zasićene otopine  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ . Zasićena otopina  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  ima topljivost pri  $90\text{ }^\circ\text{C}$   $30,6\text{ g}/100\text{ g}$  vode, a pri  $20\text{ }^\circ\text{C}$   $8,6\text{ g}/100\text{ g}$  vode. Ako se za pripravu zasićene otopine pri  $90\text{ }^\circ\text{C}$  uzme  $1200\text{ kg}$   $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , treba izračunati masu potrebne vode i masu čistih kristala  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  koji će nastati ako se zasićena otopina ohladi na  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Koliki je gubitak na  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ?

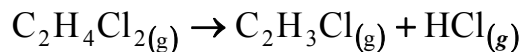
(R:  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 3922\text{ kg}$ ;  $m$  kristala =  $862\text{ kg}$ ; Gubitak na  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = 28\%$ )

**Zadatak 7.:** U isparivač se uvodi  $8000\text{ kg/h}$   $7\%$ -tne otopine soli ( $\text{NaCl}$ ) koja se mora koncentrirati tako da iz isparivača izlazi  $40\%$ -tne otopina. Treba izračunati masu otparene vode po  $\text{kg}$  ulazne otopine i masu proizvedene  $40\%$ -tne otopine.

(R:  $m_{40\% \text{-tne otopine}} = 1400\text{ kg/h}$ ;  $0,825\text{ kg}$  otparene vode/ $\text{kg}$  otopine soli)

**Zadatak 8:** Mokra papirna pulpa sadrži  $71\%$  vode. U procesu sušenja se iz nje uklanja  $60\%$  vode. Treba izračunati sastav suhog papira, te masu uklonjene vode po  $\text{kg}$  papirne pulpe. (R: suhi papir ima  $49\%$  vode;  $0,43\text{ kg}$  vode se ukloni/ $\text{kg}$  pulpe)

**Zadatak 9:** Vinil-klorid se proizvodi pirolizom iz 1,2-dikloretana prema reakciji



Ako se proizvodi  $5000\text{ kg/h}$  vinil-klorida uz  $55\%$ -tnu konverziju reaktanta, koliko je potrebno  $\text{kg/h}$  1,2-dikloretana i koliko  $\text{kg/h}$  nastaje kloridne kiseline ( $\text{HCl}$ ) ?

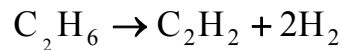
(R:  $m_{\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2, \text{ulaz}} = 14367\text{ kg/h}$ ;  $m_{\text{HCl}, \text{izlaz}} = 2902\text{ kg/h}$ )

**Zadatak 10:** U proizvodnji sumporne kiseline se  $\text{SO}_2$  oksidira u  $\text{SO}_3$  u katalitičkom reaktoru. Nastali  $\text{SO}_3$  se apsorbira u razrijeđenoj sumpornoj kiselinu i tako nastaje koncentrirana sumporna kiselina. Plinoviti reaktanti koji ulaze u prvi reaktor sadrže  $8,7\%$   $\text{SO}_2$ ,  $9,8\%$   $\text{O}_2$ , a ostalo je dušik. U reakciji konvertira  $80\%$   $\text{SO}_2$ . Treba izračunati sastav izlaznih plinova te masu  $\text{SO}_3$  koja nastaje po  $\text{kg}$  uvedenog  $\text{SO}_2$ .

(R:  $\text{SO}_2$   $1,8\%$ ;  $\text{SO}_3$   $7,2\%$ ;  $\text{O}_2$   $6,5\%$ ;  $\text{N}_2$   $84,4\%$ ; nastaje  $1\text{ kg}$   $\text{SO}_3/\text{kg}$   $\text{SO}_2$ )

**Zadatak 11:** 10 %-tna otopina H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> koja ima temperaturu 40 °C se neutralizira s 20 %-tnom vodenom otopinom NaOH koja ima temperaturu 25 °C u kotlastom protočnom reaktoru. Treba izračunati masu nastale soli i vode, te masu potrebne lužine po kg sulfatne kiseline koju treba neutralizirati, kao i molarne omjere otapala i otopljene tvari za svaki procesni tok. (**R:**  $m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 0,145 \text{ kg}$ ;  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 1,23 \text{ kg}$ ; 0,408 kg 20 %-tne NaOH/kg 10 %-tne H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $r = 49,02 \text{ H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$ ;  $r = 8,9 \text{ NaOH}/\text{H}_2\text{O}$ ;  $r = 68,3 \text{ Na}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$ )

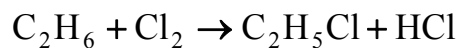
**Zadatak 12:** Etan se dehidrira u acetylen i vodik u reaktoru za dehidriranje u kojemu se postiže 80 %-tna konverzija etana. Produkti reakcije su acetylen i vodik, a reakcija se može predočiti shematski jednadžbom:



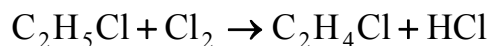
Treba izračunati izlazni maseni protok acetilena, maseni omjer vodika i acetilena, te sastav izlaznog plina, ako se u reaktor uvodi 150 kmola/h čistog etana.

(**R:**  $q_{\text{C}_2\text{H}_2, \text{izlaz}} = 3120 \text{ kg/h}$ ;  $r = 0,15 \text{ kg H}_2/\text{kg C}_2\text{H}_2$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 7,7 \%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_2 = 30,8 \%$ ;  $\text{H}_2 = 61,5 \%$ )

**Zadatak 13:** Etan se klorira u kontinuiranom procesu u reaktoru. Proces se može predočiti jednadžbom



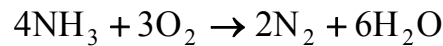
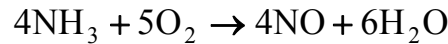
Dio monokloretana se dalje klorira u nepoželjnoj reakciji



Ako je konverzija etana 13 %, a selektivnost je 13,3 mola C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl/molu C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub> treba izračunati količinu C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub> nastalu iz 100 kmola C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl, sastav izlaznog produkta ako u njemu nema klora, te količinu potrebnog etana.

(**R:** 7,52 kmola/100 kmola C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl;  $n_{\text{C}_2\text{H}_6, \text{ulaz}} = 769,2 \text{ kmola}$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 75,7 \%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} = 11,3 \%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 = 0,9 \%$ ;  $\text{HCl} = 12,1 \%$ )

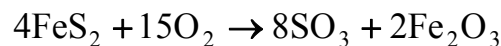
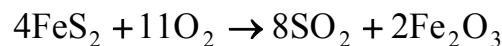
**Zadatak 14:** Amonijak se katalitički oksidira pri 600 °C uz suvišak zraka prema reakcijama:



95 % amonijaka prelazi u dušik monoksid, a 5 % u dušik. Ako se 33,0 t amonijaka oksidira s 60 %-tnim suviškom zraka treba izračunati masu dovedenog zraka i maseni sastav plinova na kraju oksidacije.

(**R:**  $m_{\text{zraka}} = 536 \text{ t}$ ;  $\text{NO} = 9,8 \%$ ;  $\text{N}_2 = 72,5 \%$ ;  $\text{O}_2 = 8,5 \%$ ;  $\text{H}_2\text{O} = 9,2 \%$ )

**Zadatak 15:** Za proizvodnju sulfatne kiseline kontaktnim postupkom najprije se u peći za prženje (reaktor 1) čisti pirit ( $\text{FeS}_2$ ) prži sa zrakom. Ovaj proces se može predočiti reakcijama:

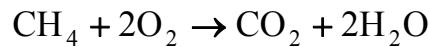


Nastali plinovi se uvode u reaktor (reaktor 2) u kojemu se provodi katalitička oksidacija sumpor (IV) oksida na Pt katalizatoru. Ako u reaktoru 1, 15 % pirita propada kroz roštilj, a pirit se prži uz 40 %-tni suvišak zraka koliko je potrebno dovesti zraka na svakih 100 kg pirita. Koji je maseni sastav izlaznih plinova iz reaktora 1, ako se u njemu 40 % sumpora oksidira u  $\text{SO}_3$ . (**R:** 513,5 kg zraka/100 kg pirita;  $\text{SO}_2 = 10,1 \%$ ;  $\text{SO}_3 = 8,4 \%$ ;  $\text{O}_2 = 8,8 \%$ ;  $\text{N}_2 = 72,7 \%$ )

**Zadatak 16:** Čisti tekući metanol (100 %-tni) sagorjeva sa 100 %-tnim suviškom zraka. Treba izračunati sastav izlaznih plinova (**R:**  $\text{CO}_2 = 6,3 \%$ ;  $\text{H}_2\text{O} = 12,7 \%$ ;  $\text{O}_2 = 9,5 \%$ ;  $\text{N}_2 = 71,5 \%$ )

**Zadatak 17:** 120 kmola propana se uvodi u peć za gorenje zajedno sa 4284 kmola zraka. Kao produkti gorenja nastaju CO i  $\text{CO}_2$ , a sav propan ne izgori potpuno. Treba izračunati prisutan suvišak zraka i masu dimnog plina koji nastaje gorenjem. (**R:** Suvišak zraka = 50 %;  $m_{\text{dimnog plina}} = 129\,516 \text{ kg}$ )

**Zadatak 18:** Metan se oksidira kisikom prema reakciji



Kada je oksidacija potpuna nastali plin sadrži 22,2 % CO<sub>2</sub>, 4,4 % O<sub>2</sub> i 73,4 % N<sub>2</sub>. Treba izračunati sastav zraka upotrebljenog za oksidaciju ! (**R:** O<sub>2</sub> = 39,9 %; N<sub>2</sub> = 50,1 %)

**Zadatak 19:** Plin koji sadrži 80 % metana (CH<sub>4</sub>) i 20 % dušika gori s 25 %-tnim suviškom zraka. Proces gorenja je potpun. Treba izračunati sastav mokrog i suhog izlaznog plina. (**R:** mokar plin - CO<sub>2</sub> = 7,6 %; O<sub>2</sub> = 3,8 %; H<sub>2</sub>O = 15,2 %; N<sub>2</sub> = 73,4 %; suh plin - CO<sub>2</sub> = 8,97 %; O<sub>2</sub> = 4,48 %; N<sub>2</sub> = 86,55 %)

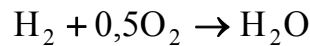
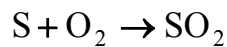
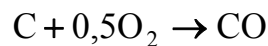
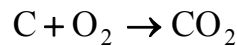
**Zadatak 20:** Analiza ugljena je pokazala da ugljen sadrži 74 % C, a da dimni (sagorjevni) plinovi nastali gorenjem ovog ugljena imaju 12,4 % CO<sub>2</sub>, 1,2 % CO, 5,7 % O<sub>2</sub> i 80,7 % N<sub>2</sub>. Treba izračunati masu ugljena koja je potrebna za gorenje da bi nastalo 100 kmola dimnog plina; postotak dovedenog suviška zraka i masu zraka dovedenog po kg ugljena. (**R:**  $m_{\text{ugljen}} = 221 \text{ kg}$ ; suvišak zraka = 37,3 %; 12 kg zraka dovedeno/ kg ugljena)

**Zadatak 21:** Gorivo koje sadrži etan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) i metan (CH<sub>4</sub>) gori u peći sa zrakom koji je obogaćen kisikom i sadrži 50 % (molarni) O<sub>2</sub>. Orsatova analiza je pokazala da sagorjevni (dimni) plin sadrži 25 % CO<sub>2</sub>, 60% N<sub>2</sub> i 15 % O<sub>2</sub>. Treba izračunati sastav goriva, masu dovedenog zraka i količinu dovedenog zraka po kmolu goriva. (**R:** C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> = 66,7 %; CH<sub>4</sub> = 33,3 %;  $m_{\text{zraka}} = 3480 \text{ kg}$ ; 3,2 kmola zraka dovedenog/ kmolu goriva)

**Zadatak 22:** Ugljen koji sadrži 81 % ugljika i 6 % vodika sagorjeva s 30 %-tnim suviškom zraka. Ostatak ugljena je inertni materijal (kamen). Treba izračunati masu zraka po kg ugljena koja je potrebna za gorenje, te maseni sastav sagorjivnih plinova uz pretpostavku da ugljen potpuno izgori. (**R:** 14,8 kg zraka potrebno/kg ugljena; CO<sub>2</sub> = 19,04 %; H<sub>2</sub>O = 3,46 %; O<sub>2</sub> = 5,06 %; N<sub>2</sub> = 72,44 %)

**Zadatak 23:** Gorivo ulje ( $C_{18}H_{36}$ ) gori s 50 %-tnim suviškom suhog zraka. Sagorjevni plinovi se suše da bi se iz njih uklonila sva voda. Rezultati analize sagorjelih plinova su pokazali da se u njima  $CO_2$  i CO nalaze u molarnom omjeru 2. Koji je sastav sagorjelih plinova i koliko će plinova izlaziti iz peći u  $m^3/h$ , ako je molarni volumen sagorjelih plinova  $V_m = 12,8 m^3/kmolu$  pri 540 K i tlaku od 1 bara, te ako gori 5000 kg/h gorivog ulja. (**R:**  $O_2 = 8,8 \%$ ;  $N_2 = 81,5 \%$ ;  $CO_2 = 6,4 \%$ ;  $CO = 3,2 \%$ ;  $q_v = 47\,360 m^3/h$ )

**Zadatak 24:** U nekoj peći treba spaliti 25 kg ugljena koji sadrži 10,8 % vlage, 9,0 % pepela, 75,3 % C, 4,0 % H, 4,3 % S, 13,4 % O i 1,2 % N. Zrak se dovodi u 56 %-tnom suvišku. 97 % ugljika gori do  $CO_2$ , a ostatak do CO. Sav sumpor sagorjeva u  $SO_2$ , a vodik u vodu koja izlazi sa sagorjevnim (dimnim) plinom kao vodena para. Treba izračunati masu dovedenog zraka, te maseni sastav mokrog sagorjelog plina. Proces gorenja se može predočiti slijedećim jednažbama:



(**R:**  $m_{zraka, ulaz} = 296 kg$ ;  $CO_2 = 16,1 \%$ ;  $CO = 0,3 \%$ ;  $SO_2 = 0,7 \%$ ;  $H_2O = 3,7 \%$ ;  $O_2 = 7,9 \%$ ;  $N_2 = 71,3 \%$ )

**Zadatak 25:** Ugljen koji sadrži 5 % vlage, 10 % pepela i 76 % ugljika gori sa zrakom pri čemu nastaje sagorjevni plin sastava: 12 %  $CO_2$ , 2 % CO, 5 %  $O_2$  i 81 %  $N_2$ . Treba izračunati količinu plina koja nastaje iz 100 kg ugljena, ako 8,0 % ugljena propadne kroz rešetku i ne sagori. (**R:**  $n_{plina} = 41,6 kmol$ )

**Zadatak 26:** Generatorski plin dobiven iz koksa masenog sastava:  $CO_2$  5,4 %; CO 27,3 %;  $O_2$  0,6 % i  $N_2$  66,7 % sagorjeva s 20 %-tnim suviškom zraka. Ako je gorenje 98 %-tno treba izračunati masu izlaznog plina i njegov maseni sastav kada gori 100 kg generatorskog plina, te za to potrebnu masu zraka. (**R:**  $m_{plina, izlaz} = 177,75 kg$ ;  $CO_2 = 26,7 \%$ ;  $CO = 0,3 \%$ ;  $O_2 = 1,9 \%$ ;  $N_2 = 71,1 \%$ ;  $m_{potrebnog\ zraka} = 77,75 kg$ )

**Zadatak 27:** Koks koji sadrži 97 % C i 7 % pepela gori uz suvišak zraka pri čemu nastaje sagorjevni plin slijedećeg sastava: 12,5 % CO<sub>2</sub>; 2,1 % CO; 7,3 % O<sub>2</sub> i 78,1 % N<sub>2</sub>. Treba izračunati potrebni suvišak zraka za gorenje koksa. (**R:** Suvišak zraka = 43 %)

**Zadatak 28:** Smjesa koja sadrži 40 % (mol) benzena i 60 % (mol) toluena se razdvaja u destilacijskoj koloni. Pare na izlazu s vrha kolone koje sadrže 95 % benzena kondenziraju i zatim se razdvajaju u dva jednaka toka. Jedan kao destilat koji sadrži 90 % benzena koji je ušao u destilacijsku kolonu, izlazi iz kondenzatora, a drugi se vraća kao refluks u kolonu. Ostatak koji izlazi na dnu kolone odlazi u isparivač u kojemu se ispari 45 % kapljevine koja se ponovo vraća na dnu u kolonu, a preostali dio izlazi kao kapljeviti ostatak. Sastav tokova koji napuštaju isparivač se može predočiti slijedećom relacijom

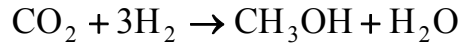
$$\frac{y_B}{(1 - y_B)} = 2,25 \frac{x_B}{(1 - x_B)}$$

gdje je  $x_B$  molni udio benzena u kapljevini, a  $y_B$  je molni udio benzena u isparenoj kapljevini. Ako u destilacijsku kolonu ulazi 100 kmola smjese treba izračunati količinu destilata, ostatka, pare koja recirkulira na dnu kolone i sastav kapljevitoz ostatka koji izlazi na dnu kolone. (**R:** Destilat = 37,9 kmola; Ostatak = 62,1 kmola; Para = 50,8 kmola; Sastav kapljevitoz ostatka na dnu kolone: 6,4 % benzena i 93,6 % toluena)

**Zadatak 29:** Akrilamid se ekstrahira vodom iz smjese akrilamid/benzen, jer je topljiviji u vodi negoli u benzenu. Kako se benzen i voda uopće ne miješaju, moguće je razdvajanjem organske i vodene faze potpuno ekstrahirati akrilamid iz smjese akrilamid/benzen. Ako se 100 kg 20 % akrilamida miješa s čistom vodom u tanku s miješalom, a zatim se u separatoru razdvajaju organska i vodena faza pri čemu organska faza sadrži 1 %, a vodena 60 % akrilamida, koji se omjer vode i benzena mora uvoditi u tank za miješanje. (**R:**  $r = 0,16$  kg vode/kg benzena)



**Zadatak 30:** Sinteza metanola se provodi pod visokim tlakom prema reakciji vodika i ugljik dioksida



Vodik i ugljik dioksid koji reagiraju se proizvode iz prirodnog plina i zato sadrže 0,5 % v/v inerta I. Konverzija po jednom prolazu kroz reaktor u kojem se provodi sinteza iznosi 60 %. Koncentracija inerta koji ulazi u reaktor ne smije biti veća od 2 %. U separatoru se nastali metanol i voda potpuno razdvajaju od neproreagiranih plinova  $\text{CO}_2, \text{H}_2$  i I. Svi tokovi se ponašaju kao idealni plin. Treba izračunati omjer recirkulacije, te omjer količine neproreagiranih ulaznih plinova koji se ispuštaju iz procesa i količine plinova u svježoj sirovini. (**R:** Omjer recirkulacije = 0,527;  $r = 0,102$  kmola plinova koji se ispuštaju iz procesa/kmolu plina u svježoj sirovini)

**Zadatak 31:** U procesu proizvodnje uree, 4000 kg/h sirovog produkta, koji sadrži 10 % NaOH, 70 % vode i 20 % uree, se uvodi u separator u kojemu se izdvaja lužina. Nakon separatora se otopina uree uvodi u sušnicu u kojoj se otpara 9000 kg/h vode i proizvodi 500 kg/h suhe uree. Ako se sva otparena voda vraća u separator treba izračunati omjer recirkulacije, te masu i sastav lužine koja se izdvaja u separatoru. (**R:** Omjer recirkulacije = 2,25;  $m_{\text{lužine}} = 3500$  kg; 11,4 % NaOH)

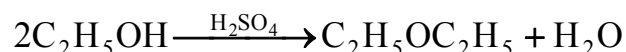
**Zadatak 32:** U proces, u kojemu se razdvajanje NaCl i KCl provodi u dva stupnja, uvodi se 18 400 kg/h otopine koja sadrži 10 % NaCl i 3 % KCl. U isparivaču se najprije djelomično otpari voda i izdvoje kristali NaCl-a, a zatim se u kristalizatoru odvoje kristali KCl-a. Ostatak otopine se ponovo vraća u proces. Otopina koja izlazi iz isparivača sadrži 16,8 % NaCl-a i 21,6 % KCl-a, a otopina u povratnom toku 18,9 % NaCl-a. Treba izračunati masu kristala NaCl-a i KCl-a, masu otparene vode i masu otopine koja se ponovo vraća u proces, te omjer recirkulacije. (**R:**  $m_{\text{kristala NaCl}} = 1789$  kg/h;  $m_{\text{kristala KCl}} = 552$  kg/h;  $m_{\text{vode}} = 16059$  kg/h;  $R_{\text{otopina koja se vraća}} = 2004$  kg/h; Omjer recirkulacije = 0,11)

**Zadatak 33:** Kalijev sulfat se proizvodi iz otopine svoje soli u procesu s povratnim tokom. Svježa sirovina sadrži 18 %  $K_2SO_4$ . Nakon kristalizatora smjesa se odvodi na filter na kojemu se odvaja filterski kolač koji sadrži 10 kg kristala  $K_2SO_4$ /kg 40 %-tne otopine, od 40 %-tne otopine  $K_2SO_4$ , koja se vraća ponovo u proces. Filterski kolač zatim odlazi u isparivač u kojemu se uklanja 42,66 % vode. Ako se u isparivaču uklanja 155 kg vode/min treba izračunati masu nastalih kristala i njihov sastav, masu dovedene svježe otopine i omjer recirkulacije. (**R:**  $m_{\text{kristala}} = 6451$  kg; sastav: 3,2 %  $H_2O$ ;  $m_{\text{svježe sirovine}} = 6606$  kg; Omjer recirkulacije = 0,04)

**Zadatak 34:** U posljednjem stupnju procesa kojim se proizvodi nitratna kiselina ( $HNO_3$ ), ova kiselina se mora koncentrirati s 60 %-tne na 99 %-tnu. Proces koncentriranja se provodi uklanjanjem vode pomoću koncentrirane sulfatne kiseline u koloni za dehidraciju. Sulfatna kiselina koja izlazi iz kolone je 60 %-tna. Ova kiselina ulazi u isparivač u kojem se isparava voda. Kiselina na izlazu iz isparivača je 93 %-tna i kao takva se ponovo vraća u kolonu za dehidraciju. Treba izračunati povratni tok 93 %-tne sulfatne kiseline, masu otparene vode i masu 60 %-tne  $HNO_3$  koja se uvodi u kolonu za dehidraciju, ako se u koloni proizvodi 100 kg/h 99%-tne  $HNO_3$ . (**R:**  $R_{H_2SO_4} = 118$  kg;  $m_{\text{otparene vode}} = 65$  kg;  $m_{60\%-tne HNO_3, ulaz} = 165$  kg)

**Zadatak 35:** Pri sušenju drva vruć zrak koji se upotrebljava mora sadržavati 2 % (masenih) vode, da se spriječi prebrzo sušenje drva, zbog čega drvo može pucati. Svjež zrak koji se uvodi u sušnicu sadržava 1 % (maseni) vode. Mokro drvo sadrži 20 % vode, a osušeno 5 % vode. Mokr zrak koji napušta sušnicu sadrži 4 % (maseni) vode. Treba izračunati masu mokrog zraka koji se vraća u sušnicu, ako se na sat suši 1 tona mokrog drveta! (**R:**  $m_{\text{mokrog zraka koji se vraća}} = 2528$  kg/h)

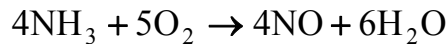
**Zadatak 36:** Dietil eter se proizvodi dehidracijom etanola u prisustvu sulfatne kiseline prema reakciji



u procesu s povratnim tokom. U proces se uvodi 95 %-tni etanol, a u separatoru se izdvaja 1200 kg/h čistog dietil-etera. Povratnim tokom se u proces vraća 92 % tni etanol.

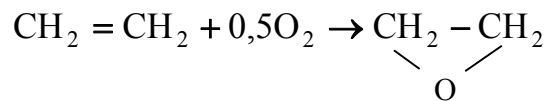
Ako se u reaktoru postigne 87 %-tna konverzija po jednom prolazu treba izračunati masu svježe sirovine (95 %-tni etanol), koja se uvodi u proces i masu povratnog toka (92 %-tni etanol). (**R:**  $m_{95\%-tni\ etanol, ulaz} = 1567\text{ kg}$ ;  $m_{povratnog\ toka\ (92\%-tni\ etanol)} = 242\text{ kg}$ )

**Zadatak 37:** Za jeftinu proizvodnju NO, plinoviti čisti amonijak ( $\text{NH}_3$ ) se oksidira s 20 %-tnim suviškom  $\text{O}_2$  prema reakciji



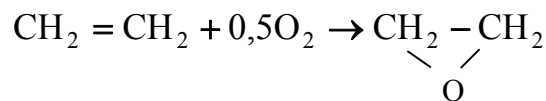
Konverzija amonijaka u reaktoru je 70 %. Dušik (II) oksid (NO) se razdvaja u separatoru od neproreagirano amonijaka, koji se čisti vraća u proces. Treba izračunati masu NO koja će se proizvoditi ako se u proces uvodi 100 kmola svježeg čistog amonijaka, te masu  $\text{NH}_3$  u povratnom toku. (**R:**  $m_{\text{NO}} = 3000\text{ kg}$ ;  $m_{\text{NH}_3\ \text{u\ povratnom\ toku}} = 729\text{ kg}$ )

**Zadatak 38:** Etilenoksid se dobiva oksidacijom etena u procesu s povratnim tokom prema reakciji:



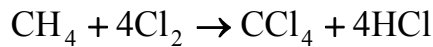
Proces razdvajanja produkta od reaktanata koji nisu reagirali je potpun. Konverzija etena po jednom prolazu u procesu je 50 %. U proces se uvode reaktanti u stehiometrijskom omjeru. Treba izračunati omjer recirkulacije kada se sav neproreagirani eten vraća ponovo u proces, a povratni tok sadrži 66,7 % etena. (**R:** Omjer recirkulacije = 1)

**Zadatak 39:** Etilen oksid se proizvodi u postupku s povratnim tokom prema reakciji



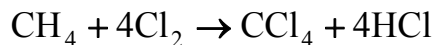
Eten i zrak se uvode u reaktor u molarnom omjeru 1:10. Nakon reaktora se u apsorberu odvaja etilen oksid od otpadnih plinova. Konverzija etena po jednom prolazu kroz reaktor je 55 %. Ako se 65 % otpadnih plinova vraća ponovo u reaktor kolika će biti ukupna konverzija? (**R:**  $X_{\text{etena(ukupno)}} = 77,7\%$ )

**Zadatak 40:** Ugljik tetraklorid se proizvodi prema reakciji



Pretpostavlja se da je reakcija ireverzibilna i da je potpuna, što znači da se barem jedan od reaktanata potpuno potroši. U reaktor se uvodi 500 kmola/h  $\text{CH}_4$  i  $\text{Cl}_2$  u suvišku. Nakon razdvajanja u separatoru, u reaktor se u povratnom toku vraća 7000 kmola/h kloridne kiseline i 500 kmola/h  $\text{Cl}_2$ . Ako čisti produkt sadrži samo  $\text{CCl}_4$ , a u toku kloridne kiseline koja se izdvaja u separatoru se nalazi  $\text{Cl}_2$  u istom postotku kao i u povratnom toku, treba izračunati koliko se  $\text{Cl}_2$  uvodi u reaktor, koliko nastaje čistog produkta i koliko se kloridne kiseline izdvaja iz procesa u separatoru. (**R:**  $n_{\text{Cl}_2, \text{ulaz}} = 2143$  kmola/h;  $n_{\text{čistog produkta}} = 500$  kmola/h;  $n_{\text{HCl koja se izdvaja}} = 2000$  kmola/h)

**Zadatak 41:** Ugljik tetraklorid se proizvodi iz metana i klora prema reakciji



Reakcija je ireverzibilna, a konverzija je 100 %. Ako u reaktor ulazi 500 kmola/h  $\text{CH}_4$  i 2000 kmola/h  $\text{Cl}_2$ , a u povratnom toku se nalazi 7500 kmola/h  $\text{HCl}$ , treba izračunati koliko se proizvodi  $\text{CCl}_4$  u čistom produktu, koliko se izdvaja  $\text{HCl}$  u separatoru i koliko sirovog produkta nastaje u reaktoru. (**R:**  $n_{\text{CCl}_4, \text{koji se proizvodi}} = 500$  kmola/h;  $n_{\text{HCl, koja se izdvaja}} = 2000$  kmola/h;  $n_{\text{sirovog produkta}} = 9500$  kmola/h)