

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije  
Sveučilišta u Zagrebu

Marko Rogošić

# **Polimerno inženjerstvo**

IV. seminarski zadatak – popis

Zagreb, prosinac 2009.

# Tekst zadatka

## Zadatak 1:

Šaržna radikalna polimerizacija metil-metakrilata podložna je promjeni brzina terminacije i propagacije uslijed promjene viskoznosti reakcijske smjese. Promjena se iskazuje faktorima  $f_t$ , odnosno  $f_p$ . Odgovarajuće relacije su:

$$f_p = \frac{k_p}{k_{p0}},$$

$$f_t = \frac{k_t}{k_{t0}}.$$

U izrazima se pojavljuje propagacijska i terminacijska konstanta, odnosno odgovarajuće početne vrijednosti konstanti pri nultoj konverziji monomera. One se izračunavaju Arrheniusovim izrazima ( $T/K$  i  $R=8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ):

$$\frac{k_{p0}}{\text{L/min mol}} = 2,95 \cdot 10^7 \exp\left(-\frac{1,82 \cdot 10^4}{RT}\right),$$

$$\frac{k_{t0}}{\text{L/min mol}} = 5,88 \cdot 10^9 \exp\left(-\frac{2,93 \cdot 10^3}{RT}\right).$$

Empirijska korelacija za  $k_t$  i  $k_p$  je:

$$k_t = \frac{k_{t0}}{1 + \frac{\theta_t R_0 k_{t0}}{D}},$$

$$k_p = \frac{k_{p0}}{1 + \frac{\theta_p R_0 k_{p0}}{D}},$$

$$\theta_t = \frac{1}{8,72 \cdot 10^{21} \exp\left(-\frac{1,452 \cdot 10^5}{RT}\right) \cdot \left(\frac{I_0}{\text{mol/L}}\right)},$$

$$\theta_p = \frac{1}{1,81 \cdot 10^{15} \exp\left(-\frac{1,162 \cdot 10^5}{RT}\right)},$$

$$D = \exp\left[\frac{2,303(1 - \phi_p)}{A + B(1 - \phi_p)}\right],$$

$$A = 0,168 - 8,21 \cdot 10^{-6} (T - T_g)^2,$$

$$B = 0,03.$$

U empirijskoj korelaciji, temperatura se uvrštava u K,  $\phi_p$  je volumni udio polimera,  $T_g=387 \text{ K}$  je staklište polimetil-metakrilata, a  $R_0$  je koncentracija radikala u sustavu, za koju se u zadatku pretpostavlja da je stalna i iznosi  $1 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$ . U okviru zadatka treba:

1. prikazati simuliranu ovisnost  $f_t$  o volumnom udjelu polimera u reakcijskoj smjesi (koji je pak funkcija konverzije,  $X$ ) za sljedeće eksperimentalne uvjete:  $I_0=0,02 \text{ mol/L}$ ,  $T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $I_0=0,01 \text{ mol/L}$ ,  $T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $I_0=0,02 \text{ mol/L}$ ,  $T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $I_0=0,01 \text{ mol/L}$ ,  $T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
2. za iste eksperimentalne uvjete prikazati ovisnost  $f_p$  o volumnom udjelu polimera u reakcijskoj smjesi,
3. raspraviti dobivene rezultate,
4. ukratko, na osnovi dostupne literature protumačiti pojam staklišta, odnosno staklastog prijelaza i njegov utjecaj na opažene efekte.

## Zadatak 2:

Šaržna radikalna polimerizacija metil-metakrilata podložna je promjeni brzina terminacije i propagacije uslijed promjene viskoznosti reakcijske smjese. Promjena se iskazuje faktorima  $f_t$ , odnosno  $f_p$ . Odgovarajuće relacije su:

$$f_p = \frac{k_p}{k_{p0}},$$

$$f_t = \frac{k_t}{k_{t0}}.$$

U izrazima se pojavljuje propagacijska i terminacijska konstanta, odnosno odgovarajuće početne vrijednosti konstanti pri nultoj konverziji monomera. One se izračunavaju Arrheniusovim izrazima ( $T/K$  i  $R=8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ):

$$\frac{k_{p0}}{\text{L/min mol}} = 2,95 \cdot 10^7 \exp\left(-\frac{1,82 \cdot 10^4}{RT}\right),$$

$$\frac{k_{t0}}{\text{L/min mol}} = 5,88 \cdot 10^9 \exp\left(-\frac{2,93 \cdot 10^3}{RT}\right).$$

Empirijska korelacija za  $k_t$  i  $k_p$  je:

$$k_t = \frac{k_{t0}}{1 + \frac{\theta_t R_0 k_{t0}}{D}},$$

$$k_p = \frac{k_{p0}}{1 + \frac{\theta_p R_0 k_{p0}}{D}},$$

$$\theta_t = \frac{1}{8,72 \cdot 10^{21} \exp\left(-\frac{1,452 \cdot 10^5}{RT}\right) \cdot \left(\frac{I_0}{\text{mol/L}}\right)},$$

$$\theta_p = \frac{1}{1,81 \cdot 10^{15} \exp\left(-\frac{1,162 \cdot 10^5}{RT}\right)},$$

$$D = \exp\left[\frac{2,303(1-\phi_p)}{A + B(1-\phi_p)}\right],$$

$$A = 0,168 - 8,21 \cdot 10^{-6} (T - T_g)^2,$$

$$B = 0,03.$$

U empirijskoj korelaciji, temperatura se uvrštava u K,  $\phi_p$  je volumni udio polimera,  $T_g=387 \text{ K}$  je staklište polimetil-metakrilata, a  $R_0$  je koncentracija radikala u sustavu, za koju se u zadatku pretpostavlja da je stalna i iznosi  $1 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$ . U okviru zadatka treba:

1. prikazati simuliranu ovisnost  $f_t$  o volumnom udjelu polimera u reakcijskoj smjesi (koji je pak funkcija konverzije,  $X$ ) za sljedeće eksperimentalne uvjete:  $I_0=0,02 \text{ mol/L}$ ,  $T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $I_0=0,01 \text{ mol/L}$ ,  $T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $I_0=0,02 \text{ mol/L}$ ,  $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $I_0=0,01 \text{ mol/L}$ ,  $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
2. za iste eksperimentalne uvjete prikazati ovisnost  $f_p$  o volumnom udjelu polimera u reakcijskoj smjesi,
3. raspraviti dobivene rezultate,
4. ukratko, na osnovi dostupne literature protumačiti pojam staklišta, odnosno staklastog prijelaza i njegov utjecaj na opažene efekte.

### Zadatak 3:

Šaržna radikalna polimerizacija metil-metakrilata podložna je promjeni brzina terminacije i propagacije uslijed promjene viskoznosti reakcijske smjese. Promjena se iskazuje faktorima  $f_t$ , odnosno  $f_p$ . Terminacijski je faktor ovdje iskazan kao:

$$f_t = \frac{k_{t0}}{k_t}$$

Ovisnost terminacijske konstante o konverziji,  $p$ , može se prikazati empirijskim izrazima:

$$f_t = 1 + \frac{\gamma k_{t0}}{\exp(\alpha - \beta p)},$$

$$\alpha = \alpha_0 - 10,9 \cdot w_s + \ln\left(\frac{I_0}{I_{0,\min}}\right)^{0,56}$$

$$\beta = \beta_0 - \frac{T - T_g}{T_{\text{ref}} - T_g} - 38,3 \cdot w_s + 2,32 \cdot \left\{1 - \exp\left(-\frac{I_0/I_{0,\min}}{3,34}\right)\right\}$$

$\gamma$  je korekcijski faktor sustava mjernih jedinica ( $\gamma=1 \text{ kmol s m}^{-3}$ ). Za istraživano područje temperatura:  $135 \text{ }^\circ\text{C} < T < 165 \text{ }^\circ\text{C}$ , istraživano područje početnih koncentracija inicijatora:  $0,002 \text{ kmol m}^{-3} < I_0 < 0,2 \text{ kmol m}^{-3}$  i istraživano područje masenog udjela otapala  $0 < w_s < 0,2$ , parametri modela imaju sljedeće vrijednosti:  $\alpha_0=21,04$ ;  $\beta_0=14,34$ ; temperatura staklastog prijelaza:  $T_g=114 \text{ }^\circ\text{C}$ , referentna temperatura:  $T_{\text{ref}}=123,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ; entalpijska promjena pri polimerizacijskoj reakciji:  $\Delta h_r = -5,6 \cdot 10^4 \text{ kJ kmol}^{-1}$ ; minimalna početna koncentracija inicijatora:  $I_{0,\min} = 0,002 \text{ kmol m}^{-3}$ . Kinetičke konstante prikazane su Arrheniusovim izrazima, gdje se uvrštava apsolutna temperatura (T/K):

$$k_{t0} = 9,8 \cdot 10^7 \cdot \exp\left(-\frac{353}{T}\right)$$

$$\frac{k_{p0}}{\text{m}^3/(\text{kmol s})} = 4,92 \cdot 10^5 \exp\left(-\frac{2191}{T}\right)$$

$$\frac{k_d}{\text{s}^{-1}} = 2,8 \cdot 10^{14} \cdot \exp\left(-\frac{17617}{T}\right)$$

$$f_{\text{inic}} = 0,7$$

Zadatkom treba:

1. prikazati simuliranu ovisnost  $f_t$  o konverziji,  $p$ , za sljedeće eksperimentalne uvjete:  $w_s=0,092$ ;  $I_0=0,05 \text{ kmol m}^{-3}$ ,  $T = 135 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
2. izračunati početnu vrijednost količine oslobođene topline u jediničnom vremenu reakcije:

$$\frac{dQ}{dt} = \Delta h_r \cdot \left(-\frac{dM}{dt}\right) = \Delta h_r \cdot R_p,$$

3. ukratko objasniti kako biste pristupili problemu izračunavanja količine oslobođene topline kao funkcije konverzije u šaržnom reaktoru.

NAPOMENE:

- Početnu koncentraciju monomera  $M_0$  izračunati na temelju pretpostavke o aditivnosti volumena. Maseni udio otapala (etilbenzen)  $w_s$  je zadan, maseni udio monomera je  $1-w_s$ , gustoće etilbenzena i metil-metakrilata su  $0,85$ , odnosno  $0,94 \text{ g cm}^{-3}$ , a odgovarajuće molarne mase:  $106,17$ , odnosno  $100,12 \text{ g mol}^{-1}$ .
- Upravo je količina oslobođene topline u ovisnosti o vremenu reakcije veličina koja se mjeri izotermnom diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom.

#### Zadatak 4:

Šaržna radikalna polimerizacija metil-metakrilata podložna je promjeni brzina terminacije i propagacije uslijed promjene viskoznosti reakcijske smjese. Promjena se iskazuje faktorima  $f_t$ , odnosno  $f_p$ . Odgovarajuće relacije su:

$$f_p = \frac{k_{p0}}{k_p},$$

$$f_t = \frac{k_{t0}}{k_t}.$$

U zadatku će se razmatrati jedino promjena terminacijske konstante. Ovisnost terminacijske konstante o konverziji,  $p$ , može se prikazati empirijskim izrazima:

$$f_t = 1 + \frac{\gamma k_{t0}}{\exp(\alpha - \beta p)},$$

$$\alpha = \alpha_0 - 10,9 \cdot w_s + \ln\left(\frac{I_0}{I_{0,\min}}\right)^{0,56}$$

$$\beta = \beta_0 - \frac{T - T_g}{T_{\text{ref}} - T_g} - 38,3 \cdot w_s + 2,32 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{I_0/I_{0,\min}}{3,34}\right) \right\}$$

$\gamma$  je korekcijski faktor sustava mjernih jedinica ( $\gamma=1 \text{ kmol s m}^{-3}$ ). Za istraživano područje temperatura:  $135 \text{ }^\circ\text{C} < T < 165 \text{ }^\circ\text{C}$ , istraživano područje početnih koncentracija inicijatora:  $0,002 \text{ kmol m}^{-3} < I_0 < 0,2 \text{ kmol m}^{-3}$  i istraživano područje masenog udjela otapala  $0 < w_s < 0,2$ , parametri modela imaju sljedeće vrijednosti:  $\alpha_0=21,04$ ;  $\beta_0=14,34$ ; temperatura staklastog prijelaza:  $T_g=114 \text{ }^\circ\text{C}$ , referentna temperatura:  $T_{\text{ref}}=123,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ; entalpijska promjena pri polimerizacijskoj reakciji:  $\Delta h_r = -5,6 \cdot 10^4 \text{ kJ kmol}^{-1}$ ; minimalna početna koncentracija inicijatora:  $I_{0,\min} = 0,002 \text{ kmol m}^{-3}$ . Kinetičke konstante prikazane su Arrheniusovim izrazima, gdje se uvrštava apsolutna temperatura (T/K):

$$k_{t0} = 9,8 \cdot 10^7 \cdot \exp\left(-\frac{353}{T}\right)$$

$$\frac{k_{p0}}{\text{m}^3/(\text{kmol s})} = 4,92 \cdot 10^5 \exp\left(-\frac{2191}{T}\right)$$

$$\frac{k_d}{\text{s}} = 2,8 \cdot 10^{14} \cdot \exp\left(-\frac{17617}{T}\right)$$

$$f_{\text{mic}} = 0,7$$

Zadatkom treba:

1. prikazati simuliranu ovisnost  $f_t$  o konverziji,  $p$ , za sljedeće eksperimentalne uvjete:  $w_s=0,015$ ;  $I_0=0,1 \text{ kmol m}^{-3}$ ,  $T = 155 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
2. izračunati početnu vrijednost količine oslobođene topline u jediničnom vremenu reakcije:

$$\frac{dQ}{dt} = \Delta h_r \cdot \left(-\frac{dM}{dt}\right) = \Delta h_r \cdot R_p,$$

3. ukratko objasniti kako biste pristupili problemu izračunavanja količine oslobođene topline kao funkcije konverzije u šaržnom reaktoru.

NAPOMENE:

- Početnu koncentraciju monomera  $M_0$  izračunati na temelju pretpostavke o aditivnosti volumena. Maseni udio otapala (etilbenzen)  $w_s$  je zadan, maseni udio monomera je  $1-w_s$ , gustoće etilbenzena i metil-metakrilata su  $0,85$ , odnosno  $0,94 \text{ g cm}^{-3}$ , a odgovarajuće molarne mase:  $106,17$ , odnosno  $100,12 \text{ g mol}^{-1}$ .
- Upravo je količina oslobođene topline u ovisnosti o vremenu reakcije veličina koja se mjeri izotermnom diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom.

### Zadatak 5:

Eksperimentalno testirani teorijski izrazi za raspodjelu vremena zadržavanja u cijevnom reaktoru prikazani su kao funkcija bezdimenzijskog vremena,  $\theta$ , odnosno eksponenta  $n$  koji opisuje odstupanje fluida od Newtonovskog ponašanja, jednadžbama:

$$F(\theta) = 0 \quad \text{za} \quad \theta < \frac{n+1}{3n+1}$$
$$F(\theta) = \frac{2n}{3n+1} \cdot \frac{1}{\theta^3} \left( 1 - \frac{n+1}{3n+1} \cdot \frac{1}{\theta} \right)^{\frac{n-1}{n+1}} \quad \text{za} \quad \theta \geq \frac{n+1}{3n+1}$$

Odgovarajući empirijski izrazi u helikoidnom (spiralnom) reaktoru, koji vrijede u području ( $0,2 \leq n \leq 2$ ) su:

$$F(\theta) = 0 \quad \text{za} \quad \theta < \theta_{\min}$$
$$F(\theta) = -A_1(B_1+1)\theta^{B_1} + 2A_2\theta^{-3} \quad \text{za} \quad \theta \geq \theta_{\min}$$

$$A_1 = \frac{(B_1+2) \cdot (2\theta_{\min} - 1)}{(B_1+3) \cdot \theta_{\min}^{(B_1+2)}}$$

$$A_2 = \theta_{\min}^2 \cdot (1 - A_1 \cdot \theta_{\min}^{(B_1+1)})$$

$$B_1 = -13,7325 + 42,00n - 76,4527n^2 + 68,9796n^3 - 29,4561n^4 + 4,7625n^5$$

$$\theta_{\min} = 0,9484 - 0,9983n + 1,3439n^2 - 1,007n^3 + 0,3846n^4 - 0,0581n^5$$

Zadatkom treba:

1. prirediti dijagrame raspodjele vremena zadržavanja u cijevnom reaktoru za niz fluida s eksponentom  $n=0,2; n=0,6; n=1; n=2; n=4$ ,
2. prirediti dijagrame raspodjele vremena zadržavanja u helikoidalnom reaktoru za niz fluida s eksponentom  $n=0,2; n=0,6; n=1; n=2; n=4$ ,
3. komentirati dobivene rezultate s obzirom na očekivane raspodjele vremena zadržavanja u cijevnom reaktoru s idealnim (čepolikim) strujanjem, odnosno protočnom kotlastom reaktoru.

### Zadatak 6:

Eksperimentalno testirani teorijski izrazi za raspodjelu vremena zadržavanja u cijevnom reaktoru prikazani su kao funkcija bezdimenzijskog vremena,  $\theta$ , odnosno eksponenta  $n$  koji opisuje odstupanje fluida od Newtonovskog ponašanja, jednačinama:

$$F(\theta) = 0 \quad \text{za} \quad \theta < \frac{n+1}{3n+1}$$
$$F(\theta) = \frac{2n}{3n+1} \cdot \frac{1}{\theta^3} \left( 1 - \frac{n+1}{3n+1} \cdot \frac{1}{\theta} \right)^{\frac{n-1}{n+1}} \quad \text{za} \quad \theta \geq \frac{n+1}{3n+1}$$

Empirijski izrazi, testirani u dvama paralelnim protočnim kotlastim reaktorima, volumena  $V_1$  i  $V_2$ , s cjevovodom volumena  $V_p$  u kojem se pretpostavlja čepoliko strujanje, te „mrtvim“ volumenom priključaka  $V_m$ , prikazani su jednačinama:

$$F(\theta) = 0 \quad \text{za} \quad \theta < \theta_p$$
$$F(\theta) = \frac{y_1^2}{x_1} \exp\left[-\frac{y_1}{x_1}(\theta - \theta_p)\right] + \frac{y_2^2}{x_2} \exp\left[-\frac{y_2}{x_2}(\theta - \theta_p)\right] \quad \text{za} \quad \theta \geq \theta_p$$
$$x_1 = \frac{V_1}{V} \quad x_2 = \frac{V_2}{V} \quad x = x_1 + x_2$$
$$y_1 = \frac{Q_1}{Q} \quad y_2 = \frac{Q_2}{Q} \quad y_1 + y_2 = 1$$
$$V = V_1 + V_2 + V_p + V_m \quad \theta_p = \frac{V_p}{V}$$

Zadatkom treba:

1. prirediti dijagrame raspodjele vremena zadržavanja u cijevnom reaktoru za niz fluida s eksponentom  $n=0,2; n=0,6; n=1; n=2; n=4$ ,
2. komentirati dobivene rezultate za cijevni reaktor s obzirom na očekivane raspodjele vremena zadržavanja u cijevnom reaktoru s idealnim (čepolikim) strujanjem, odnosno protočnom kotlastom reaktoru.
3. prirediti dijagrame raspodjele vremena zadržavanja u opisanom sustavu dvaju protočnih kotlastih reaktora uz  $(x_1=0,5; x_2=0,3; y_1=0,8; y_2=0,2; \theta_p=0,1)$ ,  $(x_1=0,5; x_2=0,3; y_1=0,5; y_2=0,5; \theta_p=0,1)$ ,  $(x_1=0,5; x_2=0,3; y_1=0,2; y_2=0,8; \theta_p=0,1)$ ,
4. komentirati dobivene rezultate za sustav paralelnih protočnih kotlastih reaktora.

### Zadatak 7:

Razmatra se stupnjevita polimerizacija u kotlastom reaktoru između dvaju reaktanata tipa A-A i B-B' (npr. poliestifikacija organske dikiseline s dvjema identičnim karboksilnim skupinama A i diola s dvjema hidroksilnim skupinama različite reaktivnosti: B, odnosno B'). Pretpostavlja se da je reaktivnost skupina jednaka tijekom cijele reakcije, tj. da ne ovisi o tome je li druga reaktivna skupina već reagirala. Kinetički izrazi glase:

$$-\frac{dB}{dt} = k_1 AB \qquad -\frac{dB'}{dt} = k_2 AB' \qquad -\frac{dA}{dt} = k_1 AB + k_2 AB'$$

A, B i B' označavaju koncentracije reaktivnih skupina, a  $k_1$  i  $k_2$  su odgovarajuće kinetičke konstante. Za simetričan (ekvimolaran) reakcijski sustav, početne koncentracije reaktivnih skupina odnose se prema:

$$A_0 = 2B_0 = 2B'_0$$

a koncentracija A jednaka je sumi koncentracija B i B' tijekom cijele reakcije:

$$A = B + B'$$

Prema prikazanim izrazima, brzina polimerizacije može se iskazati jedinstvenom diferencijalnom jednačbom:

$$\frac{dA}{dt} = (k_2 - k_1)AB - k_2 A^2$$

Nakon uvođenja bezdimenzijskih koncentracijskih varijabli  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ , transformiranog vremena  $\tau$  i omjera konstanti s:

$$\alpha = \frac{A}{A_0} \qquad \beta = \frac{B}{B_0} \qquad \gamma = \frac{B'}{B'_0} \qquad \tau = B_0 k_2 t \qquad s = \frac{k_2}{k_1}$$

Dobiva se:

$$\frac{d\beta}{d\tau} = -\frac{\beta^2(1 + \beta^{s-1})}{s} \qquad \gamma = \beta^s \qquad \alpha = \frac{\beta + \gamma}{2}$$

Zadatkom treba:

1. riješiti transformiranu diferencijalnu jednačbu, odnosno prirediti dijagrame ovisnosti  $\beta$ ,  $\gamma$  i  $\alpha$  o  $\tau$  za vrijednosti  $s=1, 2, 5, 10, 50$  i  $100$ ,
2. objasniti fizički smisao vrijednosti  $s = 0, 1$  i  $\infty$ , tj. kako se u tim slučajevima mijenjaju koncentracije reaktivnih skupina napredovanjem reakcije,
3. koliki je maksimalni stupanj polimerizacije u graničnim slučajevima  $s = 0$ , odnosno  $s = \infty$ ; protumačiti rezultat.



### Zadatak 8:

U posebnim se slučajevima emulzijska polimerizacija provodi na prethodno pripremljenim polimernim lateksima, radi bolje kontrole raspodjele veličina čestica i/ili postizanja željene morfologije čestica koja se sastoji od jezgre jednog polimera i ljuske drugog. Radi se o tzv. *seeded* ili „osjemenjenoj“ emulzijskoj polimerizaciji (engl. *seed* – sjeme). Na taj se način preskače I. interval emulzijske polimerizacije, tj. nukleacija polimernih čestica.

Kotlasti laboratorijski reaktor puni se sa 100 ml emulzije polimernog lateksa, koncentracije  $1,5 \cdot 10^{14}$  čestica po jednom mililitru, zatim s 200 ml vode i 200 ml monomera.

Polimer je polistiren, monomeri su redom: stiren, metil-metakrilat, vinil-acetat, butadien. Zanimajuće su topljivosti vode u monomerom nabubrenim polimernim česticama. Potrebni termodinamički podaci su:

	Gustoća / g cm <sup>-3</sup>	Parametar topljivosti / (MPa) <sup>1/2</sup>	Topljivost u vodi / (g po 100 ml)	Molarna masa / g mol <sup>-1</sup>
Polistiren	1,05	19,0	0	-
Stiren	0,906	19,0	0,03	104,15
Metil-metakrilat	0,936	18,0	1,6	100,12
Vinil-acetat	0,934	18,4	2,5	86,09
Izopren	0,681	15,1	0,07	68,12

Pretpostaviti treba površinsku napetost od 30 mN m<sup>-1</sup>, radijus monomerom nabubrenih čestica polimernog lateksa od 80 nm i temperaturu od 298,15 K. Također, pretpostaviti će se aditivnost volumena polimera i monomera u česticama, odnosno vode i monomera u vodenoj fazi.

Zadatkom treba:

1. procijeniti raspodjelu monomera unutar triju faza sustava prije dodavanja stabilizatora i inicijatora,
2. procijeniti dimenzije čestica polimernog lateksa prije bubrenja monomerom
3. raspraviti dobivene rezultate.

NAPOMENE:

- Ravnotežni volumni udio monomera računati prema:

$$\frac{1}{1 - \phi_M} + \frac{\ln \phi_M}{(1 - \phi_M)^2} + \chi + \frac{2\bar{v}_M \gamma}{RT} \left[ \frac{1}{(1 - \phi_M)^2 r} \right] = 0$$

- Flory-Hugginsov interakcijski parametar računati prema Scatchard-Hildebrandovoj jednačini:

$$\chi = \frac{v_M}{RT} (\delta_M - \delta_P)^2,$$

gdje su  $\delta_M$  i  $\delta_P$  parametri topljivosti monomera, odnosno polimera.

### Zadatak 9:

U posebnim se slučajevima emulzijska polimerizacija provodi na prethodno pripremljenim polimernim lateksima, radi bolje kontrole raspodjele veličina čestica i/ili postizanja željene morfologije čestica koja se sastoji od jezgre jednog polimera i ljuske drugog. Radi se o tzv. *seeded* ili „osjemenjenoj“ emulzijskoj polimerizaciji (engl. *seed* – sjeme). Na taj se način preskače I. interval emulzijske polimerizacije, tj. nukleacija polimernih čestica.

Kotlasti laboratorijski reaktor puni se sa 100 ml emulzije polimernog lateksa, koncentracije  $1,5 \cdot 10^{14}$  čestica po jednom mililitru, zatim s 200 ml vode i 200 ml monomera.

Polimer je polibutadien, monomeri su redom: stiren, metil-metakrilat, vinil-acetat, butadien. Zanimljivo je topljivost vode u monomerom nabubrenim polimernim česticama. Potrebni termodinamički podaci su:

	Gustoća / $\text{g cm}^{-3}$	Parametar topljivosti / $(\text{MPa})^{1/2}$	Topljivost u vodi / (g po 100 ml)	Molarna masa / $\text{g mol}^{-1}$
Polibutadien	1,01	17,0	0	-
Stiren	0,906	19,0	0,03	104,15
Metil-metakrilat	0,936	18,0	1,6	100,12
Vinil-acetat	0,934	18,4	2,5	86,09
Izopren	0,681	15,1	0,07	68,12

Pretpostaviti treba površinsku napetost od  $25 \text{ mN m}^{-1}$ , radijus monomerom nabubrenih čestica polimernog lateksa od 80 nm i temperaturu od 298,15 K. Također, pretpostaviti će se aditivnost volumena polimera i monomera u česticama, odnosno vode i monomera u vodenoj fazi.

Zadatkom treba:

1. procijeniti raspodjelu monomera unutar triju faza sustava prije dodavanja stabilizatora i inicijatora,
2. procijeniti dimenzije čestica polimernog lateksa prije bubrenja monomerom
3. raspraviti dobivene rezultate.

NAPOMENE:

- Ravnotežni volumni udio monomera računati prema:

$$\frac{1}{1 - \phi_M} + \frac{\ln \phi_M}{(1 - \phi_M)^2} + \chi + \frac{2\bar{v}_M \gamma}{RT} \left[ \frac{1}{(1 - \phi_M)^2 r} \right] = 0$$

- Flory-Hugginsov interakcijski parametar računati prema Scatchard-Hildebrandovoj jednažbi:

$$\chi = \frac{v_M}{RT} (\delta_M - \delta_P)^2,$$

gdje su  $\delta_M$  i  $\delta_P$  parametri topljivosti monomera, odnosno polimera.

## Zadatak 10:

U posebnim se slučajevima emulzijska polimerizacija provodi na prethodno pripremljenim polimernim lateksima, radi bolje kontrole raspodjele veličina čestica i/ili postizanja željene morfologije čestica koja se sastoji od jezgre jednog polimera i ljuske drugog. Radi se o tzv. *seeded* ili „osjemenjenoj“ emulzijskoj polimerizaciji (engl. *seed* – sjeme). Na taj se način preskače I. interval emulzijske polimerizacije, tj. nukleacija polimernih čestica.

Kotlasti laboratorijski reaktor puni se sa 100 ml emulzije polimernog lateksa, koncentracije  $1,5 \cdot 10^{14}$  čestica po jednom mililitru, zatim s 200 ml vode i 200 ml monomera.

Polimer je poliviniliden-fluorid, monomeri su redom: stiren, metil-metakrilat, vinil-acetat, butadien. Zanimajuće je topljivost vode u monomerom nabubrenim polimernim česticama. Potrebni termodinamički podaci su:

	Gustoća / ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Parametar topljivosti / ( $\text{MPa}$ ) <sup>1/2</sup>	Topljivost u vodi / (g po 100 ml)	Molarna masa / ( $\text{g mol}^{-1}$ )
Poliviniliden-fluorid	1,78	23,2	0	-
Stiren	0,906	19,0	0,03	104,15
Metil-metakrilat	0,936	18,0	1,6	100,12
Vinil-acetat	0,934	18,4	2,5	86,09
Izopren	0,681	15,1	0,07	68,12

Pretpostaviti treba površinsku napetost od  $20 \text{ mN m}^{-1}$ , radijus monomerom nabubrenih čestica polimernog lateksa od 80 nm i temperaturu od 298,15 K. Također, pretpostaviti će se aditivnost volumena polimera i monomera u česticama, odnosno vode i monomera u vodenoj fazi.

Zadatkom treba:

1. procijeniti raspodjelu monomera unutar triju faza sustava prije dodavanja stabilizatora i inicijatora,
2. procijeniti dimenzije čestica polimernog lateksa prije bubrenja monomerom
3. raspraviti dobivene rezultate.

NAPOMENE:

- Ravnotežni volumni udio monomera računati prema:

$$\frac{1}{1 - \phi_M} + \frac{\ln \phi_M}{(1 - \phi_M)^2} + \chi + \frac{2\bar{v}_M \gamma}{RT} \left[ \frac{1}{(1 - \phi_M)^2 r} \right] = 0$$

- Flory-Hugginsov interakcijski parametar računati prema Scatchard-Hildebrandovoj jednažbi:

$$\chi = \frac{v_M}{RT} (\delta_M - \delta_P)^2,$$

gdje su  $\delta_M$  i  $\delta_P$  parametri topljivosti monomera, odnosno polimera.

### Zadatak 11:

U posebnim se slučajevima emulzijska polimerizacija provodi na prethodno pripremljenim polimernim lateksima, radi bolje kontrole raspodjele veličina čestica i/ili postizanja željene morfologije čestica koja se sastoji od jezgre jednog polimera i ljuske drugog. Radi se o tzv. *seeded* ili „osjemenjenoj“ emulzijskoj polimerizaciji (engl. *seed* – sjeme). Na taj se način preskače I. interval emulzijske polimerizacije, tj. nukleacija polimernih čestica.

Kotlasti laboratorijski reaktor puni se sa 100 ml emulzije polimernog lateksa, koncentracije  $1,5 \cdot 10^{14}$  čestica po jednom mililitru, zatim s 200 ml vode i 200 ml monomera.

Polimer je polivinil-klorid, monomeri su redom: stiren, metil-metakrilat, vinil-acetat, butadien. Zanimajuće su topljivosti vode u monomerom nabubrenim polimernim česticama. Potrebni termodinamički podaci su:

	Gustoća / $\text{g cm}^{-3}$	Parametar topljivosti / $(\text{MPa})^{1/2}$	Topljivost u vodi / (g po 100 ml)	Molarna masa / $\text{g mol}^{-1}$
Polivinil-klorid	1,39	19,2	0	-
Stiren	0,906	19,0	0,03	104,15
Metil-metakrilat	0,936	18,0	1,6	100,12
Vinil-acetat	0,934	18,4	2,5	86,09
Izopren	0,681	15,1	0,07	68,12

Pretpostaviti treba površinsku napetost od  $30 \text{ mN m}^{-1}$ , radijus monomerom nabubrenih čestica polimernog lateksa od 150 nm i temperaturu od 298,15 K. Također, pretpostaviti će se aditivnost volumena polimera i monomera u česticama, odnosno vode i monomera u vodenoj fazi.

Zadatkom treba:

1. procijeniti raspodjelu monomera unutar triju faza sustava prije dodavanja stabilizatora i inicijatora,
2. procijeniti dimenzije čestica polimernog lateksa prije bubrenja monomerom
3. raspraviti dobivene rezultate.

NAPOMENE:

- Ravnotežni volumni udio monomera računati prema:

$$\frac{1}{1 - \phi_M} + \frac{\ln \phi_M}{(1 - \phi_M)^2} + \chi + \frac{2\bar{v}_M \gamma}{RT} \left[ \frac{1}{(1 - \phi_M)^2 r} \right] = 0$$

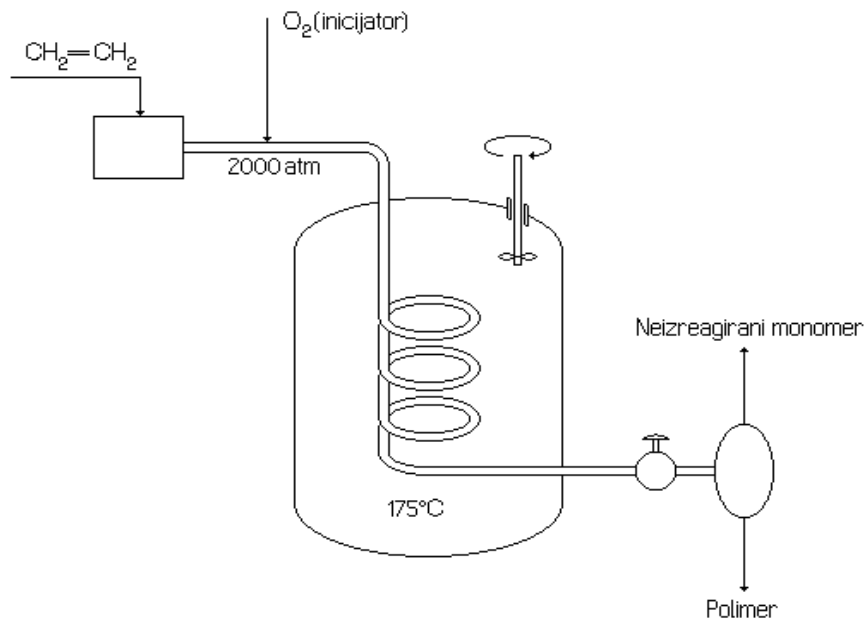
- Flory-Hugginsov interakcijski parametar računati prema Scatchard-Hildebrandovoj jednačini:

$$\chi = \frac{v_M}{RT} (\delta_M - \delta_P)^2,$$

gdje su  $\delta_M$  i  $\delta_P$  parametri topljivosti monomera, odnosno polimera.

### Zadatak 12:

Na slici je shematski prikazano poluindustrijsko postrojenje za proizvodnju polimera!

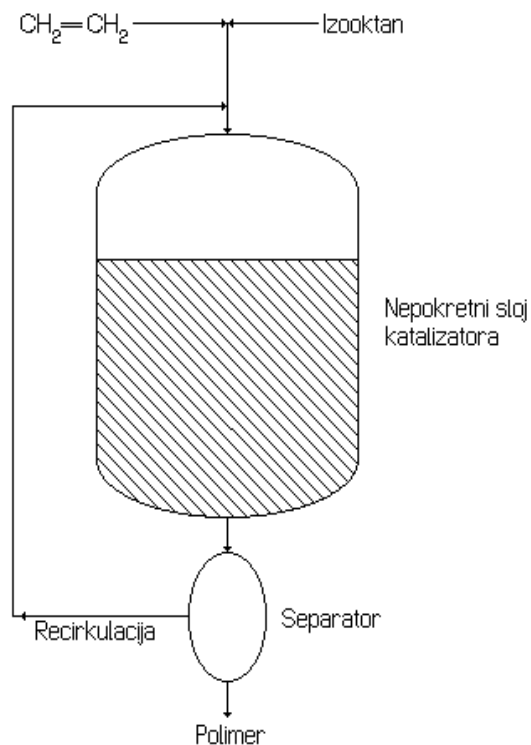


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer, inicijator i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati mogući način separacije neizreagiranih monomera od produkta
7. identificirati sredstvo koje služi za održavanje razmjerno niske viskoznosti u reaktoru (maksimalna konverzija je 22 %).

### Zadatak 13:

Na slici je shematski prikazano poluindustrijsko postrojenje za proizvodnju polimera. Tlak u reaktoru je 2,1 do 4,8 MPa, temperatura od 150 do 180 °C.

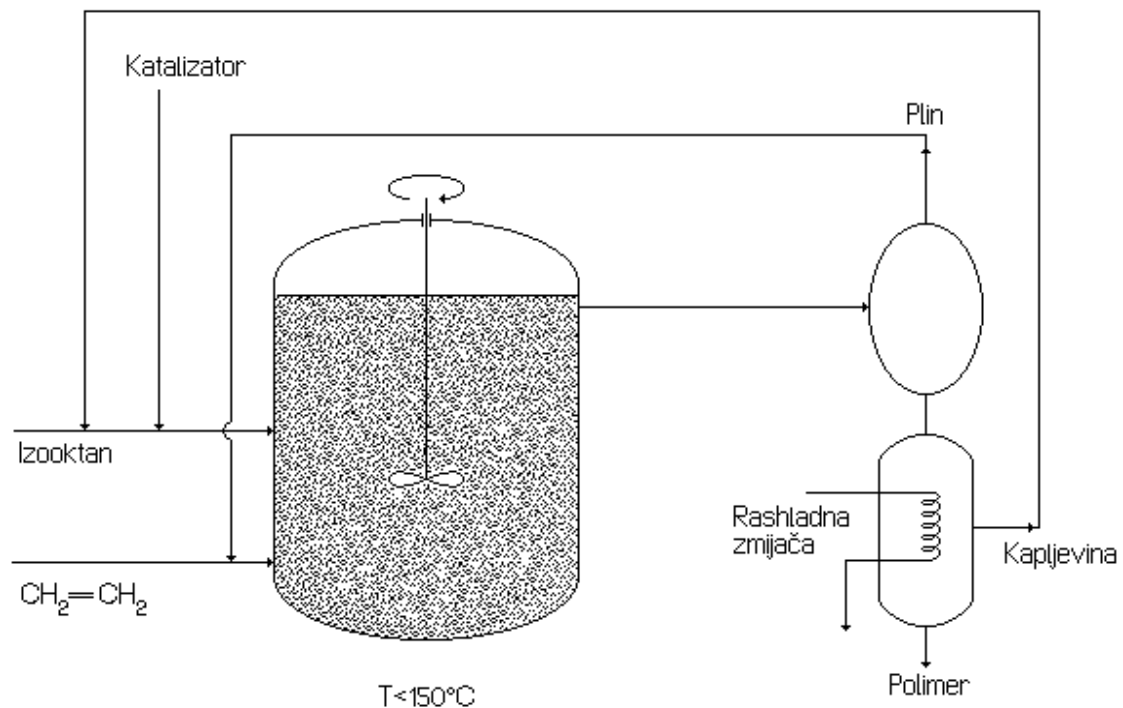


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. opisati ulogu izooktana u reakciji,
6. procijeniti fazno ponašanje u sustavima izooktan/monomer, odnosno izooktan/polimer,
7. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
8. opisati mogući način separacije neizreagiranih monomera od produkta,
9. predložiti katalizator za provedbu reakcije,

### Zadatak 14:

Na slici je shematski prikazano poluindustrijsko postrojenje za proizvodnju polimera. Tlak u reaktoru je umjeren, temperatura je manja od 150 °C.

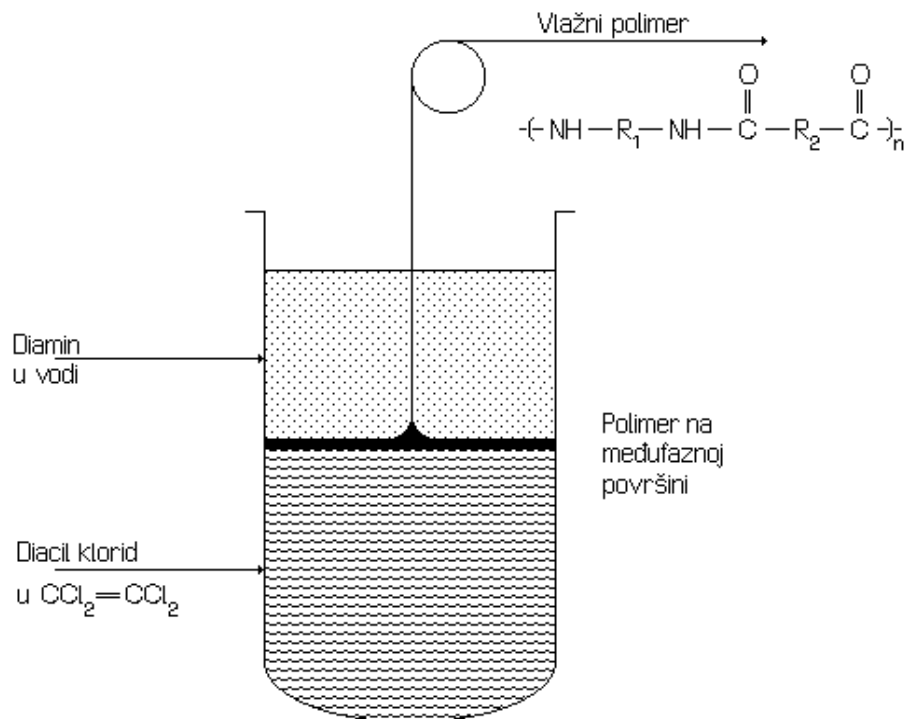


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. opisati ulogu izooktana u reakciji,
6. procijeniti fazno ponašanje u sustavima izooktan/monomer, odnosno izooktan/polimer,
7. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
8. opisati mogući način separacije neizreagiranih monomera od produkta,
9. predložiti katalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 15:

Na slici je shematski prikazano poluindustrijsko postrojenje za proizvodnju polimera.



Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer i produkt,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. opisati fazno ponašanje u prikazanom sustavu,
6. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
7. opisati način separacije produkta od monomera,
8. predložiti katalizator za provedbu reakcije.



### Zadatak 16:

Šaržna radikalna polimerizacija u masi podložna je promjeni brzina terminacije uslijed promjene viskoznosti reakcijske smjese. Promjena se iskazuje faktorom  $f_t$ :

$$f_t = \frac{k_t}{k_{t0}}$$

Odgovarajuće empirijske korelacije terminacijskog faktora, konverzije monomera,  $p$ , i temperature su za tri monomera prikazane u tablici:

Monomer	Korelacija	Koeficijenti	Temperaturno područje
Metil-metakrilat	$f_t = \left[ \frac{1}{1-p} \exp(Bp + Cp^2) \right]^2$	$B = -41,54 + 0,1082(T/K)$ $C = 23,46 - 0,0785(T/K)$	40-90 °C
Stiren	$f_t = \left\{ \exp[-(Bp + Cp^2 + Dp^3)] \right\}^2$	$B = 2,57 - 5,05 \cdot 10^{-3}(T/K)$ $C = 9,56 - 1,76 \cdot 10^{-2}(T/K)$ $D = -3,03 + 7,85 \cdot 10^{-3}(T/K)$	50-200 °C
Vinil-acetat	$f_t = \exp(Bp + Cp^2 + Dp^3)$	$B = -0,4407$ $C = -6,7530$ $D = -0,3495$	50 °C

U okviru zadatka treba:

1. prikazati simuliranu ovisnost  $f_t$  o konverziji za sva tri polimera pri 50 °C
2. prikazati simuliranu ovisnost  $f_t$  o temperaturi za konverzije 0,1; 0,25; 0,5; i 0,75 za stiren u cijelom temperaturnom području,
3. raspraviti dobivene rezultate.

**Zadatak 17:**

Šaržna radikalna polimerizacija u masi podložna je promjeni brzina terminacije uslijed promjene viskoznosti reakcijske smjese. Promjena se iskazuje faktorom  $f_t$ :

$$f_t = \frac{k_t}{k_{t0}}$$

Odgovarajuće empirijske korelacije terminacijskog faktora, konverzije monomera,  $p$ , i temperature su za tri monomera prikazane u tablici:

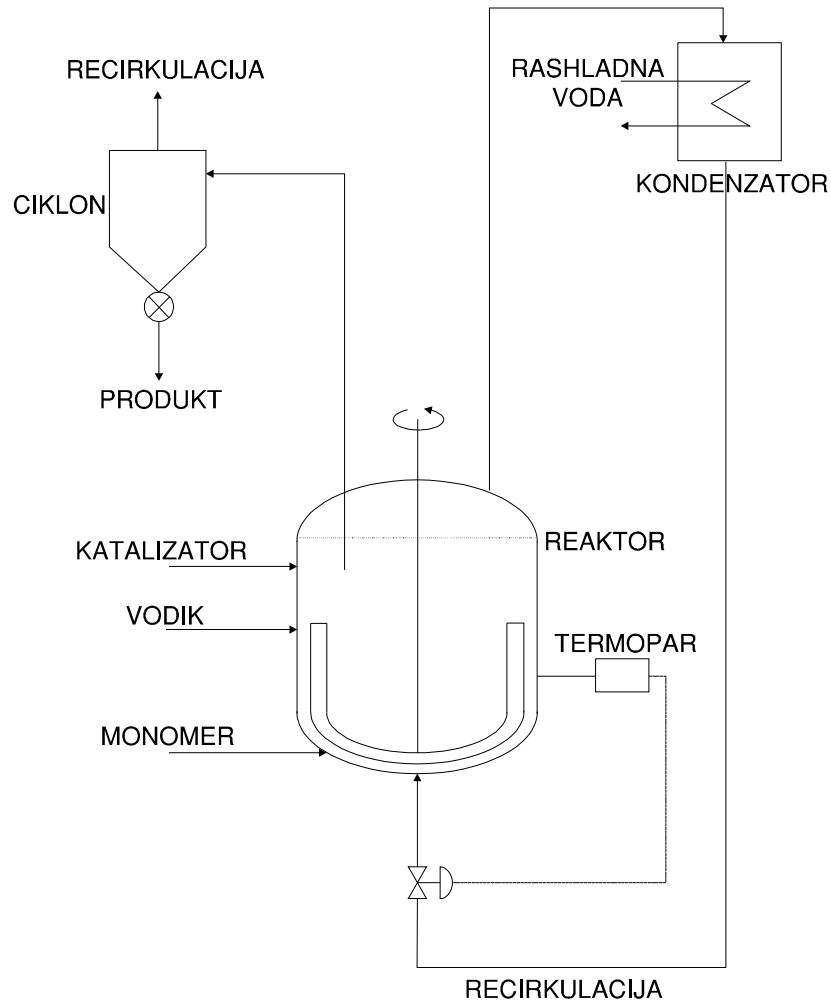
Monomer	Korelacija	Koeficijenti	Temperaturno područje
Metil-metakrilat	$f_t = \left[ \frac{1}{1-p} \exp(Bp + Cp^2) \right]^2$	$B = -41,54 + 0,1082(T/K)$ $C = 23,46 - 0,0785(T/K)$	40-90 °C
Stiren	$f_t = \left\{ \exp[-(Bp + Cp^2 + Dp^3)] \right\}^2$	$B = 2,57 - 5,05 \cdot 10^{-3}(T/K)$ $C = 9,56 - 1,76 \cdot 10^{-2}(T/K)$ $D = -3,03 + 7,85 \cdot 10^{-3}(T/K)$	50-200 °C
Vinil-acetat	$f_t = \exp(Bp + Cp^2 + Dp^3)$	$B = -0,4407$ $C = -6,7530$ $D = -0,3495$	50 °C

U okviru zadatka treba:

1. prikazati simuliranu ovisnost  $f_t$  o konverziji za sva tri polimera pri 50 °C
2. prikazati simuliranu ovisnost  $f_t$  o temperaturi za konverzije 0,1; 0,25; 0,5; i 0,75 za metil-metakrilat u cijelom temperaturnom području,
3. raspraviti dobivene rezultate.

### Zadatak 18:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera –  $\alpha$ -olefina

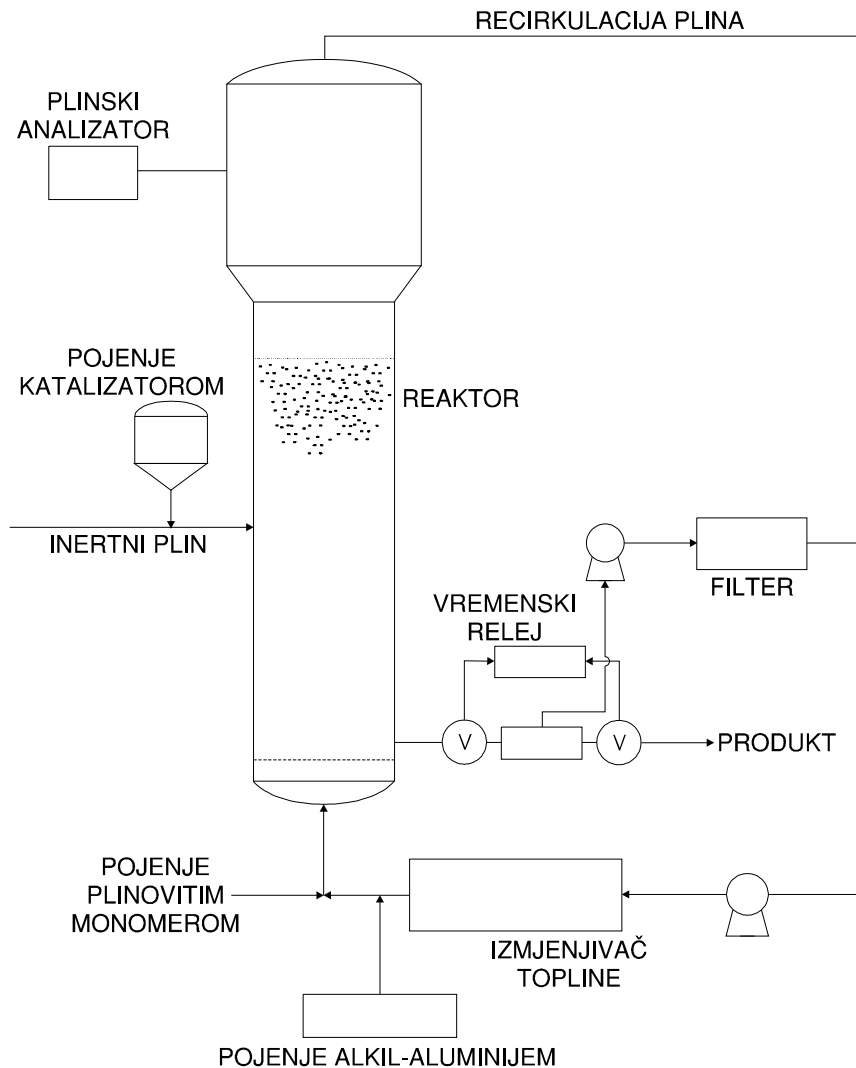


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 19:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera –  $\alpha$ -olefina

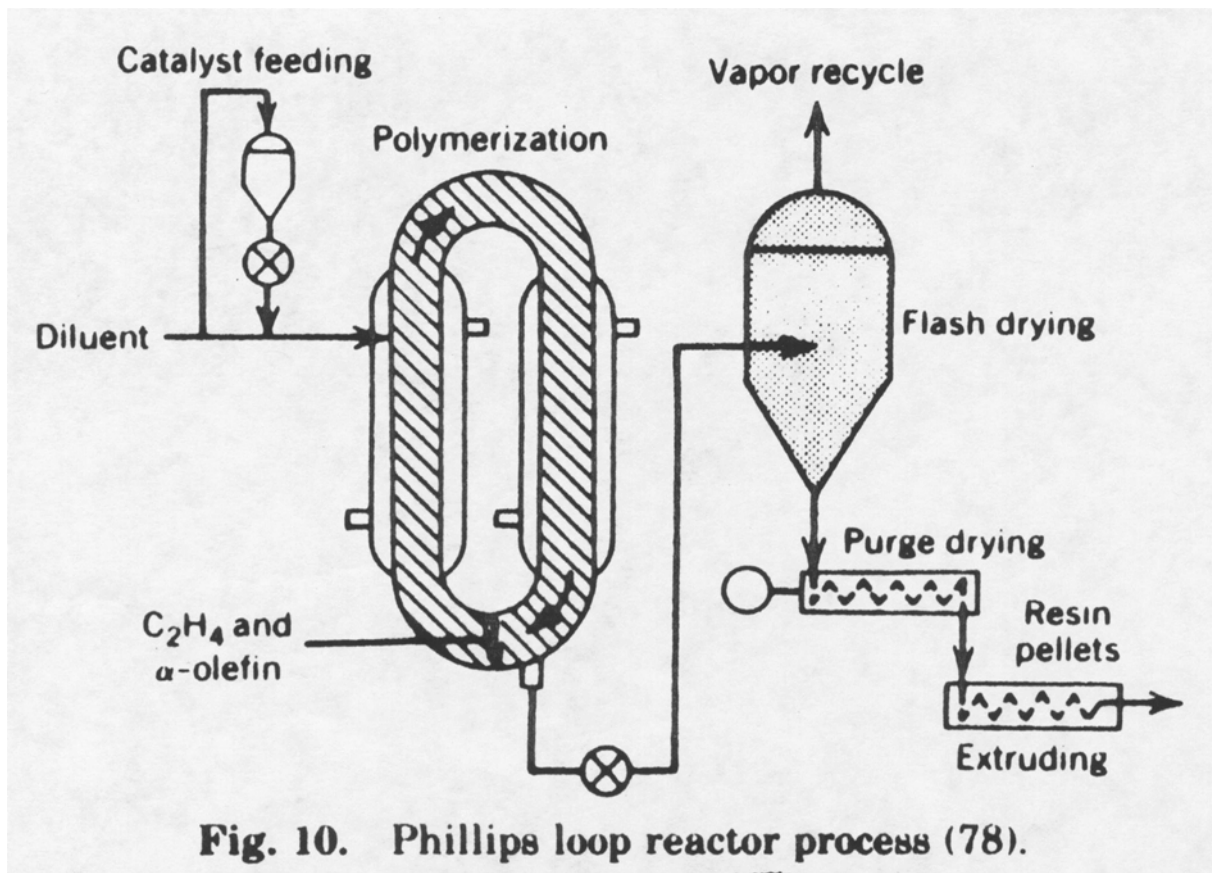


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 20:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

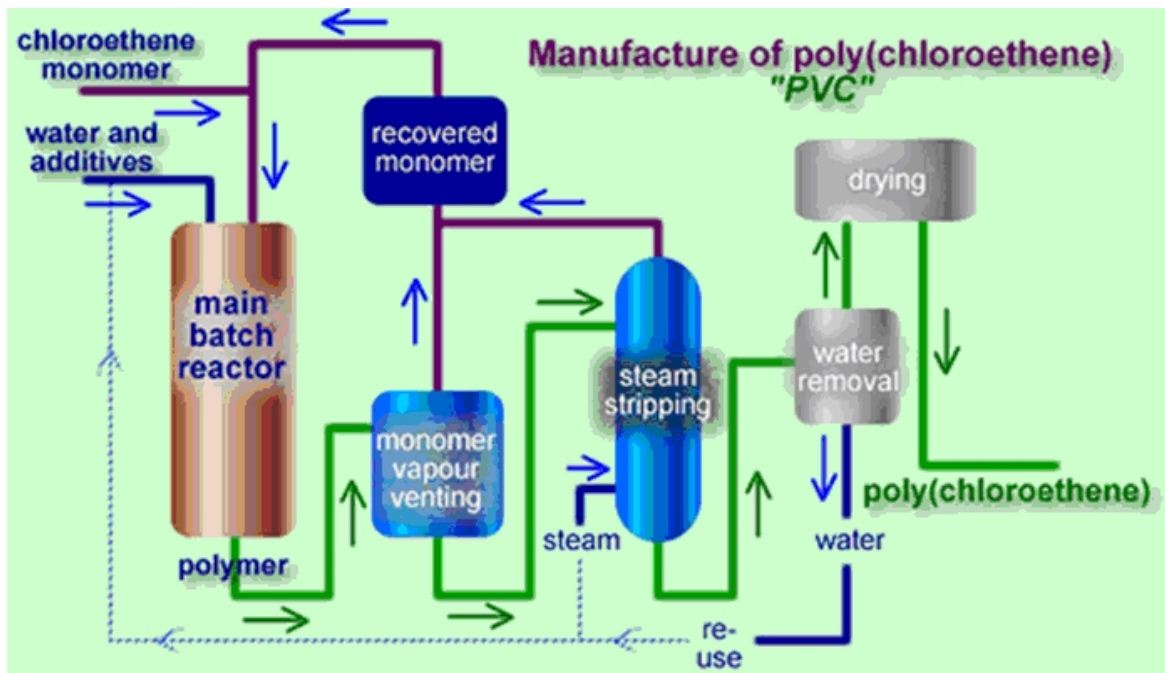


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 21:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

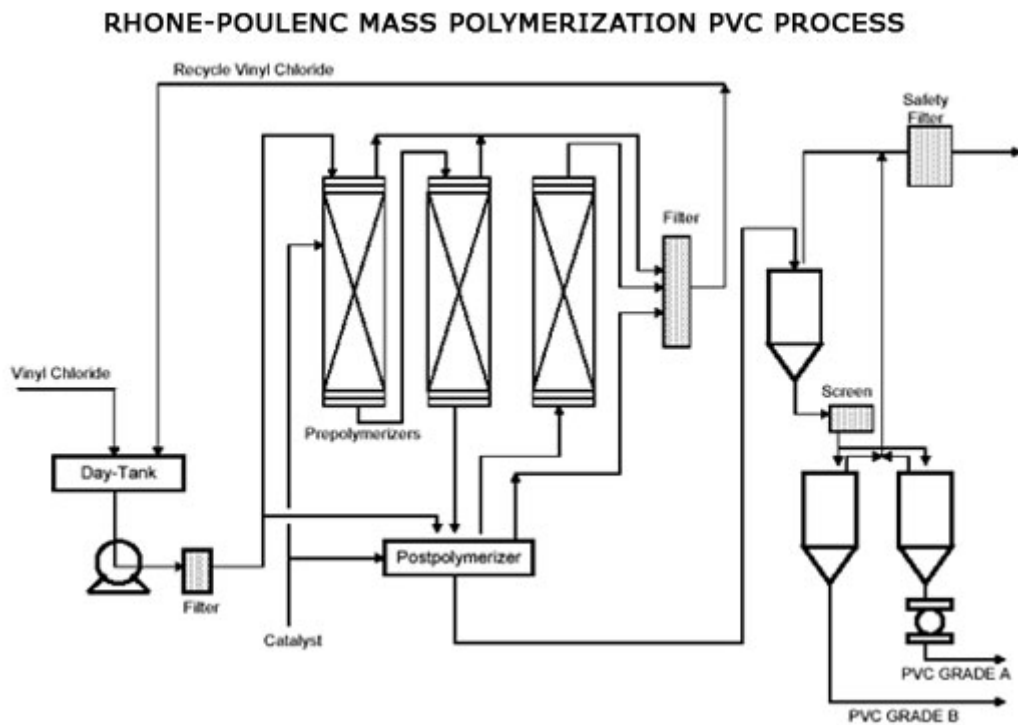


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

## Zadatak 22:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

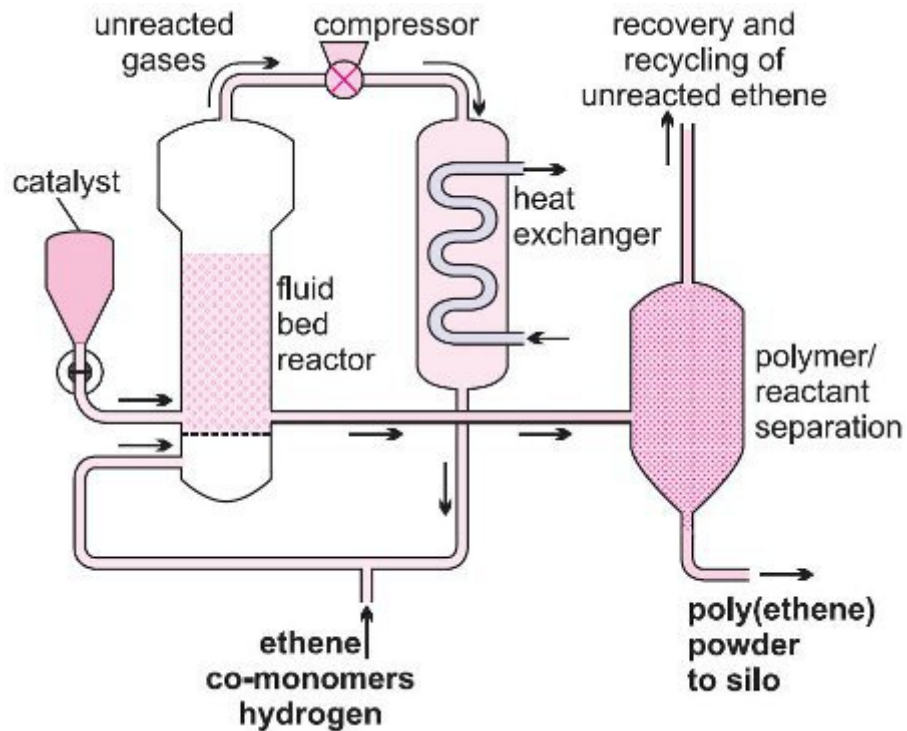


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 23:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera



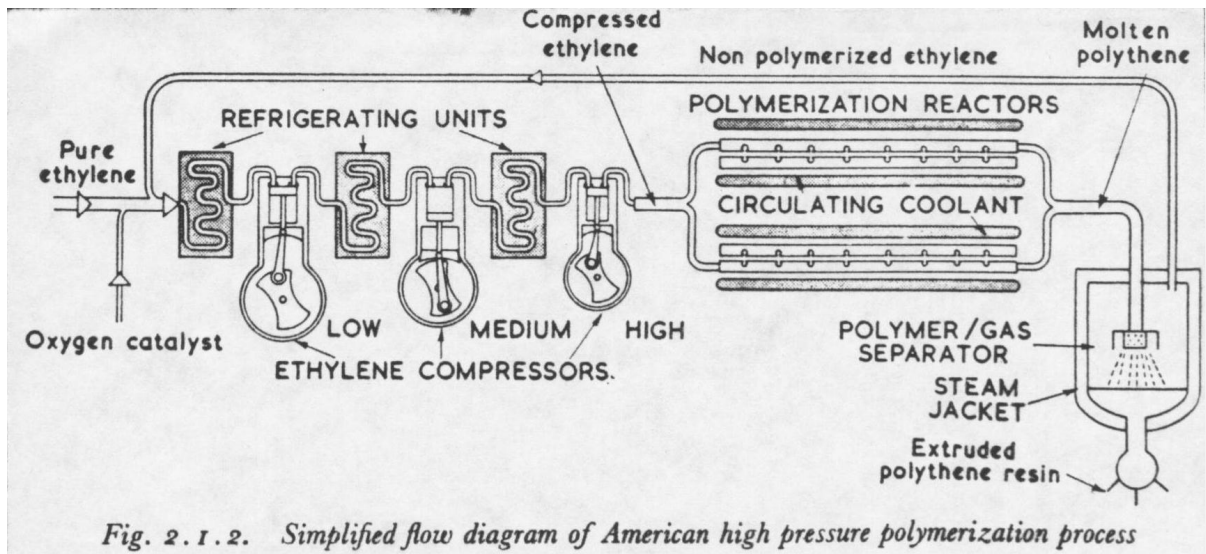
Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.



### Zadatak 24:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

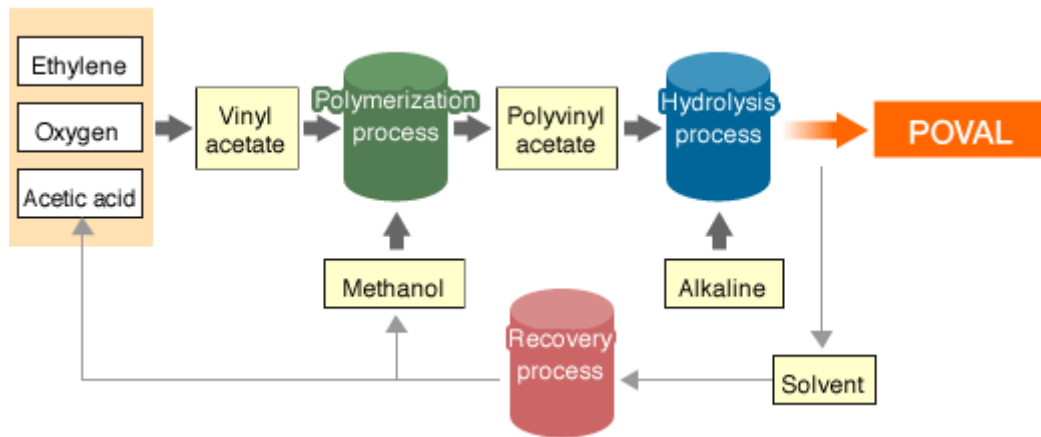


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 25:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

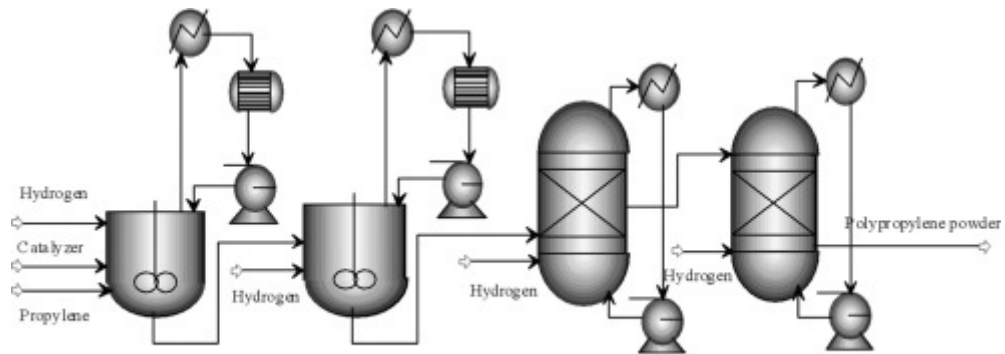


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 26:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera



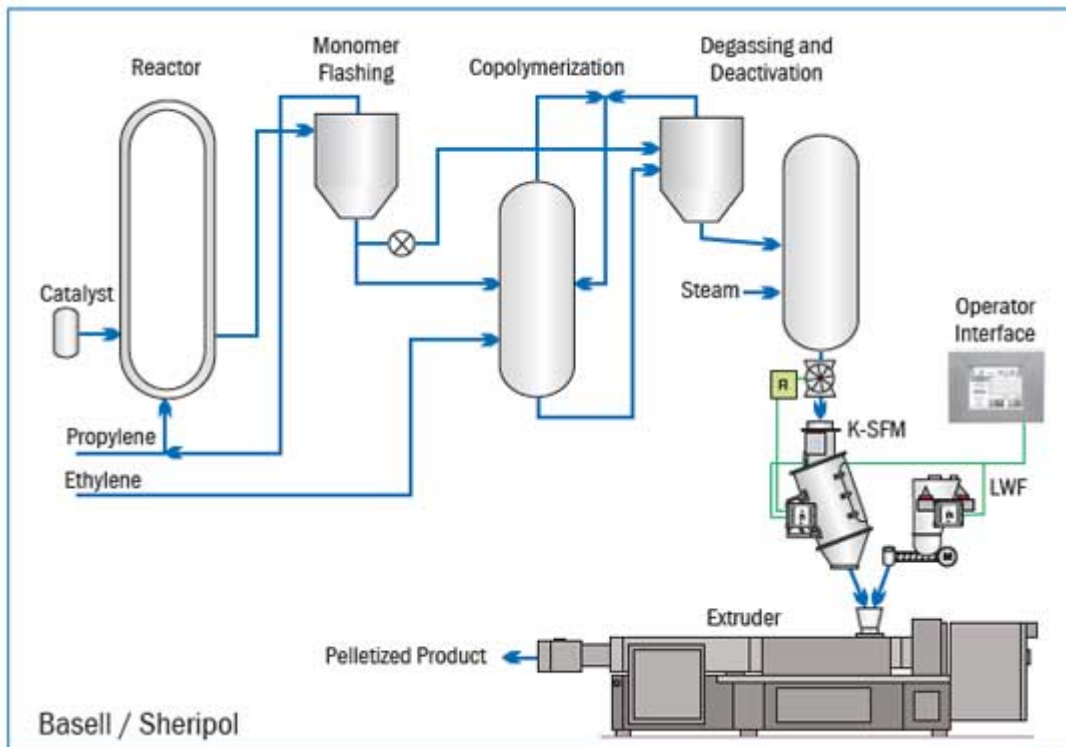
General scheme of propylene polymerization

Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagiranog monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 27:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera



Zadatom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagiranog monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 28:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera



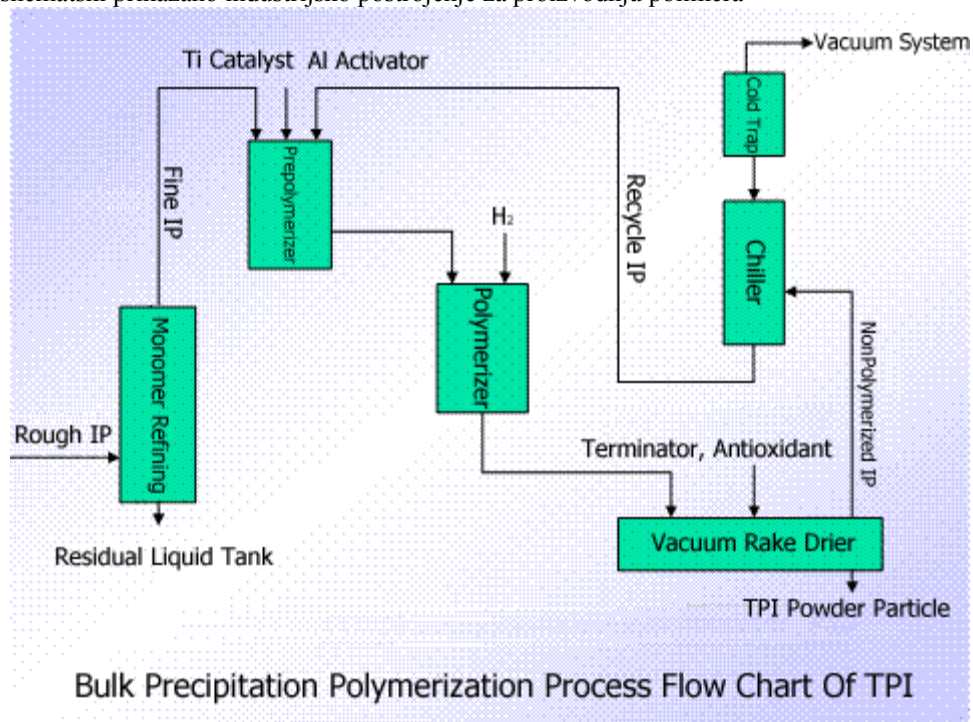
**ULSAN PET PROCESS**

Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagiranih monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 29:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

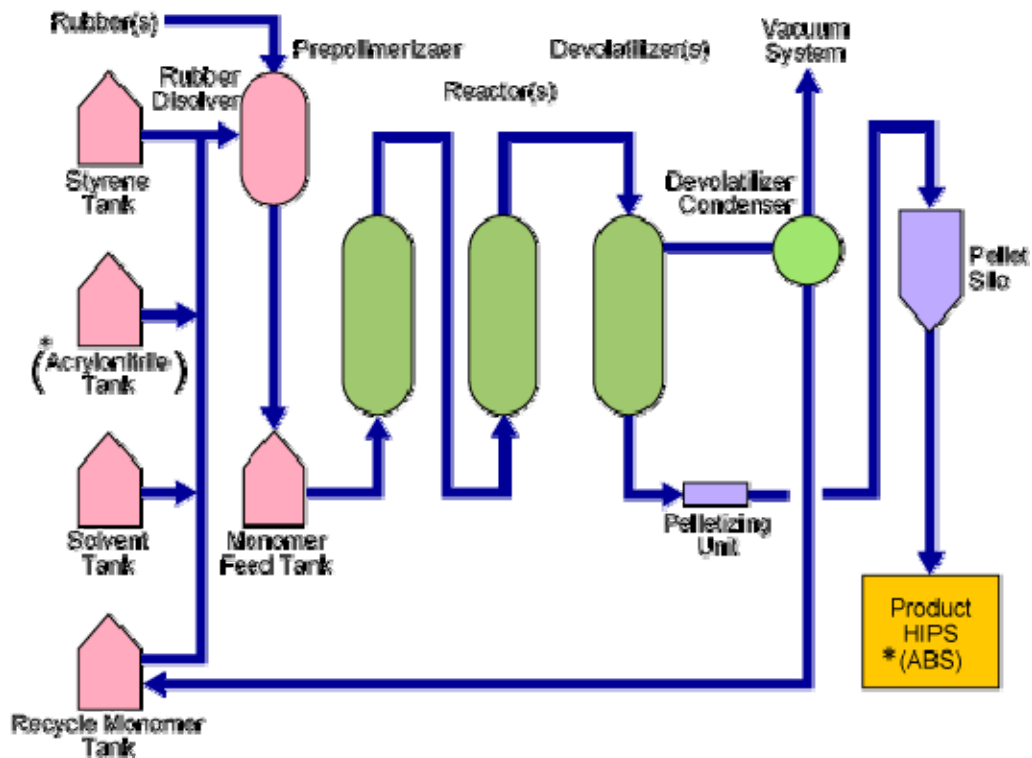


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagiranog monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 30:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

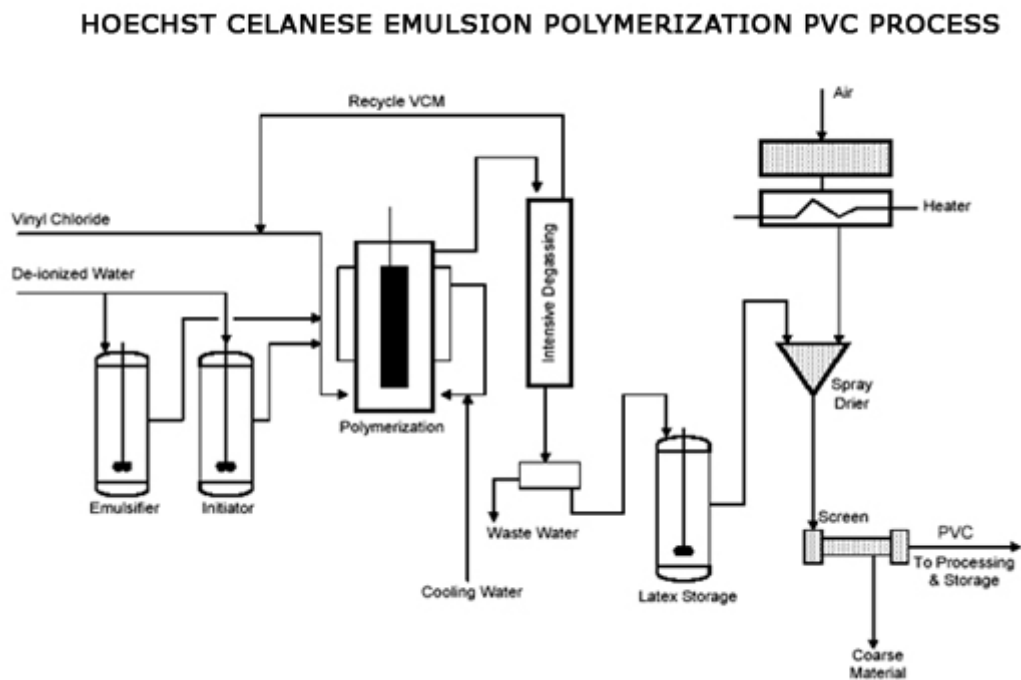


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagiranih monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 31:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera



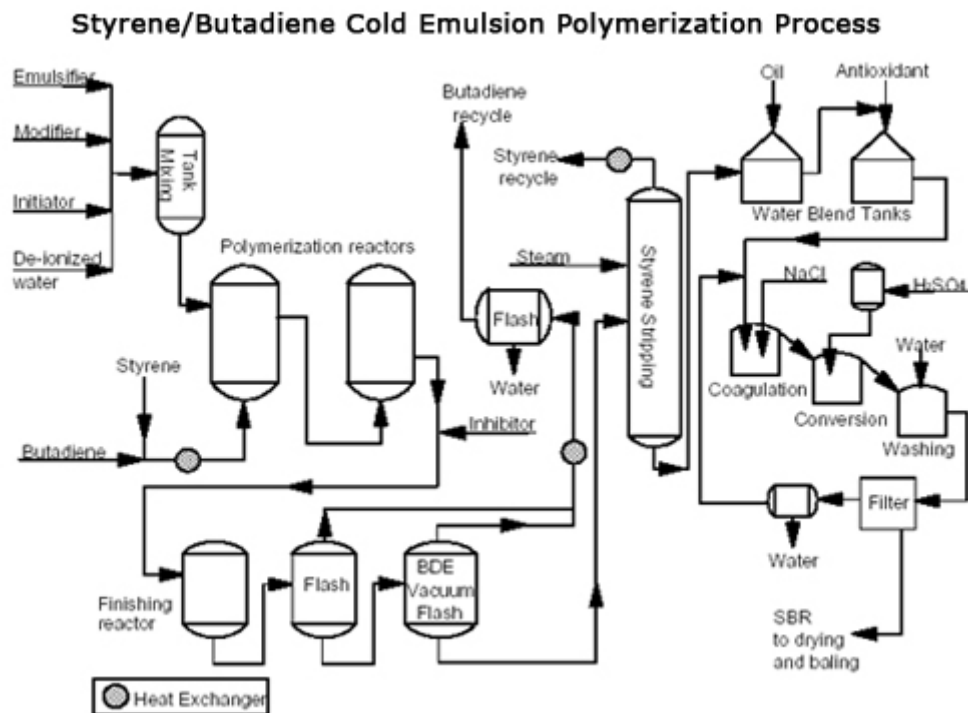
Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagiranog monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.



### Zadatak 32:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju

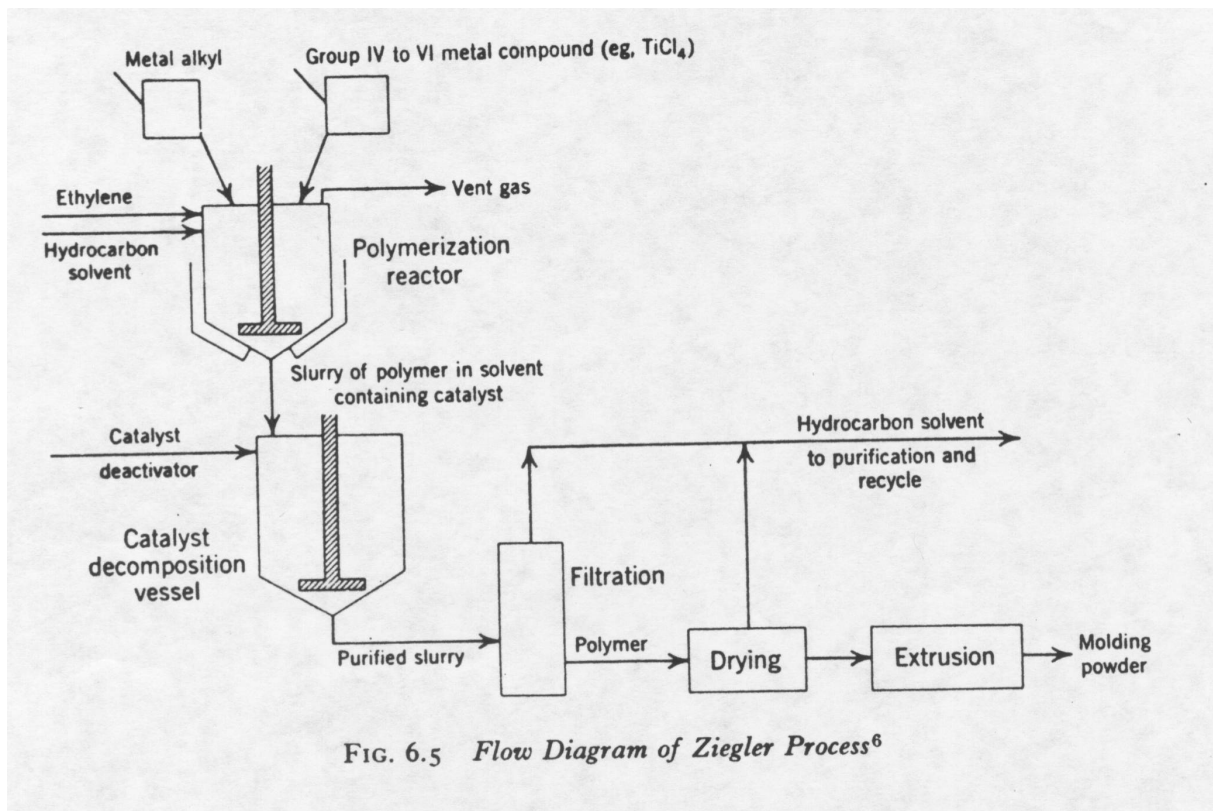


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 33:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

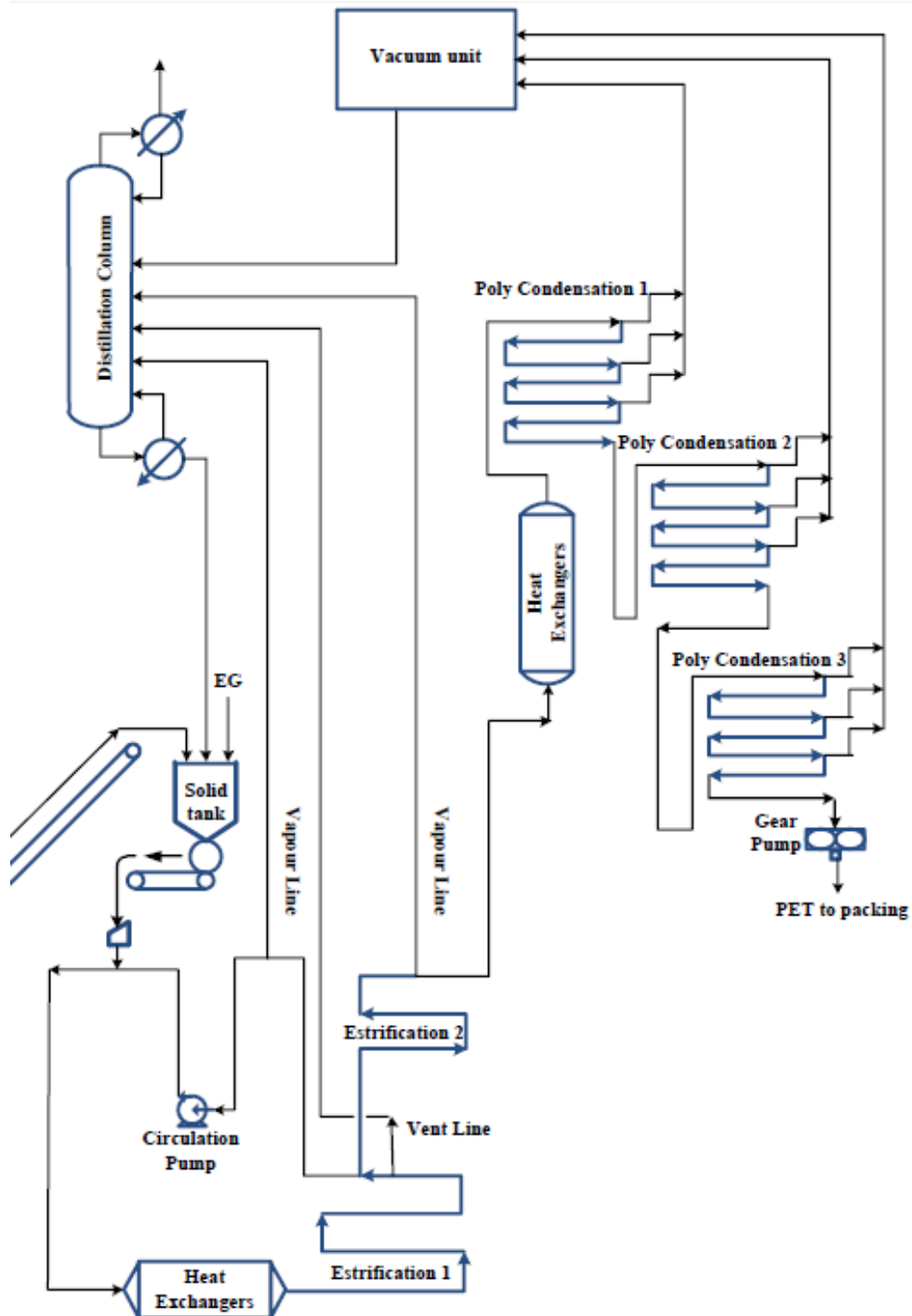


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 34:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

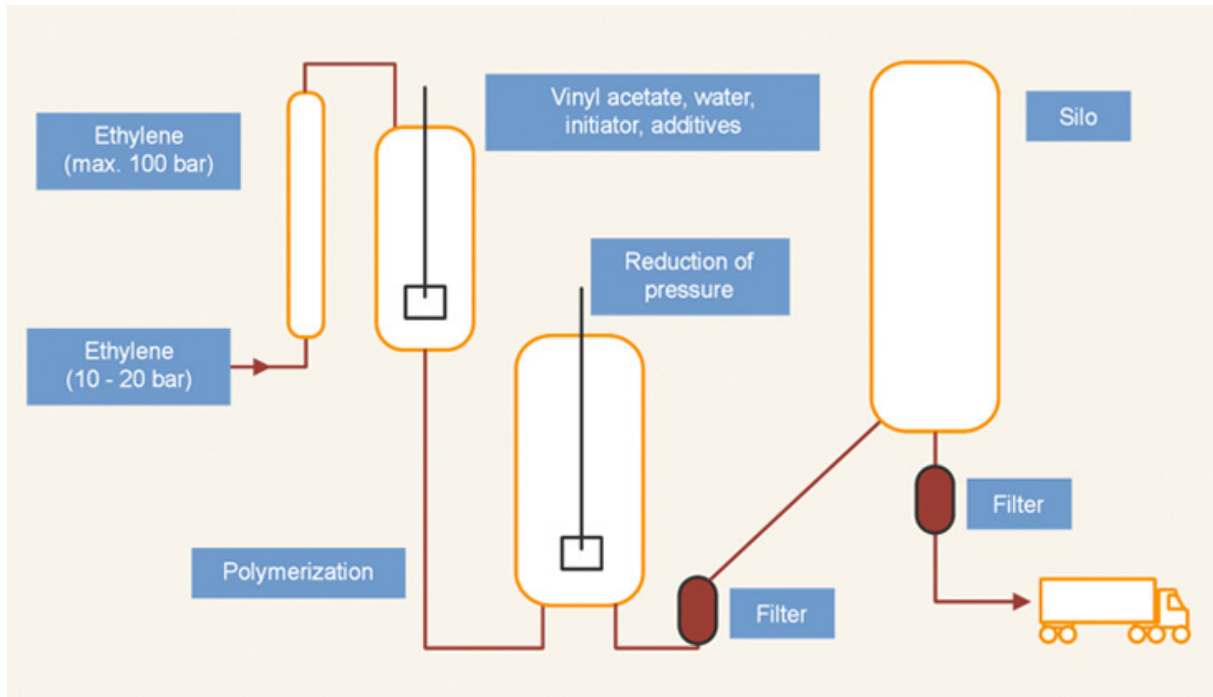


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 35:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

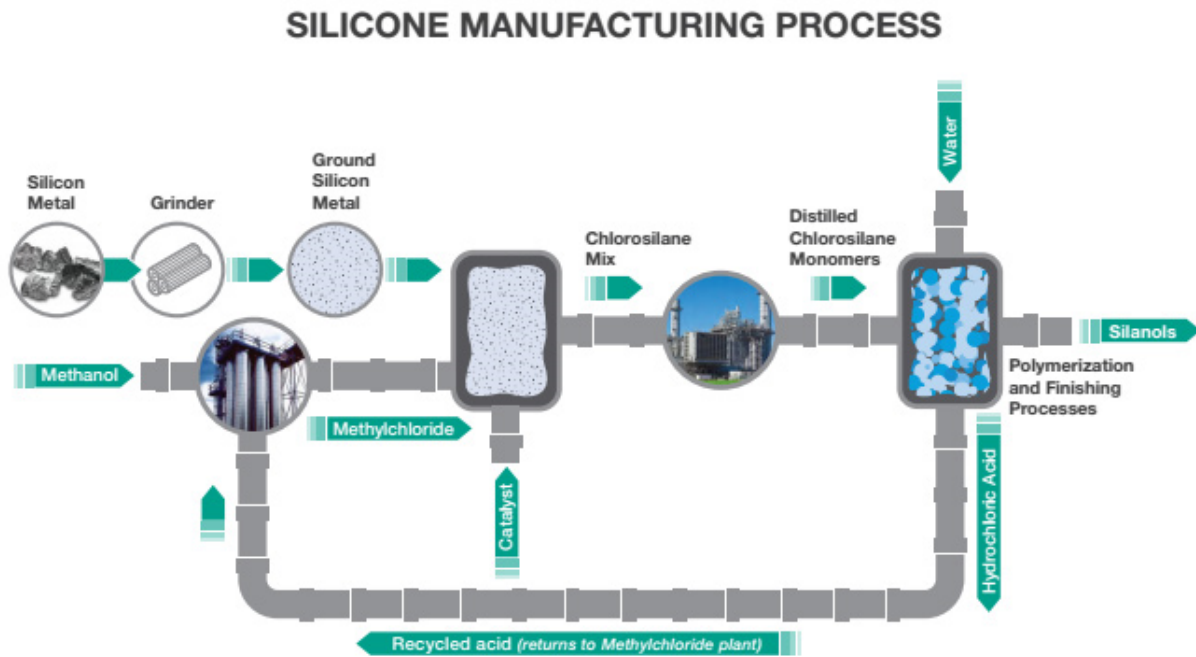


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 36:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera

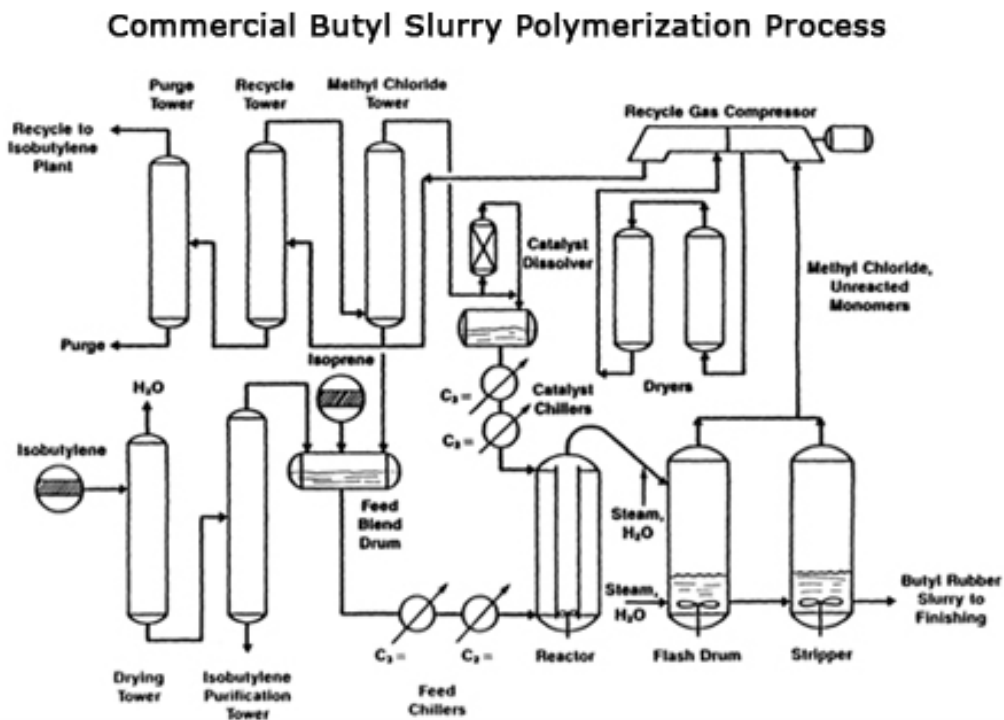


Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagirano monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.

### Zadatak 37:

Na slici je shematski prikazano industrijsko postrojenje za proizvodnju polimera



Zadatkom treba, uz konzultiranje dostupne literature, opisati sliku; napose:

1. identificirati monomer/monomere i tip produkta,
2. identificirati mehanizam polimerizacije,
3. specificirati uvjete u reaktoru,
4. identificirati vrstu reaktora,
5. identificirati način odvođenja reakcijske topline,
6. opisati način separacije neizreagiranih monomera od produkta,
7. predložiti katalizator/kokatalizator za provedbu reakcije.