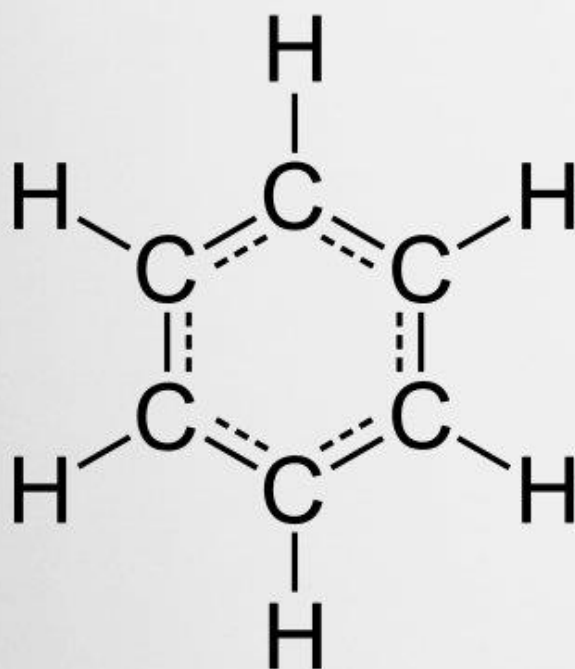


Шеста Српска хемијска олимпијада



NIS
GAZPROM NEFT

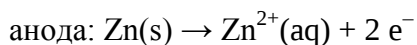
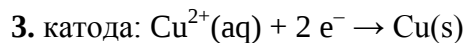
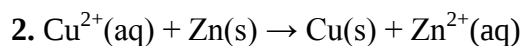


ONE RING TO RULE THEM ALL.

Београд, 23-25. маја 2019.

Задатак 1: Данијелов елемент

1. Тачан одговор је само **в**.



4.

$$\Delta_r H^{\circ} = \Delta_f H^{\circ}(\text{Zn}^{2+}) - \Delta_f H^{\circ}(\text{Cu}^{2+}) = -218,2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S^{\circ} = S^{\circ}(\text{Cu}) + S^{\circ}(\text{Zn}^{2+}) - S^{\circ}(\text{Cu}^{2+}) - S^{\circ}(\text{Zn}) = -20,9 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r G^{\circ} = \Delta_r H^{\circ} - T \Delta_r S^{\circ} = -212,0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r G^{\circ} = -nFE^{\circ}$$

$$E^{\circ} = \frac{\Delta_r G^{\circ}}{-nF} = \boxed{+1,10 \text{ V}}$$

5.

$$\begin{aligned} E &= E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln Q = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} = \\ &= 1,10 \text{ V} - \frac{(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(298,15 \text{ K})}{2 \cdot 96500 \text{ F}} \ln \frac{0,01 \text{ M}}{0,05 \text{ M}} = \boxed{1,12 \text{ V}} \end{aligned}$$

За алтернативни податак о E° добија се 2,22 V.

6. Додатак раствора бакар(II)-сулфата:

Мешање раствора:

$$[\text{Cu}^{2+}]_1 (50,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}) + (5,00 \cdot 10^{-3} \text{ L})(0,100 \text{ M}) = [\text{Cu}^{2+}]_2 (55,0 \cdot 10^{-3} \text{ L})$$

$$[\text{Cu}^{2+}]_2 = \frac{[\text{Cu}^{2+}]_1 (50,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}) + (5,00 \cdot 10^{-3} \text{ L})(0,100 \text{ M})}{(55,0 \cdot 10^{-3} \text{ L})} =$$

$$[\text{Cu}^{2+}]_2 = 0,909[\text{Cu}^{2+}]_1 + 9,09 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Нернстова једначина за почетно стање: } E_1 = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]_1}$$

Нернстова једначина након додатка: $E_2 = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]_2}$

$$E_2 - E_1 = -\frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]_2} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]_1} = \frac{RT}{nF} \left(\ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]_1} - \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]_2} \right) =$$

$$= \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Cu}^{2+}]_2}{[\text{Cu}^{2+}]_1}$$

$$0,0077 \text{ V} = \frac{(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(298,15 \text{ K})}{2 \cdot 96500 \text{ F}} \ln \frac{0,909[\text{Cu}^{2+}]_1 + 9,09 \cdot 10^{-3}}{[\text{Cu}^{2+}]_1}$$

$$[\text{Cu}^{2+}]_1 = 9,96 \cdot 10^{-3} \text{ M} = \boxed{1,0 \cdot 10^{-2} \text{ M}}$$

Додатак раствора цинк-сулфата:

$$[\text{Zn}^{2+}]_1 (50,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}) + (5,00 \cdot 10^{-3} \text{ L})(0,100 \text{ M}) = [\text{Zn}^{2+}]_2 (55,0 \cdot 10^{-3} \text{ L})$$

$$[\text{Zn}^{2+}]_2 = \frac{[\text{Zn}^{2+}]_1 (50,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}) + (5,00 \cdot 10^{-3} \text{ L})(0,100 \text{ M})}{(55,0 \cdot 10^{-3} \text{ L})} =$$

$$[\text{Zn}^{2+}]_2 = 0,909[\text{Zn}^{2+}]_1 + 9,09 \cdot 10^{-3}$$

Нернстова једначина за почетно стање: $E_1 = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]_1}{[\text{Cu}^{2+}]}$

Нернстова једначина након додатка: $E_2 = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]_2}{[\text{Cu}^{2+}]}$

$$E_2 - E_1 = -\frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]_2}{[\text{Cu}^{2+}]} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]_1}{[\text{Cu}^{2+}]} = \frac{RT}{nF} \left(\ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]_1}{[\text{Cu}^{2+}]} - \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]_2}{[\text{Cu}^{2+}]} \right) =$$

$$= \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]_1}{[\text{Zn}^{2+}]_2}$$

$$-0,0012 \text{ V} = \frac{(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(298,15 \text{ K})}{2 \cdot 96500 \text{ F}} \ln \frac{[\text{Zn}^{2+}]_1}{0,909[\text{Zn}^{2+}]_1 + 9,09 \cdot 10^{-3}}$$

$$[\text{Zn}^{2+}]_1 = 0,0481 \text{ M} = \boxed{0,048 \text{ M}}$$

7. У полућелији једног Данијеловог елемента налази се 50,0 mL раствора бакар(II)-сулфата концентрације 9,94 mM. Када се у овај раствор дода 25,0 mL амонијака концентрације 0,24 M, електромоторна сила елемента смањује се за 0,229 V. Израчунати константу стабилности комплексног јона $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Константа стабилности неког комплекса (β) је равнотежна константа која одговара једначини хемијске реакције у којој се тај комплекс добија из металног јона и лиганата.

Додатком амонијака се аналитичка концентрација јона бакра(II) смањује на $\frac{50,0}{75,0} \cdot 9,94 \text{ mM} = 6,63 \text{ mM}$. Применом Нернстове једначине (в. питање 6) добијамо да је

концентрација јона бакра(II) након додатка амонијака $[\text{Cu}^{2+}]_2 = 1,73 \cdot 10^{-10} \text{ M}$. Овако мала концентрација бакра указује да је велика већина јона бакра наградила комплекс, те да је концентрација насталог комплекса приближно једнака аналитичкој концентрацији јона бакра(II). Аналитичка концентрација амонијака у раствору је $\frac{25,0}{75,0} \cdot 0,24 \text{ M} = 0,080 \text{ M}$. Како

амонијак реагује са Cu^{2+} у стехиометријском односу 4:1, крајња концентрација амонијака износи $0,080 \text{ M} - 4 \cdot 6,63 \text{ mM} = 0,0535 \text{ M}$. Константа стабилности тетраамминбакра(II)-јона је:

$$\beta = \frac{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}}{[\text{Cu}^{2+}][\text{NH}_3]^4} = \frac{6,63 \cdot 10^{-3}}{(1,73 \cdot 10^{-10} \text{ M})(0,0535 \text{ M})^4} = \boxed{4,68 \cdot 10^{12}}.$$

8. Из израза $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ + T \Delta_r S^\circ$ и $\Delta_r G^\circ = -nFE^\circ$ следи:

$$E^\circ = -\frac{\Delta_r H^\circ}{nF} + \frac{\Delta_r S^\circ}{nF} T$$

одакле се види да утицај температуре на електромоторну силу зависи од предзнака промене реакционе ентропије. Како је овде промена реакционе ентропије негативна, повећање температуре изазива смањење електромоторне силе Данијеловог елемента. Једини тачан одговор је **в**.

Задатак 2

1. $K' = 3,46 \times 10^{-3}$

2. $m = 47 \text{ kg}$

3. $\Delta G = -2,6 \text{ kJ/mol}$

4. $\Delta G = 23 \text{ kJ/mol}$

5. $c = 1,0 \times 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$

6. $c = 5,08 \times 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$

7. $\theta = 0,197$

8. $K = 3,46 \times 10^6$

Задатак 3: Не зове се „обојени” без разлога

$$1. K_2 = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}][\text{OH}^-]^2} = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]K_w^2} = \frac{1}{K_w^2 K_1} = \boxed{4,2 \cdot 10^{13}}$$

2. Таласне дужине од 260 и 1050 nm леже ван видљивог дела спектра (380–740 nm), па апсорпција на овим таласним дужинама не може бити узрок боје. Да би раствор био наранџасто обојен, он мора апсорбовати светлост таласних дужина ближих плавом (комплементарне боје) делу видљивог спектра (односно граници видљивих и ултраљубичастих делова). Тачан одговор је **410 nm**.

3. Биланс масе хрома у раствору је:

$$[\text{CrO}_4^{2-}] + 2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = \frac{9,9 \cdot 10^{22} \text{ L}^{-1}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 0,165 \text{ M}$$

По услову задатка раствор мора бити жут, односно, мора важити:

$$\frac{[\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} \geq 9$$

Уврштавањем вредности за гранични случај у прву једначину добијамо:

$$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = \frac{0,165}{9+2} = 0,015 \text{ M}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 9[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,135 \text{ M}$$

Помоћу ових концентрација из израза за K_1 или K_2 добија се:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{CrO}_4^{2-}]^2 K_1}} = \sqrt{\frac{0,015}{0,135^2 \cdot 2,4 \cdot 10^{14}}} = 5,9 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = \boxed{7,23}$$

4.

$$\frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{CrO}_4^{2-}]^2} = K_1[\text{H}^+]^2$$

$$\frac{x}{(9x)^2} = 2,4 \cdot 10^{14} \cdot (10^{-6})^2$$

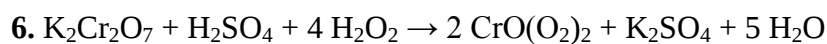
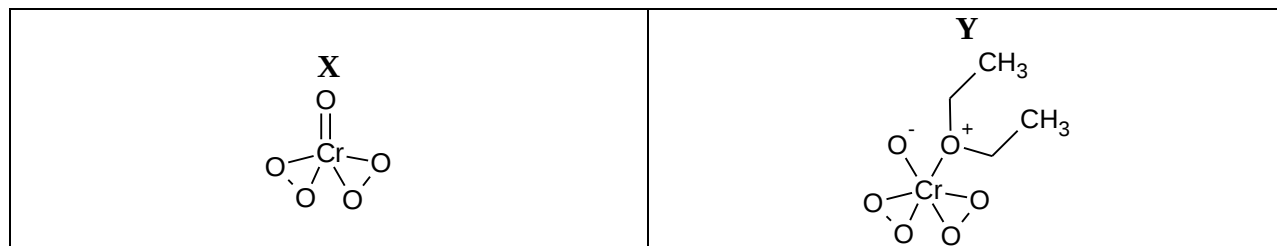
$$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = x = 5,14 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 9x = 4,63 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$c_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] + \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]}{2} = 2,83 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = c_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) \cdot V \cdot M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \boxed{83 \text{ mg}}$$

5.



7. Не долази до промене оксидационог броја хрома. У оба једињења оксидациони број хрома је **+6**.

8. Метанол и етанол су у потпуности мешљиви са водом, тако да тачан одговор може да буде само **1-пентанол**.

9. Како се количина једнако смањује у одређеним временским периодима, разлагање X је процес првог реда.

$$\frac{1}{4} c_0 = c_0 e^{-k \cdot (1 \text{ min})}$$

$$k = \ln 4 = 1,4 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{\ln 2}{1,4 \text{ min}^{-1}} = 0,5 \text{ min} = \boxed{30 \text{ s}}$$

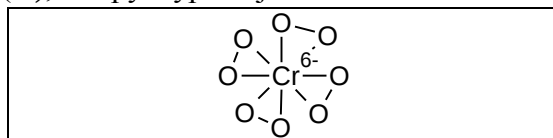
До решења се може доћи и без употребе формула, јер ако је минут неопходан да се концентрација супстанце смањи четири пута, онда је пола минута неопходно да би се она смањила два пута; током сваког минута протичу два периода полураспада.

10. Највероватније је да со **Z** чине калијум, хром и кисеоник. Из величине магнетног момента соли следи да хром садржи један неспарени електрон, па му оксидациони број мора бити **+5**. Разумно је претпоставити и да **Z** садржи пероксидне лиганде. Ако **Z** представимо општом формулом $\text{K}_{2n+2m-5}\text{CrO}_m(\text{O}_2)_n$, за моларну масу соли важи:

$$297 = 39(2n + 2m - 5) + 52 + 16m + 32n = 94m + 110n - 143$$

$$94m + 110n = 440$$

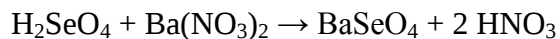
Прво целобројно решење добија се за $m = 0$ и $n = 4$, па је со **Z** калијум-тетрапероксохромат(V), а структура анјона:



Задатак 4: S(e)

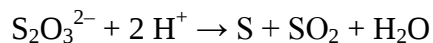
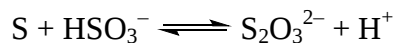
1. $n(\text{HS}_2\text{O}_7^-) = 4,4 \text{ mmol}$, $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,1 \text{ mmol}$ у 1 kg киселине

2. електролиза: $2 \text{ CuSeO}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ Cu} + \text{O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{SeO}_4$



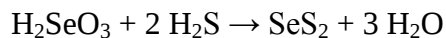
$A_r(\text{M}) = 64$, $A_r(\text{X}) = 79$

3. $2 \text{ HS}^- + \text{HSO}_3^- \rightarrow 3 \text{ S} + 3 \text{ OH}^-$



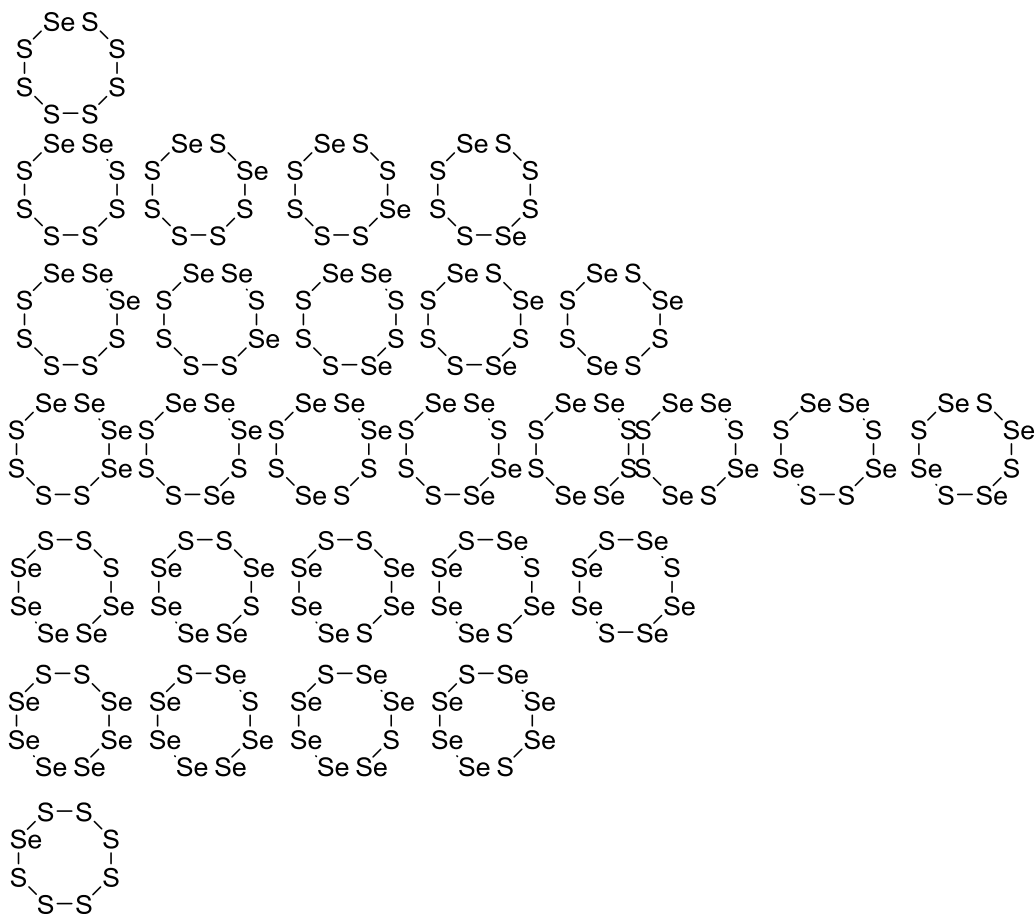
2/3 радиоактивности

4. $\text{SeCl}_4 + 2 \text{ Na}_2\text{S} \rightarrow \text{SeS}_2 + 4 \text{ NaCl}$



SeS_2

Признају се све разумне вредности релативних заступљености.



Реагенс: SCl_2 , Сульфид Y: Se_5S_3

5. **A** = $\text{CH}_3\text{SC}_3\text{H}_5$, **Б** = $\text{C}_3\text{H}_5\text{SC}_3\text{H}_5$, **В** = $\text{CH}_3\text{SSC}_3\text{H}_5$, **Г** = $\text{CH}_3\text{SSSCH}_3$, **Д** = $\text{CH}_3\text{SSSC}_3\text{H}_5$,
Ђ = $\text{C}_3\text{H}_5\text{SSSC}_3\text{H}_5$

Е = CH_3SeCH_3 , **Ж** = $\text{CH}_3\text{SeC}_3\text{H}_5$, **З** = $\text{CH}_3\text{SeSCH}_3$, **И** = $\text{CH}_3\text{SeSC}_3\text{H}_5$, **Ј** = $\text{CH}_3\text{SSeSCH}_3$,
К = $\text{CH}_3\text{SSeSC}_3\text{H}_5$

Задатак 5

1. 7,55 g

2. 67,6 % KBr

32,4 % BaCl₂

3. $7,6 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} < c < 0,005 \text{ mol dm}^{-3}$

4. $2 \text{ CrO}_4^{2-} + 2 \text{ H}^+ = \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

5. 35,3 mg

6. Ba(CN)₂

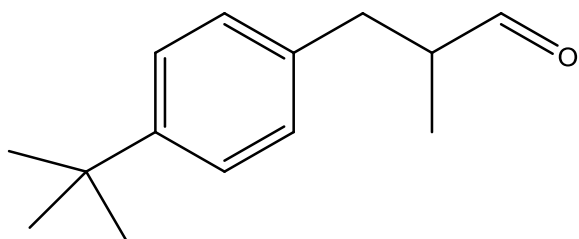
7. 78,9 mg LiF

14,0 mg LiCl

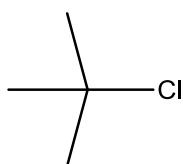
60,3 mg LiI

Задатак 6

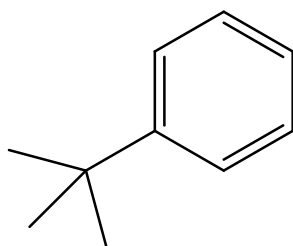
A =



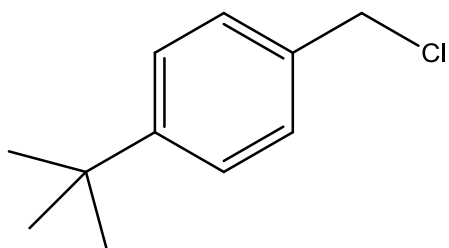
B =



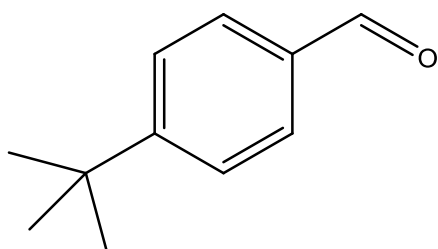
C =



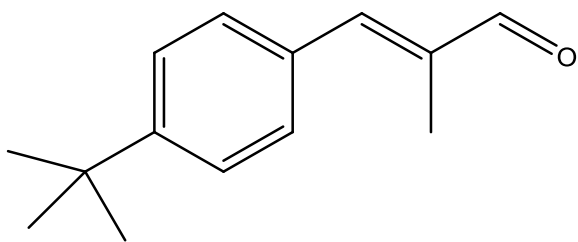
D =



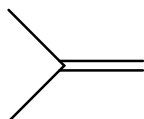
E =



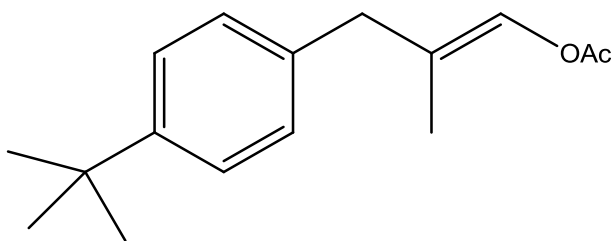
F =



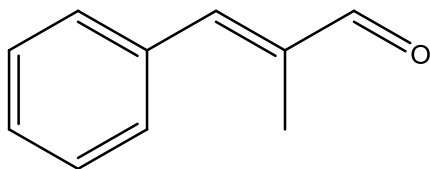
G =



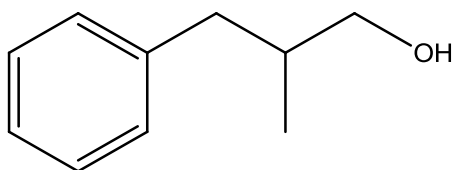
H =



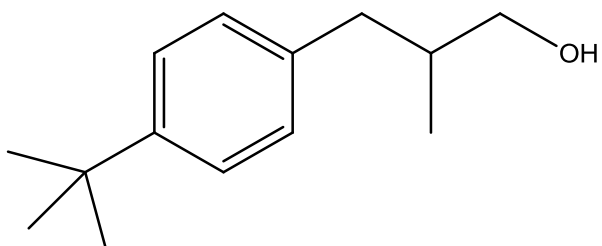
I =



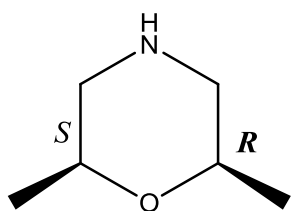
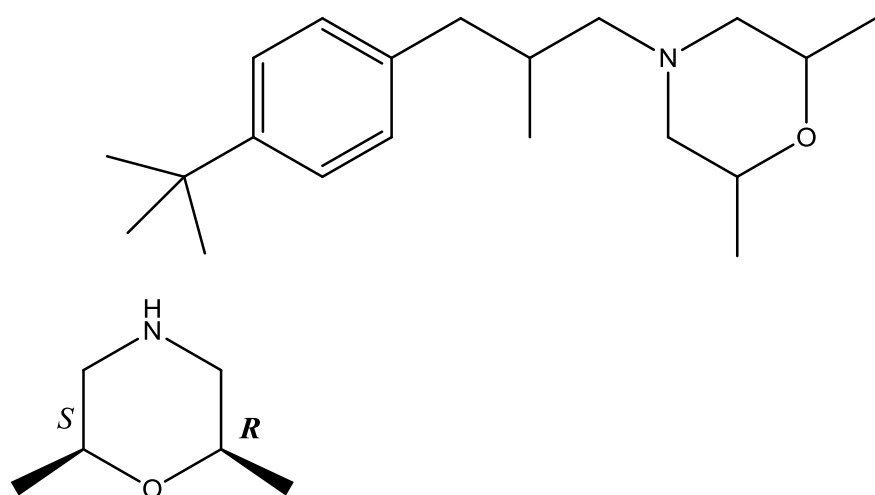
J =



K =

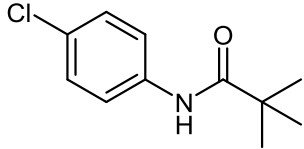
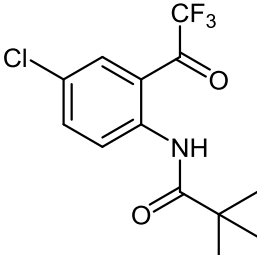
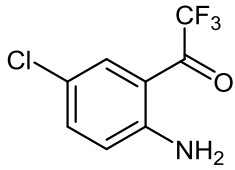
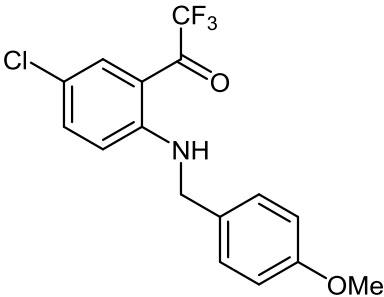
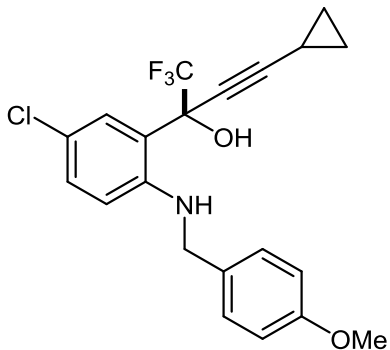


L =

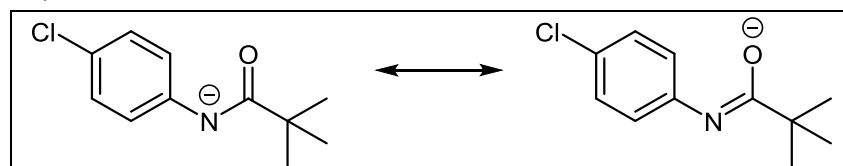


Задатак 7: Синтеза ефавиренза

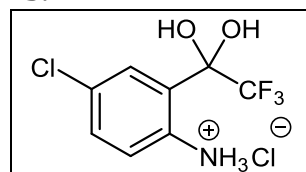
1.

$A =$ 	$B =$ 
$B =$ 	$F =$ 
$D =$ 	

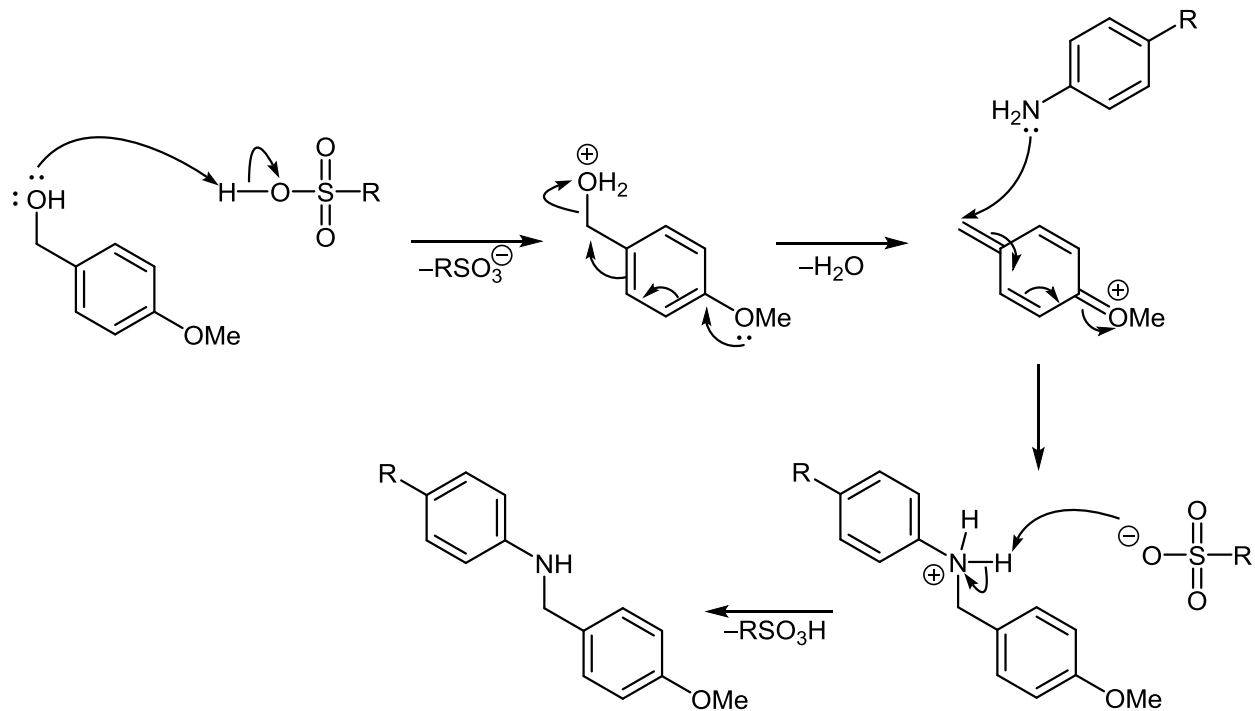
2.



3.



4.



5.

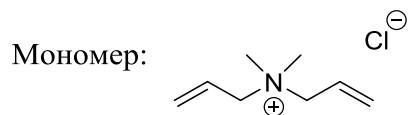
^6Li NMR	Врста
1,10 (синглет)	II
1,36 (дублет), 0,51 (синглет)	VI
1,19 (триплет), 0,45 (дублет)	IV
0,07 (триплет)	I
1,08 (дублет дублета), 0,30 (мультиплет), 0,21 (мультиплет), 0,00 (мультиплет)	V
0,05 (квартет)	III

апсолутна конфигурација: S

апсолутна конфигурација: S

Задатак 8: Зрно по зрно...

1. a)

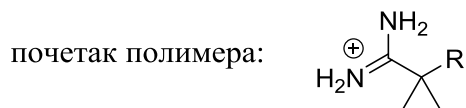
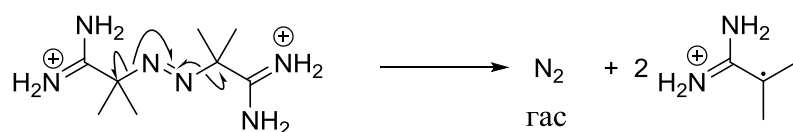


Механизам полимеризације је слободно-радикалски.

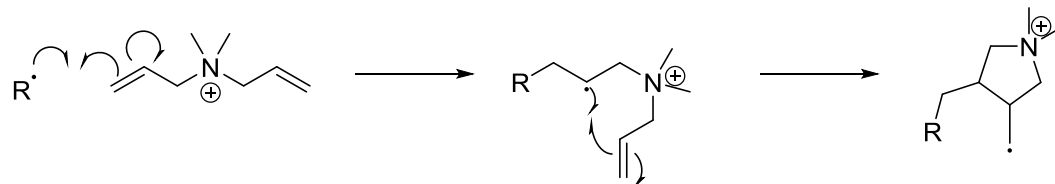
У питању је хомогена полимерзација.

Добија се кополимер.

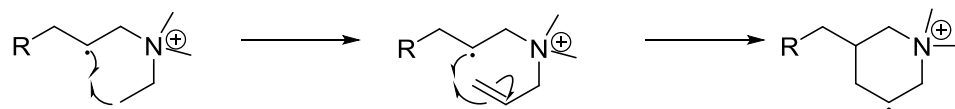
б)



в)



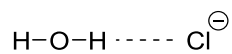
г)



д) Реакција би се успорила у одсуству заштитне атмосфере.

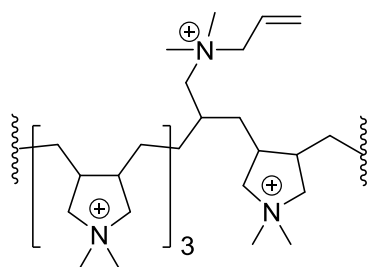
Ланци полимера би били краћи у одсуству заштитне атмосфере.

ђ) Интеракције одговорне за расворљивост полимера у води су водоничне везе и јон-дипол привлачења.

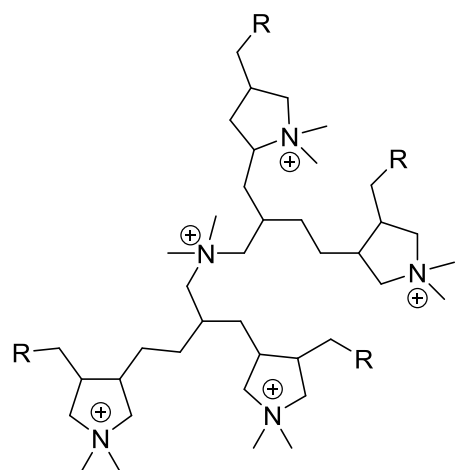


За примену полимера одговорна су јон-јон привлачења.

e)

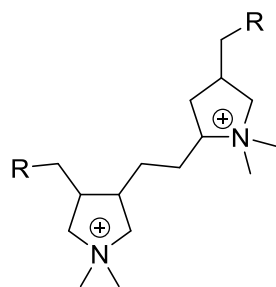


жс)



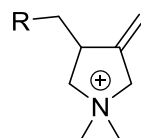
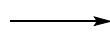
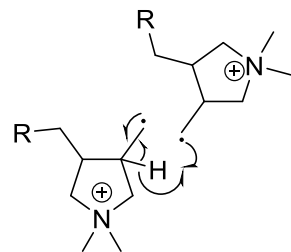
з)

рекомбинација:

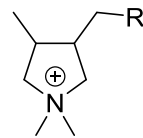


дужи ланац

диспропорција:

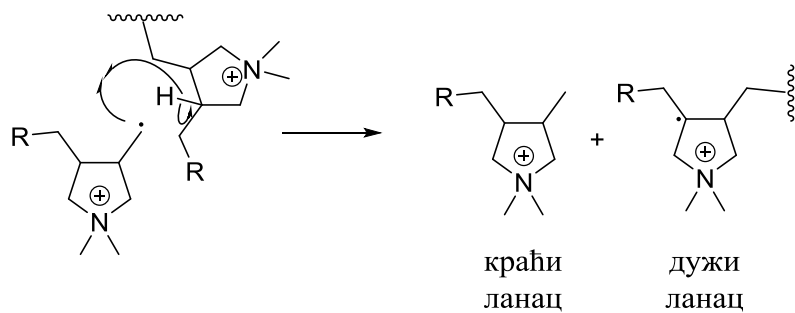


+



иста дужина
ланца

пренос ланца:

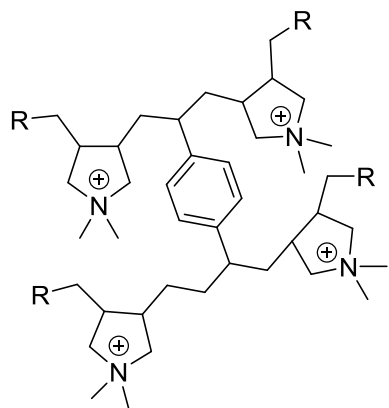


u)

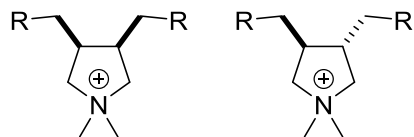
Настао је умрежен кополимер.

Амонијум-персулфат је иницијатор.

Дивинилбензен је један од мономера.



j)



Такви полимери су изотактични или синдиотактични.

Атактични би имао највећу растворљивост у води.

2. a)

$$2:n = a:b \Rightarrow n = \frac{2b}{a}$$