



ՕԼԻՄՊԻԱԴԱ 2016

ՔԻՄԻԱ

ՀԱՆՐԱՊԵՏԱԿԱՆ ՓՈՒԼ

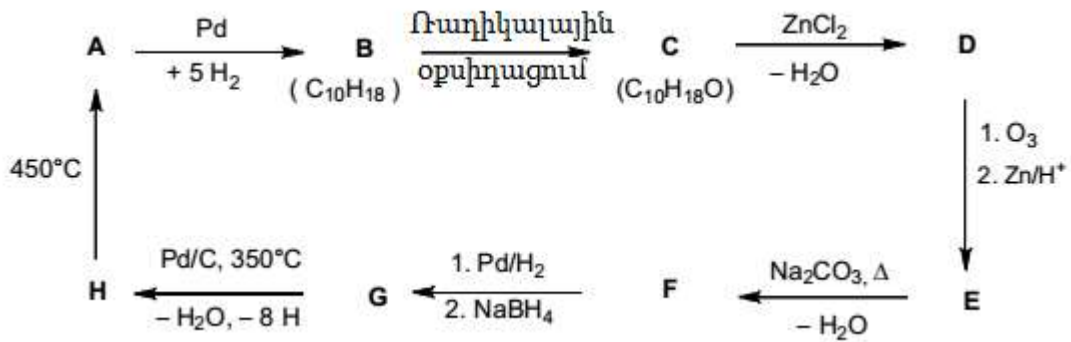


11-12-րդ դասարաններ

Խնդիր 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	գ ու մ ար այ ի ն
1	1	1	1	1	1	1	1	(8 մ ի ս վ ո թ )

Որոշե՛ք A–H միացությունների կառուցվածքը (առանց հաշվի առնելու տարածական կառուցվածքը), անվանեք միացությունները, գրե՛ք ռեակցիաների հավասարումները ըստ հետևյալ ուրվագրի.

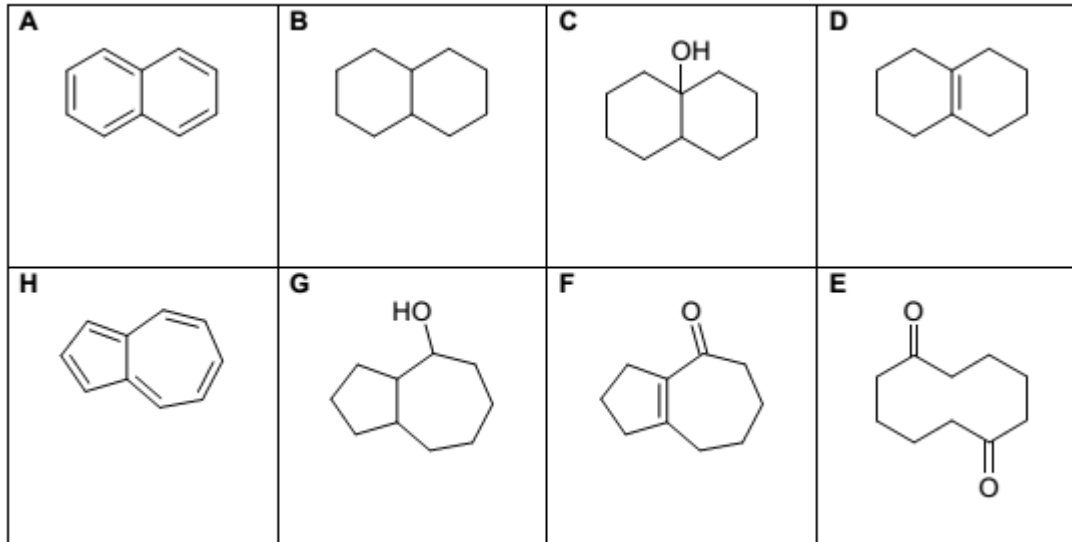


Հաշվի առեք, որ՝

- A – շատ հայտնի արոմատիկ ածխաջրածին է:
- C նյութի լուծույթը հեքսանում փոխազդում է նատրիումի հետ գազի անջատումով, բայց չի օքսիդանում քրոմական թթվով:
- Ինչպես D, այնպես էլ E պարունակում են միայն երկու տեսակի CH<sub>2</sub>-խումբ (ըստ <sup>13</sup>C ЯMP-սպեկտրի).
- E նյութի լուծույթը նատրիումի կարբոնատի հետ տաքացնելիս սկզբում առաջանում է անկայուն ինտերմեդիատ, որը դեհիդրատացման արդյունքում փոխարկվում է F-ի:




Լուծում

Եթե հիդրման արդյունքներով որոշենք A նյութի էմպիրիկ բանաձևը, ապա կստանանք  $\text{C}_{10}\text{H}_{18} - 5\text{H}_2 = \text{C}_{10}\text{H}_8$ . Հանրահայտ արոմատիկ միացությունը, որնունի  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$  էմպիրիկ բանաձևը նավթալին է, իսկ B-ն՝ դեկալինը



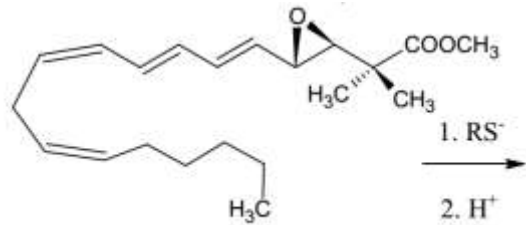
**Խնդիր 2**

1	2	3	4	5	գումարային
1	1	1	2	2	7

Օքսիրանների (էպօքսիդներ) համարվում է ցիկլի բացումը, որը կարելի է իրականացնել տարբեր ճանապարհներով: Ցիկլի բացումը, որը կատարվում է թթվով, ընթանում է էկատիոնային ինտերմեդիատի (կարբենային իոնների ձևով) առաջացումով: Տեղակալված օքսիրաններում ցիկլի բացման ուղղությունը (թե, որ C–O կապն է կտրվում) որոշվում է միջանկյալ իոնի կայունությամբ. որքան կայուն է կարբենային իոնն, այնքան հավանական է նրա առաջացումը: Սակայն հարթ կառուցվածքով իոնները որպես ինտերմեդիատներ առաջանում են, եթե նրանք երրորդային են, բենզիլային կամ ալիլային: Եթե ցիկլի բացումը կատարվում է հիմքով, ապա առավելապես կտրվում է տարածականորեն քիչ դժվարացված C–O կապը: Առաջադրանքը կատարելիս բոլոր տեղերում նշե՛ք ստերեոքիմիան՝ խմբերի տարածական դասավորվածությունը: Տարածական կառուցվածքը ներկայացնելիս օգտվեք միայն հետևյալ նշաններից.   

**ա) Ներկայացրե՛ք** 2,2-դիմեթիլօքսիրանի (1,2-էպօքսի-2-մեթիլպրոպան), ինչպես նաև մեթանոլի հետ նրա փոխազդեցության հիմնական արգասիքները ցածր ջերմաստիճանում որպես կատալիզատոր օգտագործելով 1) ծծմբական թթուն 2) NaOCH<sub>3</sub>:

**բ)** Ներկայացրեք հիմնական արգասիքի կառուցվածքը, որն առաջանում է ստորև բերված միացության ցիկլի բացումից, երբ այն փոխազդում է թիոլատ անիոնի (RS<sup>-</sup>) հետ, հետագա թթվեցումով:



Թթվային բնույթի տարբեր ծակոտկեն այլումոսիլիկատներ նույնպես կարող են կատալիզել ալկիլօքսիդանների փոխարկումները: Այս դեպքում ցիկլի բացման հետ միասին որպես հիմնական ուղղություն է համարվում է 1,4-դիօքսանների առաջացումը (դիօքսանը հազեցած վեցանդամանի հետերոցիկլ է երկու թթվածնի ատոմով՝ 1,4-դիրքում):

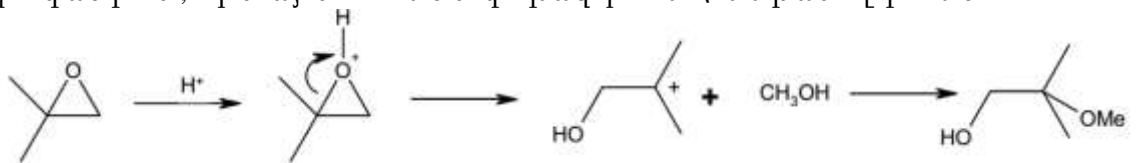
գ) Ներկայացրե՛ք (*S*)-2-մեթիլօքսիրանի ((*S*)-1,2-էպօքսիպրոպան) կառուցվածքը և առավել հավանական 1,4-դիօքսանի կառուցվածքային բանաձևը, որն ստացվում է նրանից այլումոսիլիկատների կատալիտիկ ազդեցությամբ:

դ) Ներկայացրե՛ք (*R*)-1,2-էպօքսի-2-մեթիլբրոմանի ((*R*)-2-էթիլ-2-մեթիլօքսիրան) և տեղակալված 1,4-դիօքսանների կառուցվածքները, որոնք առաջանում են այլումոսիլիկատների կատալիտիկ ազդեցությամբ:

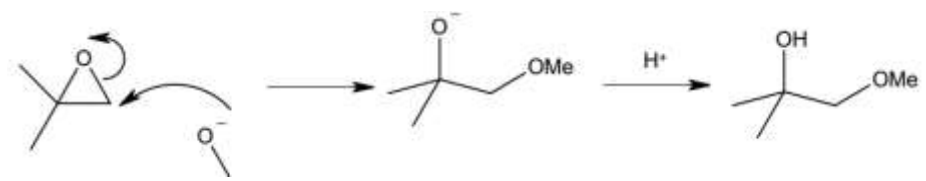
ե) Ներկայացրե՛ք տեղակալված 1,4-դիօքսանների կառուցվածքները, որոնք առաջանում են այլումոսիլիկատների կատալիտիկ ազդեցությամբ, եթե սկզբնական էպօքսիդն է ռացեմիկ 1,2-էպօքսի-2-մեթիլբրոմանը (2-էթիլ-2-մեթիլօքսիրանը):

**Լուծում**

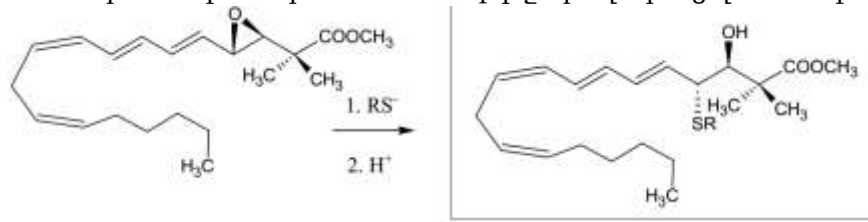
ա) Թթվային միջավայրում ընթանում է թթվածնի պրոտոնացում և էպօքսիդային ցիկլի բացում՝ առաջացնելով երրորդային կարբոնկատիոն, որն այնուհետև փոխազդում է մեթանոլի հետ.



ռեակցիայի ռեգիոսելեկտիվությունը որոշվում է երրորդային կարբոնկատիոնի համեմատական կայունությամբ: Հիմնային միջավայրում ընթանում է  $S_N2$ -տեղակալում, հարձակման է ենթարկվում տարածականորեն ամենաքիչ դժվարացված ածխածնի ատոմը.

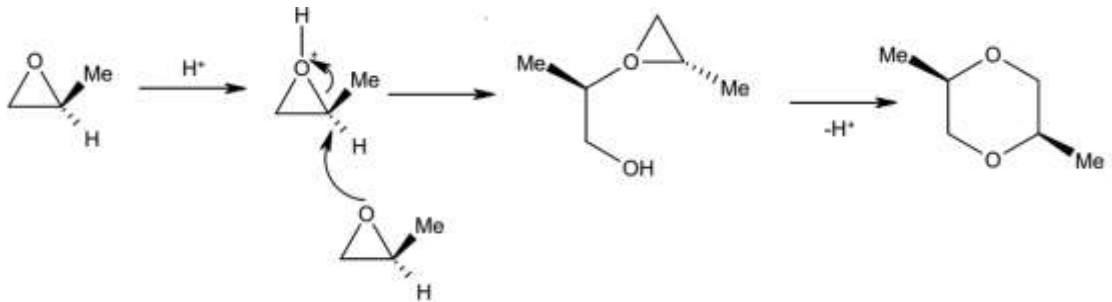


բ) Ցիկլիզացումը կատարվում է  $S_N2$ -մեխանիզմով, նույն կլեոֆիլը հարձակվում է տարածականորեն ամենաքիչ ղժվարացված ածխածնի



ատումի վրա.

գ) Մկզբից հավանաբար տեղի է ունենում թթվածնի պրոտոնացում: Մակայնցիկլիզացվելիս երկրորդային կարբոկատին չի առաջանում տեղի ունենում նույն կլեոֆիլ հարձակումն սամել մոլեկուլ է պոքսիդիկոդից, իսկ այս դեպքում հարձակման է ենթարկվում առավել տեղակաված ածխածնի ատումը, քանի որ այն կրում է ամենամեծ դրական լիցքը: Այս դեպքում ռեակցիան ընթանում է կոնֆիզուրացիայի լրիվ շրջապտույտով:



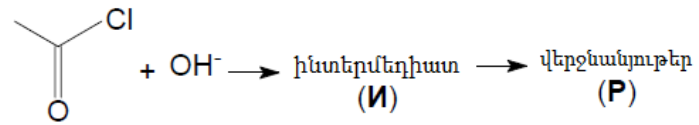
դ) ի տարբերություն գ կետի տրված է պոքսիդից կարող է առաջանալ երրորդային կարբոկատին, որը հանգեցնում է լրիվ ռացեմիզացիայի նհարավոր է 3 իզոմերների առաջացում. (R,R),(S,S) և (R,S) (մեզո և ձևը).

ե) Քանի որ ռեակցիան ընթանում է հարթ կարբոկատինի վրայով առաջանում են նույն արգասիքները, ինչ որ դեպքում:

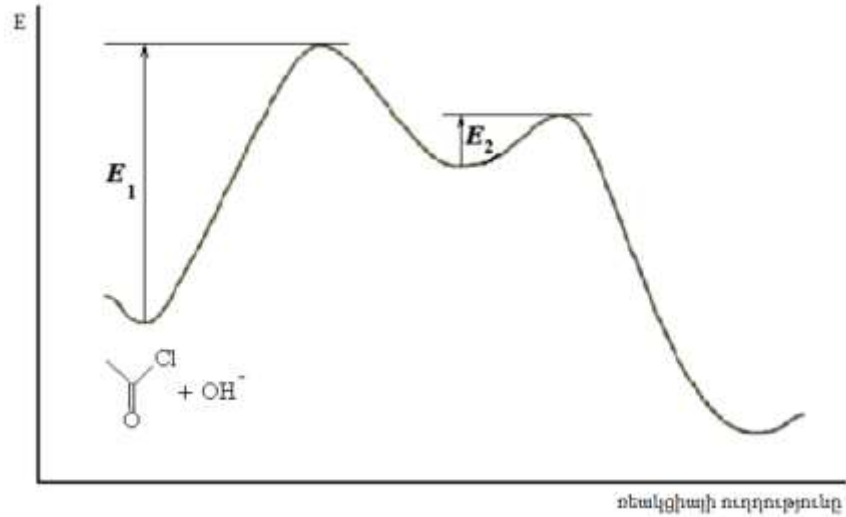
**Խնդիր 3**

Ռեակցիաների մեխանիզմների որոշումը հանդիսանում է քիմիական կինետիկայի հիմնական խնդիրները մեկը: Այդ խնդիրը սովորաբար լուծվում է փորձական կինետիկական տվյալները քվանտաքիմիական հաշվարկներից ստացված արդյունքների հետ համեմատության մեջ դնելու միջոցով: Քննարկենք երկու օրինակ:

Օրինակ 1. Ացետիլքլորիդի հիմնային հիդրոլիզը, որն անդարձելի ռեակցիա է, իր մեջ ներառում է երկու տարրական փուլ՝



Այս ռեակցիայի էներգետիկ դիագրամը բերված է նկարում:

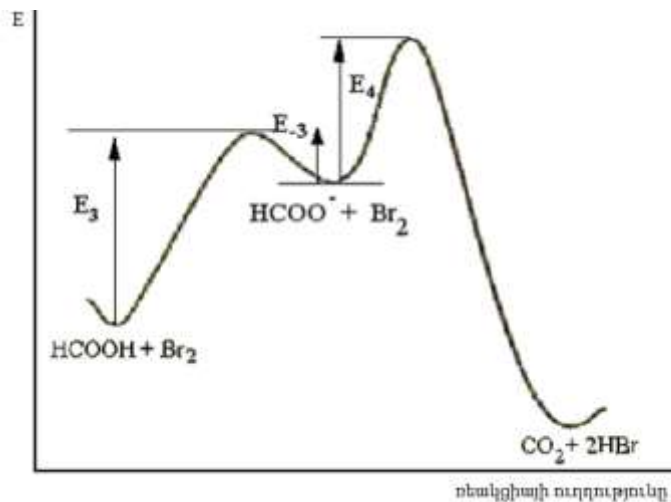


1. Որոշե՛ք ռեակցիայի ինտերմեդիատի և վերջնանյութերի կառուցվածքյին բանաձևերը:
2. Էներգետիկ դիագրամի վրա ցույց տվե՛ք ինտերմեդիատի (**И**), երկու անցողիկ վիճակների (**ԱՎ1** և **ԱՎ2**) և վերջնանյութերի (**Р**) դիրքերը:
3. Գտե՛ք ռեակցիայի լիմիտավորող փուլը:
4. Տվյալ ռեակցիայի համար դուրս բերե՛ք կինետիկական հավասարում և որոշե՛ք ռեակցիայի կարգը:
5. Ինչպե՞ս է կախված ընդհանուր ակտիվացման էներգիան ( $E$ ) առանձին փուլերի ակտիվացման էներգիաներից ( $E_1$  և  $E_2$ ):

*Օրինակ 2.* Մրջնաթթվի օքսիդացումը բրոմով ջրային միջավայրում ունի հետևյալ գումարային քիմիական հավասարումը՝  $\text{HCOOH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{Br}^- + 2\text{H}^+$ : Կինետիկ հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ ռեակցիայի վերջնանյութերի առաջացման արագությունը ( $w$ ) կախված է կոնցենտրացիայից հետևյալ բանաձևով՝

$$w = k \cdot \frac{[\text{Br}_2] \cdot [\text{HCOOH}]}{[\text{H}^+]}$$

Այս ռեակցիայի էներգետիկ դիագրամն ունի հետևյալ տեսքը՝



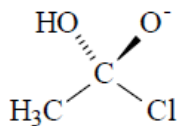
Ռեակցիայի մեխանիզմն իր մեջ ներառում է երկու տարրական փուլ, որոնցից մեկը դարձելի է:

6. Որոշե՛ք ռեակցիայի ընդհանուր կարգը:
7. Առաջարկե՛ք ռեակցիայի մեխանիզմ, որը բավարարում է ն՛ էներգետիկ դիագրամին, և՛ կինետիկական հավասարմանը:
8. Ձեր առաջարկած մեխանիզմի հիման վրա դուրս բերե՛ք ռեակցիայի արագության ընդհանուր հաստատունի և առանձին փուլերի արագության հաստատունների միջև կախվածությունն արտահայտող բանաձևը:
9. Ինչպե՞ս է կախված ընդհանուր ակտիվացման էներգիան (E) առանձին փուլերի ակտիվացման էներգիաներից (E<sub>3</sub>, E<sub>-3</sub> և E<sub>4</sub>):

**Լուծում**

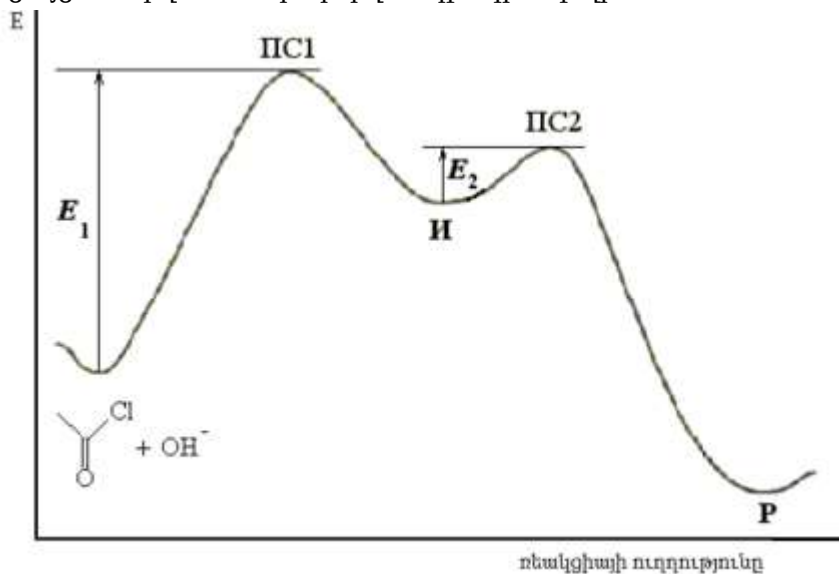
*Օրինակ 1.*

1. Ինտերմեդիատի կառուցվածքը՝



Ռեակցիայի վերջնանյութերն են՝ (P) – CH<sub>3</sub>COOH և Cl<sup>-</sup>

2. Ինտերմեդիատի (И), երկու անցողիկ վիճակների (УՎ1 և УՎ2) և վերջնանյութերի (P) դիրքերը ցույց են տրված ստորև բերված դիագրամի վրա:



3. Էներգետիկ արգելքն առաջին ռեակցիայում ավելի մեծ է քան երկրորդում, հետևաբար՝ լիմիտավորող փուլն առաջինն է:
4. Ռեակցիայի արագությունը հավասար է լիմիտավորող փուլի արագությանը՝  

$$w = k_1 \cdot [CH_3COCl] \cdot [OH^-]$$

Ռեակցիայի ընդհանուր կարգը երկրորդ է:

5. Ընդհանուր ակտիվացման էներգիան հավասար է առաջին փուլի ակտիվացման էներգիային՝

$$E = E_1$$

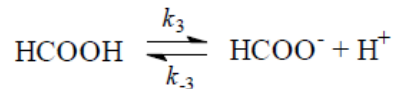
*Օրինակ 2.*

6. Ռեակցիայի արագության արտահայտությունից՝

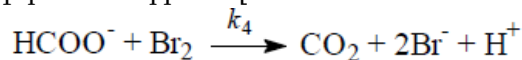
$$w = k \cdot \frac{[\text{Br}_2] \cdot [\text{HCOOH}]}{[\text{H}^+]}$$

երևում է, որ համարիչում առկա է 2 կոնցենտրացիաների արտադրյալ, իսկ հայտարարում՝ մեկ, այդ պատճառով ռեակցիայի ընդհանուր կարգը հավասար է լինում՝ 2-1=1:

7. Ռեակցիան սկսում է մրջնաթթվի դարձելի դիսոցումով՝



Առաջացած անիոնն օքսիդանում է բրոմով՝



Որտեղից էլ ռեակցիայի վերջնանյութերի առաջացման արագությունը՝

$$w = k_4 \cdot [\text{HCOO}^-] \cdot [\text{Br}_2]$$

Ստորև ներկայացված էներգետիկ դիագրամից հետևում է, որ մրջնաթթվի դիսոցման հավասարակշռությունն արագ է հաստատվում (հակադարձ ռեակցիայի համար ցածր էներգետիկ արգելք), բայց ֆորմիատ իոնը դանդաղ է ծախսվում երկրորդ փուլի ընթացքում (բարձր երկրորդ արգելք): Այդ պատճառով ֆորմիատ իոնների կոնցենտրացիան հնարավոր է որոշել՝ ելնելով կոնցենտրացիաների ստացիոնար վիճակի պայմանից՝

$$k_3 \cdot [\text{HCOOH}] = k_{-3} \cdot [\text{HCOO}^-] \cdot [\text{H}^+]$$

$$[\text{HCOO}^-] = \frac{k_3 \cdot [\text{HCOOH}]}{k_{-3} \cdot [\text{H}^+]}$$

Համադրելով ստացված արտահայտությունը կինետիկ հավասարման հետ՝ հանգում ենք հետևյալ արտահայտությանը՝

$$w = \frac{k_4 k_3 \cdot [\text{Br}_2] \cdot [\text{HCOOH}]}{k_{-3} \cdot [\text{H}^+]}$$

Որը համընկնում է փորձնական տվյալների հետ:

8. Ռեակցիայի արագության գումարային հաստատունն է՝

$$k = \frac{k_3 k_4}{k_{-3}}$$

- 9.

$$\ln k = \ln k_3 + \ln k_4 - \ln k_{-3}.$$

$$E = RT^2 \frac{d \ln k}{dT} = RT^2 \left( \frac{d \ln k_3}{dT} + \frac{d \ln k_4}{dT} - \frac{d \ln k_{-3}}{dT} \right) = E_3 + E_4 - E_{-3}$$

**Խնդիր 4.**

1	2	3	4	գումարային
1+1=2	2	2	2	8

Ատամի էմալը հիմնականում կազմված է հիդրօքսիապատիտից՝  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ , (մոլային զանգվածը 1004 գ/մոլ): Էմալի ամբողջությունը պահպանվում է այդ նյութի լուծման և նստվածքագոյացման պրոցեսի հավասարակշռության պահպանման միջոցով, քանի որ թթուն պարունակվում է կալցիում և ֆոսֆոր: Սակայն, հիդրօքսիապատիտները շատ զգայուն են թթվայնության փոփոխության նկատմամբ՝ թթվային սննդի կամ խմիչքի օգտագործումը կարող է բերել այսպես կոչված էմալի էրոզիայի՝ էմալի ոչ բակտերիալ քայքայում:

Ենթադրենք թթուն պարունակվում է 1 մՄ կալցիումի և 3 մՄ ֆոսֆորի իոններ, (ֆոսֆորը գրեթե ամբողջությամբ գտնվում է ֆոսֆատների կազմում), թթի նորմալ pH – ը հավասար է մոտ 7: Ֆոսֆորական թթվի թթվայնության հաստատուններն են  $7.1 \cdot 10^{-3}$ ,  $6.2 \cdot 10^{-8}$ ,  $5.0 \cdot 10^{-13}$ :

1. Ֆոսֆորական թթվի  $n$  ր անիոնն է գերակշռում թթուն: Որքա՞ն է նրա մոլային բաժինը  $a = [\text{անիոն}] / C_{PO_4}$  ( $C_{PO_4}$  – բոլոր տեսակի ֆոսֆատների գումարային կոնցենտրացիա):
2. Գնահատե՛ք հիդրօքսիապատիտի լուծելիության արտադրյալը  $K_s$  տվյալ պայմաններում:
3. Այն բանից հետո, երբ տղան խմեց նարնջի հյութ, նրա թթի pH – ը իջավ 4 – ի: Տվյալ թթվայնությամբ թթի հետ ատամների երկարատև շփման պայմաններում հիդրօքսիապատիտի ի՞նչ քանակություն կարող է տեսականորեն անցնել լուծույթ, եթե բերանի խոռոչում առկա հեղուկի ծավալը հավասար է 10 մլ:
4. «Կոլա» խմիչքը պարունակում է ֆոսֆորական թթու (160 մգ/լ հաշված ըստ ֆոսֆորի), որը հանդիսանում է անհրաժեշտ թթվայնության աղբյուրը: Հաշվե՛ք այդ խմիչքի pH – ը՝ հաշվի առնելով, որ այն առաջանում է միայն ֆոսֆորական թթվի հաշվին:

**Լուծում**

1. Գրենք ֆոսֆորական թթվի թթվայնության հաստատունի և ֆոսֆորի գումարային կոնցենտրացիան արտահայտող բանաձևերը:  $cPO_4 = [H_3PO_4] + [H_2PO_4^-] + [HPO_4^{2-}] + [PO_4^{3-}]$ : Հաշվենք ֆոսֆորական թթվի տարբեր ձևերի մոլային բաժինները՝

$$\alpha(H_2PO_4^-) = \frac{[H_2PO_4^-]}{c} = \frac{K_1[H^+]^2}{K_1K_2K_3 + K_1K_2[H^+] + K_1[H^+]^2 + [H^+]^3}$$

$$\alpha(HPO_4^{2-}) = \frac{K_1K_2[H^+]}{K_1K_2K_3 + K_1K_2[H^+] + K_1[H^+]^2 + [H^+]^3}$$

$$\alpha(PO_4^{3-}) = \frac{K_1K_2K_3}{K_1K_2K_3 + K_1K_2[H^+] + K_1[H^+]^2 + [H^+]^3}$$

pH = 7 դեպքում զգալի քանակներով գոյություն ունեն միայն հիդրո- և դիհիդրոֆոսֆատ իոնները: Իրենց մոլային բաժիններն են 0,38 և 0,62 համապատասխանաբար, հետևաբար՝ գերակշռում է դիհիդրոֆոսֆատ իոնը:

2. Օգտագործելով  $\alpha(PO_4^{3-})$ -ի որոշման արտահայտությունը՝ հաշվենք ֆոսֆատ իոնի հավասարակշռային կոնցենտրացիան pH 7 ( $5.74 \cdot 10^{-9}$  Մ) դեպքում: Լուծելիության արտադրյալի հավասարման մեջ տեղադրելով կալցիումի կոնցենտրացիան (1մՄ) և



Ֆոսֆատ ու հիդրոֆոսֆատ իոնների կոնցենտրացիաները՝ ստանում ենք՝  $K_s = [Ca^{2+}]^{10}[PO_4^{3-}]^6[OH]^{24} = 3.6 \cdot 10^{-94}$

3. Ենթադրելով, որ կալցիումի կոնցենտրացիան լուծվելուց հետո կլինի բավականին բարձր քան նախապես պարունակվում է թթում՝ անտեսենք թթում առկա կալցիումի և ֆոսֆորի կոնցենտրացիաները: Եթե լուծվելուց հետո առաջանում է  $x$  Մ կալցիում, ապա ֆոսֆորի կոնցենտրացիան  $pH = 4$  պայամանում հավասար կլինի  $0.6 \cdot x \cdot \alpha(PO_4^{3-})$ :

$K_s = x^{10} \cdot (0.6 \cdot x \cdot 3 \cdot 10^{-12})^6 \cdot (10^{-(14-pH)})^2$  - ից ստանում ենք, որ կալցիումի հավասարակշռային կոնցենտրացիան կազմում է 0,65 Մ, հետևաբար՝ 10 մլ հեղուկը կարող է լուծել մոտ 0,65 գ հիդրօքսիդապատիտ:

4. Հաշվենք ֆոսֆորական թթվի կոնցենտրացիան՝

$C(H_3PO_4) = 0,16 \text{ գ/լ} : 31 \text{ գ/մոլ} = 0,052 \text{ Մ}$ : Ֆոսֆորական թթվի դիսոցիացման առաջին փուլի հաստատունի հավասարումից,  $c = [H_3PO_4] + [H_2PO_4^-]$  արտահայտությունից և  $[H^+] = [H_2PO_4^-]$  հավասարությունից ստացվում է՝

$$[H^+] = \frac{-K_{a1} + \sqrt{K_{a1}^2 + 4K_{a1}c}}{2}$$

որտեղից էլ  $pH = 2,46$ :

### Խնդիր 5

1	2	3	4	5	Գումարային
2	1	1	1	1	6

Ինչպես և պարզ աղերը, կոմպլեքս աղերը նույնպես կազմված են անիոններից և կատիոններից, բայց իոններից մեկը կոմպլեքսային է և ունեն ոչ սովորական կառուցվածք: Կոմպլեքս աղը կազմված է երեք տեսակ մեկատոմանի մասնիկներից՝ կենտրոնական ատոմ, լիգանդներ, արտաքին ոլորտի հակաիոններ, ընդ որում բոլոր նշված մասնիկներն ունեն միանման էլեկտրոնային կոնֆիգուրացիա: Կոմպլեքս իոնի կենտրոնական ատոմը մեր մոլորակի վրա ամենատարածված կատիոնն է, որը, ըստ տնտեսության մեջ ունեցած կարևորության զիջում է միայն երկաթին: Կոմպլեքս աղում այդ տարրի պարունակությունն ըստ զանգվածի 12,86 % է: Այդ մեծ քանակներով ստանում են բոքսիտ միներալից, որը լուծում են հալված կրիոլիտում և ենթարկում էլեկտրոլիզի:

1. Ո՞ր մետաղի մասին է խոսքը: Բացի տարածվածությունից ո՞ր հատկությունների շնորհիվ է այն մեծ կիրառություն գտել:
2. Բերե՛ք վերոհիշյալ կոմպլեքս աղի բաղադրության մեջ մտնող մասնիկների լրիվ էլեկտրոնային կոնֆիգուրացիան: Գրե՛ք այն հնարավոր մասնիկները, որոնց կառուցվածքը նման է նշված մետաղի կոնֆիգուրացիային: Հաշվարկներով գտեք լիգանդը և արտաքին ոլորտի իոնոգեն խումբը:
3. Հաշվարկների հիման վրա գրե՛ք կոմպլեքս միացության բաղադրությունը:
4. Այդ աղը հանդիպում է բնության մեջ հանքանյութի ձևով: Տվե՛ք հանքանյութի անվանումը:

5. Գրե՛ք էլեկտրոլիզի գումարային հավասարումը, որն իրականացվում է արդյունաբերության մեջ: Ինչո՞ւ լինելով երկրակեղևի ամենատարածված մետաղը և ունենալով մատչելի հումք մնում է թանկ:

**Լուծում**

1. Ամենատարածված մետաղը երկրակեղևում այլումինն է: Նրա կարևոր տնտեսական կիրառությունը կապված է թեթևության, պլաստիկության, բարձր էլեկտրա- և ջերմահաղորդականության, կոռոզիայի նկատմամբ կայունության հետ:

2. Այլումինի +3 օքսիդացման աստիճանով իոններն ունեն  $1s^2 2s^2 2p^6$  էլեկտրոնային

կոնֆիգուրացիան: Նման կոնֆիգուրացիա ունեն նաև  $Mg^{2+}, Na^+, Ne, F^-, O^{2-}, N^{3-}$  մասնիկները:

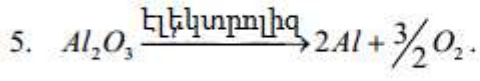
Ելնելով կոմպլեքսում այլումինի պարունակությունից հեշտ է հաշվել նրա մոլային զանգվածը՝  $27,0/0,1286 = 210$  գ/մոլ, որից 183-ը բաժին է ընկնում լիզանդներին և արտաքին ոլորտի իոններին: Այն դեպքում, երբ լիզանդները լինեն թթվածնի ատոմները աղը կոմպլեքսային չի լինի, ընտրությունը սահմանափակվում է ֆտորով

և ազոտով: Կատիոններ կարող են լինել  $Mg^{2+}$  և  $Na^+$ , քանի որ բնության մեջ այդպիսի էլեկտրոնային կոնֆիգուրացիայով ուրիշ կատիոն չկա:

Եթե կոմպլեքսը պարունակի  $n$  հատ  $N^{3-}$ , ապա լիցքի կոմպենսացիայի համար աղի բաղադրության մեջ պետք է լինի  $(3n-3)/2$  մագնեզիումի և  $3n-3$  նատրիումի կատիոններ, եթե կոմպլեքսը պարունակի ֆտորի  $n$  իոններ, ապա կպարունակվի  $n-3/2$  մագնեզիումի կամ  $n-3$  նատրիումի կատիոններ: Մնում է լուծել հետևյալ հավասարումները

Հավասարումները ճշգրիտ լուծելով ստացվում է  $Na_3[AlF_6]$ .  
Թանկությունը

4.  $\omega_F = 6 \cdot 19/210 = 54.28\%$ ,  $\omega_{Na} = 3 \cdot 23/210 = 32.86\%$ .



Մետաղի թանկությունը պայմանավորված է էներգիայի ծախսով: