

ამოცანა 1. სპილენძის მწვანე მარილი (22 ქულა)

დავალება	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	ჯამური ქულა
ქულა	3	2	3	2	4	3	5	22

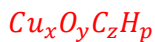
ჰაერზე მიმდინარე ჟანგვის პროცესი მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს მეტალებს და მათ შენადნობებს. ამ დროს მიმდინარე პროცესს კოროზია (corodere - ლათინური სიტყვაა და ქართულად ამოჭმას ნიშნავს) ეწოდება. კოროზიის თვალსაჩინო მაგალითია აშშ-ს ქალაქ ნიუ-იორკში ბრინჯაოსაგან დამზადებული თავისუფლების



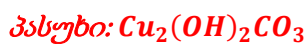
ქანდაკება. ბრინჯაოში შემავალი სპილენძის ჰაერის ჟანგბადთან, ნახშირორჟანგთან და ტენთან ურთიერთქმედების შედეგად მწვანე ფერი აქვს მიღებული.

ამ შეფერილობას განაპირობებს A მარილი, რომლის მიღებაც ლაბორატორიულ პირობებში შესაძლებელია სპილენძ(II)-ის სულფატზე B მარილის მოქმედებით, რომელიც „სასმელი სოდის“ სახელითაა ცნობილი.

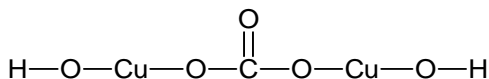
- 1.1 დაადგინეთ A მარილის მოლეკულური ფორმულა, რომელიც ფუძე მარილს წარმოადგენს, თუ მასში ელემენტების პროცენტული შემცველობაა: სპილენძი - 57.65%, ჟანგბადი - 36.03%, ნახშირბადი 5.4%, წყალბადი - 0.9%.



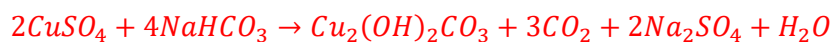
$$x : y : z : p = \frac{57.65}{64} : \frac{36.03}{16} : \frac{5.4}{12} : \frac{0.9}{1} \approx 0.9 : 2.25 : 0.45 : 0.9 = 1 : 2.5 : 0.5 : 1 = 2 : 5 : 1 : 2$$



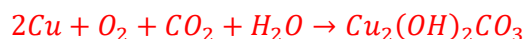
- 1.2 შეადგინეთ A მარილის სტრუქტურული (გრაფიკული) ფორმულა.



- 1.3 შეადგინეთ ლაბორატორიულ პირობებში A მარილის მიღების რეაქციის ტოლობა.

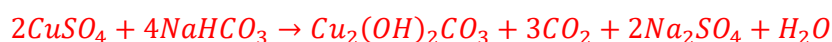


1.4 შეადგინეთ ბუნებრივ პირობებში A მარილის წარმოქმნის რეაქციის ტოლობა.



A მარილის მიღებისას 0.5 მოლი/ლ კონცენტრაციის სპილენძ(II)-ის სულფატის 200 მლ ხსნარს დაამატეს B ნივთიერების 500 გ 2.52%-იანი ხსნარი. მიღებული ნარევი გაფილტრეს, რის შემდეგაც ხსნარის მოცულობა შეავსეს 2000 მლ-მდე.

1.5 დაადგინეთ წარმოქმნილი A მარილის მასა.



$$n(CuSO_4) = 0.5 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ მოლი}$$

$$m(NaHCO_3) = 500 \cdot 0.0252 = 12.6 \text{ გ}$$

$$n(NaHCO_3) = 12.6 : 84 = 0.15 \text{ მოლი}$$

რეაქციის მიხედვით $n(CuSO_4) : n(NaHCO_3) = 1 : 2$, პირობის მიხედვით

$$n(CuSO_4) : n(NaHCO_3) = 0.1 : 0.15 = 1 : 1.5$$

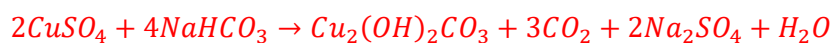
ამიტომ ჭარბია $CuSO_4$. შესაბამისად:

$$n(Cu_2(OH)_2CO_3) = n(NaHCO_3) : 4 = 0.15 : 4 = 0.0375 \text{ მოლი}$$

$$m(Cu_2(OH)_2CO_3) = 0.0375 \cdot 222 = 8.325 \text{ გ}$$

პასუხი: 8.325 გ

1.6 დაადგინეთ მიღებულ ხსნარში ნივთიერებათა მოლური კონცენტრაციები (მოლი/ლ).



რეაქციის მიხედვით

$$n_{\text{დახარჯული}}(CuSO_4) = n(NaHCO_3) : 2 = 0.15 : 2 = 0.075 \text{ მოლი}$$

$$n_{\text{დარჩენილი}}(CuSO_4) = n(CuSO_4) - n_{\text{დახარჯული}}(CuSO_4) = 0.1 - 0.075 = 0.025 \text{ მოლი}$$

$$n(Na_2SO_4) = n(NaHCO_3) : 2 = 0.15 : 2 = 0.075 \text{ მოლი}$$

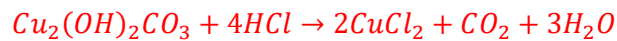
$$C(CuSO_4) = C(CuSO_4) : V = 0.025 : 2 = 0.0125 \text{ მოლი/ლ}$$

$$C(Na_2SO_4) = n(Na_2SO_4) : 2 = 0.075 : 2 = 0.0375 \text{ მოლი/ლ}$$

პასუხი: $C(CuSO_4) = 0.0125$ მოლი/ლ, $C(Na_2SO_4) = 0.0375$ მოლი/ლ

რეაქციის შედეგად მიღებული A მარილი დაამუშავეს ჭარბი მარილმჟავით, რის შემდეგაც გამოყოფილი აირი გაატარეს ნატრიუმის ტუტის 100 გ 5%-იან ხსნარში.

1.7 დაადგინეთ ტუტის ხსნარში გატარების შედეგად მიღებული ხსნარის პროცენტული შედგენილობა.



რეაქციის მიხედვით

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3) = 0.0375 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{NaOH}) = 100 \cdot 0.05 = 5 \text{ გ}$$

$$n(\text{NaOH}) = 5 : 40 = 0.125 \text{ მოლი}$$



რეაქციის მიხედვით $n(\text{NaOH}) : n(\text{CO}_2) = 2 : 1$, პირობის მიხედვით

$$n(\text{NaOH}) : n(\text{CO}_2) = 0.125 : 0.0375 \approx 3.33 : 1.$$

ამიტომ ჭარბია NaOH. შესაბამისად:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0.0375 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.0375 \cdot 106 = 3.975 \text{ გ}$$

$$n_{\text{დახარჯული}}(\text{NaOH}) = n(\text{CO}_2) \cdot 2 = 0.0375 \cdot 2 = 0.075 \text{ მოლი}$$

$$n_{\text{დარჩენილი}}(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) - n_{\text{დახარჯული}}(\text{NaOH}) = 0.125 - 0.075 = 0.05 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0.05 \cdot 40 = 2 \text{ გ}$$

$$m_{\text{ბნ}} = m_{\text{ბნ}}(\text{NaOH}) + m(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot 44 = 0.0375 \cdot 44 = 1.65 \text{ გ}$$

$$m_{\text{ბნ}} = 100 + 1.65 = 101.65 \text{ გ}$$

$$\omega\%(\text{NaOH}) = \frac{2}{101.65} \cdot 100\% \approx 1.97\%$$

$$\omega\%(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{3.975}{101.65} \cdot 100\% \approx 3.91\%$$

პასუხი: $\omega\%(\text{NaOH}) \approx 1.97\%$; $\omega\%(\text{Na}_2\text{CO}_3) \approx 3.91\%$.

ამოცანა 2. მაგნიუმის კარბიდები (20 ქულა)

დავალება	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	ჯამური ქულა
ქულა	2	4	4	2	6	2	20

ცნობილია, რომ მაგნიუმი ნახშირბადთან წარმოქმნის ორ ბინარულ ნაერთს A და B, რომლებსაც კარბიდებს უწოდებენ. A ნაერთში ელემენტთა მასური თანაფარდობებია $m(Mg) : m(C) = 4 : 1$, ხოლო B ნაერთში – $m(Mg) : m(C) = 1 : 1$.

2.1 დაადგინეთ A და B ნაერთების მოლეკულური ფორმულები.

A: Mg_xC_y

$$x : y = \frac{4}{24} : \frac{1}{12} = 2 : 1 \quad \Rightarrow \quad Mg_2C$$

B: Mg_zC_p

$$z : p = \frac{1}{24} : \frac{1}{12} = 1 : 2 \quad \Rightarrow \quad MgC_2$$

ორივე კარბიდი წყალთან ურთიერთქმედებისას იშლება - ჰიდროლიზდება. A კარბიდის ჰიდროლიზით მიიღება C აირი, რომლის სიმკვრივე ჟანგბადის მიმართ 0.5-ის ტოლია. B კარბიდის ჰიდროლიზით გამოიყოფა D აირი, რომლის სიმკვრივეც ნ. პ.-ში 1.16 გ/ლ-ის ტოლია.

2.2 დაადგინეთ C და D ნაერთების მოლეკულური ფორმულები.

$$C: M(C) = D(O_2) \cdot M(O_2) = 0.5 \cdot 32 = 16$$

ასეთი აირია CH_4

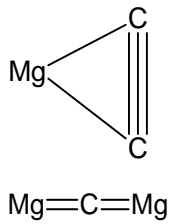
$$D: M(D) = 22.4 \cdot 1.16 \approx 26$$

ასეთი აირია C_2H_2

2.3 შეადგინეთ A და B კარბიდების ჰიდროლიზის რეაქციათა ტოლობები.



2.4 შეადგინეთ A და B კარბიდების სტრუქტურული (გრაფიკული) ფორმულები.



A და B კარბიდების ნარევის წონაკი დაამუშავეს ჭარბი წყლით. გამოყოფილი C და D აირების აირთა ნარევი 0.5 ატმ წნევასა და 273 °C ტემპერატურაზე იკავებს 3.584 ლ მოცულობას; ხოლო აირთა ნარევის საშუალო მოლური მასაა 18.5 გ/მოლი.

2.5 დაადგინეთ C და D აირების ნარევი კომპონენტების მოლური თანაფარდობა.

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} \Rightarrow V = \frac{P_1V_1T}{T_1P} \Rightarrow V = \frac{0.5 \cdot 3.584 \cdot 273}{(273 + 273) \cdot 1} = 0.896 \text{ ლ}$$

$$n(\text{ნარევი}) = 0.896 : 22.4 = 0.04 \text{ მოლი}$$

ვთქვათ, $n(\text{C}_2\text{H}_2) = x$ მოლი, მაშინ $n(\text{CH}_4) = (0.04 - x)$ მოლი

$$\bar{M}(\text{ნარევი}) = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_2) + n(\text{CH}_4) \cdot M(\text{CH}_4)}{n(\text{C}_2\text{H}_2) + n(\text{CH}_4)} = 18.5 \text{ გ/მოლი}$$

$$\frac{26x + 16(0.04 - x)}{x + 0.04 - x} = 18.5 \Rightarrow x = 0.01$$

ამრიგად, $n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0.01$ მოლი, $n(\text{CH}_4) = 0.04 - 0.01 = 0.03$ მოლი

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) : n(\text{CH}_4) = 0.01 : 0.03 = 1 : 3$$

2.6 დაადგინეთ A და B კარბიდების ნარევის პროცენტული შედგენილობა.

$$n(\text{Mg}_2\text{C}) = n(\text{CH}_4) = 0.03 \text{ მოლი}$$

$$n(\text{MgC}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0.01 \text{ მოლი}$$

$$\omega\%(\text{Mg}_2\text{C}) = \frac{n(\text{Mg}_2\text{C}) \cdot M(\text{Mg}_2\text{C})}{n(\text{Mg}_2\text{C}) \cdot M(\text{Mg}_2\text{C}) + n(\text{MgC}_2) \cdot M(\text{MgC}_2)} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{0.03 \cdot 60}{0.03 \cdot 60 + 0.01 \cdot 48} \cdot 100\% = \frac{1.8}{2.28} \cdot 100\% \approx 78.9\%$$

$$\omega\%(\text{MgC}_2) = 100 - 78.9 = 21.1\%$$

პასუხი: $\omega\%(\text{Mg}_2\text{C}) = 78.9\%$; $\omega\%(\text{MgC}_2) = 21.1\%$

ამოცანა 3. არგიროდიტი (22 ქულა)

დავალება	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	ჯამური ქულა
ქულა	2	2	6	4	8	22

არგიროდიტი მინერალია, რომელმაც XIX საუკუნის ბოლოს დიდი სამეცნიერო ინტერესი გამოიწვია. ეს მინერალი 3 ქიმიურ ელემენტს (X, Y და Z) შეიცავს.

ქვემოთ მოცემული იქნება ინფორმაცია შესახებ, რის მიხედვითაც უნდა დაადგინოთ არგიროდიტის ქიმიური ფორმულა.

ელემენტი X, რომელიც ძირითადად ერთვალენტანია, ჯერ კიდევ ძვ. წ. IV ათასწლეულში იყო ცნობილი ეგვიპტეში, სპარსეთსა და ჩინეთში, რადგან ოქროს მსგავსად თავისუფალი, თვითნაბადი სახით მოიპოვებოდა და მადნიდან ქიმიური გზით გამოყოფას არ საჭიროებდა. მისი ფორმულის დადგენა შესაძლებელია შემდეგი ანალიზური მონაცემების გამოყენებით:

ელემენტ X-ის 8.64 გ წონაკი დაამუშავეს აზოტმჟავას 46.32 გ 68%-იანი ხსნარით. რეაქციის შედეგად წარმოიქმნა X-ის მარილი, აირის სახით გამოიყო აზოტის ოქსიდი, რომლის სიმკვრივე ნ. პ.-ში არის 2.05 გ/ლ, ხოლო ხსნარში აზოტმჟავას მასური წილი გახდა 41.77%. (ჩათვალეთ, რომ აზოტმჟავა მხოლოდ X-თან რეაქციაში დაიხარჯა).

3.1 დაადგინეთ, რომელი აირი გამოიყოფა ამ დროს



$$M(NO_x) = 2.054 \cdot 22.4 \approx 46 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(NO_x) = 14 + 16x$$

$$14 + 16x = 46$$

$$x = 2$$

ე. ი. ოქსიდის ფორმულაა NO_2

3.2 შეადგინეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა (რეაქციაში უცნობი ელემენტი X-ით აღნიშნეთ)



3.3 გამოთვლებით დაადგინეთ, რომელია X ელემენტი

$$m_{საწყ}(HNO_3) = 46.32 \cdot 0.68 \approx 31.5 \text{ გ}$$

$$n_{საწყ}(HNO_3) = 31.5 : 63 = 0.5 \text{ მოლი}$$

ვთქვათ, რეაქციაში შევიდა a მოლი HNO_3 , მაშინ დარჩენილი მჟავას მასა იქნება

$$m_{დარჩ}(HNO_3) = (31.5 - 63a) \text{ გ}$$

გამოყოფილი აირის რაოდენობა იქნება

$$n(NO_2) = 0.5 \cdot n(HNO_3) = 0.5a \text{ მოლი}$$

ბოლო მასა

$$m(NO_2) = 0.5a \cdot 46 = 23a \text{ გ}$$

დარჩენილი ხსნარის მასა იქნება

$$m_{ხსნ} = 46.32 + 8.64 - 23a = 54.96 - 23a$$

რადგან დარჩენილი მჟავას მასური წილია 41.77%, შეგვიძლია შევადგინოთ განტოლება:

$$0.4177 = \frac{31.5 - 63a}{54.96 - 23a}$$

საიდანაც $a \approx 0.16$ მოლი

ვთქვათ, ელემენტი X-ის მოლური მასაა x გ/მოლი, მაშინ სარეაქციოდ აღებული იქნებოდა

$$n(X) = (8.64 : x) \text{ მოლი}$$

რეაქციის ტოლობის მიხედვით

$$n(X) = 0.5 \cdot n(HNO_3) = 0.5 \cdot 0.16 = 0.08 \text{ მოლი}$$

$$8.64 : x = 0.08$$

საიდანაც $x = 108$ გ/მოლი, ე. ი. უცნობი მეტალია Ag.

Y ელემენტი ბუნებაში თავისუფალი სახით მოიპოვება. მის მიერ წარმოქმნილი ერთ-ერთი მარტივი ნივთიერება ოთახის ტემპერატურაზე კრისტალურია და მისი სიმკვრივეა 2.329 გ/სმ³. ცნობილია, რომ ამ ნივთიერების 6.87 სმ³ მოცულობის კრისტალში $3 \cdot 10^{23}$ ატომია.

3.4 დაადგინეთ, რომელია Y ელემენტი

ვთქვათ, Y ელემენტის კრისტალში n მოლი ატომია:

$$n = \frac{3 \cdot 10^{23}}{6 \cdot 10^{23}} = 0.5 \text{ მოლი}$$

ვთქვათ, Y ელემენტის მოლური მასაა y გ/მოლი. მაშინ 0.5 მოლი Y ელემენტის მასა იქნება:

$$m(Y) = 0.5y$$

ამოცანის პირობის მიხედვით

$$m(Y) = 2.329 \cdot 6.87 \approx 16 \text{ გ}$$

ამიტომ

$$0.5y = 16 \quad \Rightarrow \quad y = 32 \text{ გ/მოლი}$$

ასეთ ელემენტია გოგირდი.

გარდა ამისა, ცნობილია, რომ:

- არგიროდიტში ელემენტთა ჟანგვის რიცხვებია $X^{+1}Z^{+4}Y^{-2}$;
- $m(X) : m(Z) = 11.88 : 1$;
- არგიროდიტის წყალბადთან ურთიერთქმედებით მიიღება ZY, X_2Y და H_2Y ;
- 11.29 გ არგიროდიტიდან მაქსიმალური რაოდენობის ZY-ის მიღებაზე დაიხარჯა 0.224 ლ წყალბადი (ნ. პ.).

3.5 დაადგინეთ არგიროდიტის ემპირიული ფორმულა.

რადგან გოგირდის ჟანგვის რიცხვია -2, არგიროდიტ შესაძლებელია წარმოვადგინოთ ორი სულფიდური მარილის სახით:



რადგან $m(Ag) : m(Z) = 11.88 : 1$, შეგვიძლია შევადგინოთ შემდეგი განტოლება:

$$\frac{2 \cdot 108m}{nM(Z)} = 11.88 \quad \Rightarrow \quad \frac{m}{n} = 0.055M(Z) \quad (1)$$

შევნიშნოთ, რომ მინერალის წყალბადით აღდგენისას ვერცხლის სულფიდი უცვლელია და ხდება მხოლოდ ZS_2 -ის აღდგენა:



რეაქციიდან ჩანს, რომ $n(ZS_2) = n(H_2) = \frac{0.224}{22.4} = 0.01$ მოლი.

ჩავწეროთ არგიროდიტის მოლური მასა:

$$M_{\text{მინერალი}} = mM(Ag_2S) + nM(ZS_2) = 248m + (M(Z) + 64)n$$

პირობის მიხედვით, 11.28 გ არგიროდიტის აღდგენაზე დაიხარჯა 0.01 მოლი წყალბადი, შესაბამისად, 11.28 გ არგიროდიტში 0.01 მოლი ZS_2 ყოფილა. მაშასადამე შევადგინოთ პროპორცია:

1 მოლი არგიროდიტი შეიცავს n მოლ ZS_2 -ს

$$\frac{11.28}{248m + (M(Z) + 64)n} \text{ მოლი კი} = 0.01 \text{ მოლ } ZS_2$$

მივიღეთ განტოლება:

$$\frac{11.28n}{248m + (M(Z) + 64)n} = 0.01 \quad (2)$$

ამოვხსნათ (1) და (2) განტოლებების სისტემა:

$$\begin{cases} \frac{11.28n}{248m + (M(Z) + 64)n} = 0.01 \\ \frac{m}{n} = 0.055M(Z) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} M(Z) = 72.74 \\ \frac{m}{n} = 4 \end{cases}$$

მაშასადამე, Z ელემენტი ყოფილა გერმანიუმი (Ge), ხოლო არგიროდიტის ემპირიული ფორმულა:



ამოცანა 4. გოგირდის ნაერთები (18 ქულა)

დავალება	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5.	ჯამური ქულა
ქულა	1	3	4	4	6	18

ჩაატარეს ქიმიური ექსპერიმენტი, რომლის დროსაც კალიუმის სულფიდის 180 გ 19.556%-იან ხსნარი მოათავსეს A ჭურჭელში, დაამატეს ნატრიუმის ჰიდროსულფატის 200 გ 15%-იანი ხსნარი და ჭურჭელი ჰერმეტიულად დახურეს.

4.1 დაწერეთ ამ დროს მიმდინარე რეაქციის გათანაბრებული ტოლობა:



4.2 გამოთვალეთ მოცემულ ხსნარებში გახსნილი ნივთიერებების რაოდენობები (მოლებში):

$$m(\text{K}_2\text{S}) = m_{\text{ხსნ.}} \cdot \omega = 180 \cdot 0.19556 = 35.2 \text{ გ}$$

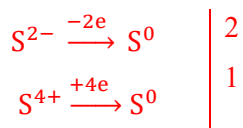
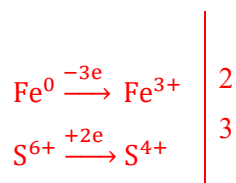
$$n(\text{K}_2\text{S}) = \frac{m}{M} = \frac{35.2}{110} = 0.32 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{NaHSO}_4) = m_{\text{ხსნ.}} \cdot \omega = 200 \cdot 0.15 = 30 \text{ გ}$$

$$n(\text{NaHSO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{30}{120} = 0.25 \text{ მოლი}$$

B ჭურჭელში მოათავსეს 8.96 გ რკინა, დაამატეს კონცენტრირებული გოგირდმჟავა და გააცხელეს. რკინა სრულად გაიხსნა. B ჭურჭელში გამოყოფილი აირი გაატარეს A ჭურჭელში, რის შედეგადაც წარმოიქმნა ყვითელი ფერის ნალექი. საბოლოოდ, სისტემას ჰერმეტიული ხუფი მოხსნეს და შიგთავსი გაფილტრეს.

4.3 დაწერეთ ამ დროს მიმდინარე ქიმიურ რეაქციათა ტოლობები ელექტრონული ბალანსის ჩვენებით:



4.4 გამოთვალეთ ფილტრზე დარჩენილი ნალექის შედგენილობა და მასა (გრამებში), ჩათვალეთ, რომ რეაქცია 100%-იანი გამოსავლიანობით წარიმართა..

ფილტრზე დარჩება გოგირდის ნალექი

რეაქცია (1)-ისა და ამოცანის პირობის მიხედვით, კალიუმის სულფიდი და ნატრიუმის ჰიდროსულფატი ურთიერთქმედებენ მოლეკური თანაფარდობით, შესაბამისად, 1:2. ე.ი. ჭარბია კალიუმის სულფიდი, ამიტომ გაანგარიშებებს ნატრიუმის ჰიდროსულფატის რაოდენობის მიხედვით ვაწარმოებთ.

$$n(\text{H}_2\text{S}) = \frac{1}{2}n(\text{NaHSO}_4) = 0.125 \text{ მოლი}$$

რეაქცია (2)-ისა და ამოცანის პირობის მიხედვით:

$$n(\text{SO}_2) = 1.5 \cdot n(\text{Fe}) = 1.5 \cdot \frac{8.96}{56} = 0.24 \text{ მოლი}$$

რეაქცია (3)-ის მიხედვით $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{SO}_2) = 2:1$, ე.ი. ჭარბია გოგირდის დიოქსიდი, ამიტომ:

$$n(\text{S}) = 1.5n(\text{H}_2\text{S}) = 0.1875 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{S}) = 0.1875 \cdot 32 = 6 \text{ გ}$$

პასუხი: ფილტრზე დარჩება 6 გ გოგირდის ნალექი

4.5 დაადგინეთ ფილტრატის პროცენტული შედგენილობა:

ჰერმეტიკული ხუფის მოხსნის შემდეგ სარეაქციო სისტემას მოსცილდება რეაქციაში შეუსვლელი გოგირდის დიოქსიდი. დარჩენილი ხსნარის მასა იქნება:

$$m_{\text{ხსნ.}} = m_{\text{ხსნ.}}(\text{K}_2\text{S}) + m_{\text{ხსნ.}}(\text{NaHSO}_4) - m_{\text{დარჩენილი}}(\text{SO}_2) - m(\text{S})$$

$$n_{\text{დახარჯული}}(\text{SO}_2) = \frac{1}{2}n(\text{H}_2\text{S}) = 0.0625 \text{ მოლი}$$

$$n_{\text{დარჩენილი}}(\text{SO}_2) = 0.24 - 0.0625 = 0.1775 \text{ მოლი}$$

$$m_{\text{დარჩენილი}}(\text{SO}_2) = 0.1775 \cdot 64 = 11.36 \text{ გ}$$

$$m_{\text{ხსნ.}} = 180 + 200 - 11.36 - 6 = 362.64 \text{ გ}$$

$$n(\text{NaKSO}_4) = n(\text{NaHSO}_4) = 0.25 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{NaKSO}_4) = 0.25 \cdot 158 = 39.5 \text{ გ}$$

$$\omega\% = \frac{m_{\text{წ}}}{m_{\text{ხსნ}}} \cdot 100\% = \frac{39.5}{362.64} \cdot 100 = 10.9\%$$

$$n_{\text{დარჩენილი}}(\text{K}_2\text{S}) = 0.32 - \frac{0.25}{2} = 0.195 \text{ მოლი}$$

$$m(\text{K}_2\text{S}) = n \cdot M = 0.195 \cdot 110 = 21.45 \text{ გ}$$

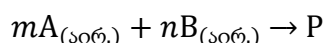
$$\omega\%(\text{K}_2\text{S}) = \frac{21.45}{362.64} \cdot 100 = 5.9\%$$

პასუხი: მიიღება ნატრიუმკალიუმის სულფატის 10.9%-იანი ხსნარი.

ამოცანა 5. როგორ დავადგინოთ ქიმიური რეაქციის რიგი (18 ქულა)

დავალება	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	ჯამური ქულა
ქულა	4	5	1	3	5	18

ქიმიური რეაქციის რიგი წარმოადგენს რეაგენტების კონცენტრაციების ხარისხების მაჩვენებლების ჯამს რეაქციის კინეტიკურ განტოლებაში. მაგ., რეაქციისთვის:



რეაქციის სიჩქარე იქნება $v = k_1 \cdot (C_A)^m \cdot (C_B)^n$,

m არის რეაქციის რიგი A ნივთიერების მიმართ, n - რეაქციის რიგი B ნივთიერების მიმართ. ხოლო მთლიანი რეაქციის რიგია: $n + m$.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თეორიულად გამოთვლილი რეაქციის რიგი შეიძლება არ დაემთხვეს ექსპერიმენტულად დადგენილ რეაქციის ჭეშმარიტ რიგს. ამიტომ რეაქციის რიგს ექსპერიმენტულად განსაზღვრავენ. ქვემოთ მოყვანილია ამის მაგალითი:

ექსპერიმენტის ნომერი (N)	ნარევის საწყისი წნევა (ატმ)	ნარევის საწყისი ტემპერატურა (°C)	რეაქციის საწყისი სიჩქარე (მოლი/ლ · წმ)
1	1	25	$1.5 \cdot 10^{-3}$
2	1.2218	25	$3 \cdot 10^{-3}$
3	3	55	$2.4282 \cdot 10^{-1}$

ამასთანავე ცნობილია, რომ:

- A ნივთიერების საწყისი კონცენტრაცია 1-ლ და მე-2 ექსპერიმენტებში თანაბარია და 0.03 მოლი/ლ-ის ტოლია
- 1-ლ და 3-ე ექსპერიმენტებში სარეაქციოდ აღებული რეაგენტების მოლური თანაფარდობები იდენტურია
- რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურული კოეფიციენტი 2-ის ტოლია.

5.1 დაადგინეთ რეაქციის რიგი B ნივთიერების მიმართ (n).

n-ის დასადგენად გამოვიყენოთ პირველი და მეორე ექსპერიმენტის სიჩქარეთა ფარდობა. ვინაიდან ორივე ექსპერიმენტში A ნივთიერებათა კონცენტრაცია თანაბარია:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{K[A]_2^m[B]_2^n}{K[A]_1^m[B]_1^n} = \frac{[B]_2^n}{[B]_1^n}$$

$[B]_2/[B]_1$ ფარდობის დასადგენად საჭიროა თითოეული ექსპერიმენტისთვის დავადგინოთ ჯერ აირთა ჯამური კონცენტრაციები, ხოლო შემდეგ-B ნივთიერებისა.

მენდელევ-კლაპეირონის განტოლების მიხედვით:

$$PV=nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V} = CRT$$

პირველი და მეორე ექსპერიმენტისთვის ჩაიწერება შესაბამისი ტოლობები:

$$P_1 = C_1 RT_1 \quad \text{და} \quad P_2 = C_2 RT_2$$

გამოვსახოთ შესაბამისი ჯამური კონცენტრაციები:

$$C_1 = \frac{P_1}{RT_1} = \frac{1}{0.082 \cdot 298} = 0.04 \frac{\text{მოლი}}{\text{ლ}}, \quad C_2 = \frac{P_2}{RT_2} = \frac{1.2218}{0.082 \cdot 298} = 0.05 \frac{\text{მოლი}}{\text{ლ}}$$

რადგან $[A]_1 = [A]_2 = 0.03$, ამიტომ:

$$[B]_1 = C_1 - 0.03 = 0.04 - 0.03 = 0.01 \text{ მოლი/ლ}$$

$$[B]_2 = C_2 - 0.03 = 0.05 - 0.03 = 0.02 \text{ მოლი/ლ}$$

$$\left(\frac{0.02}{0.01}\right)^n = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{1.5 \cdot 10^{-3}} = 2 \rightarrow 2^n = 2 \text{ და } n=1.$$

5.2 დაადგინეთ რეაქციის რიგი A ნივთიერების მიმართ (n)

m-ის მნიშვნელობის დასადგენად გამოვიყენოთ პირველი და მესამე ექსპერიმენტის შედეგები:

ჩავწეროთ მესამე ექსპერიმენტისთვის სიჩქარის კინეტიკური განტოლება ზოგადი სახით:

$$V_3 = K_3 [A]_3^m [B]_3$$

ხოლო სიჩქარეთა ფარდობა: $\frac{V_3}{V_1} = \frac{K_3 [A]_3^m [B]_3}{K_1 [A]_1^m [B]_1} = \frac{K_3}{K_1} \cdot \frac{[A]_3^m}{[A]_1^m} \cdot \frac{[B]_3}{[B]_1} = \frac{K_3}{K_1} \cdot \left(\frac{[A]_3}{[A]_1}\right)^m \cdot \frac{[B]_3}{[B]_1}$

ვანტ-ჰოფის განტოლების მიხედვით $\frac{K_3}{K_1} = \gamma^{\frac{T_3 - T_1}{10}}$

პირველ და მესამე ექსპერიმენტის დასაწყისში აირთა ჯამური კონცენტრაციები ავლნიშნოთ C_1 და C_3 სიმბოლოებით. ვინაიდან მესამე ექსპერიმენტში აირთა კონცენტრაციების ფარდობა იგივეა, რაც პირველ ექსპერიმენტში (რაც ნიშნავს მოლური წილების იგივეობას) ამიტომ შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$\begin{aligned} [A]_1 &= C_1 * X_A \\ [B]_1 &= C_1 * X_B \\ [A]_3 &= C_3 * X_A \\ [B]_3 &= C_3 * X_B \end{aligned}$$

X_A და X_B წარმოადგენს A და B აირების მოლურ წილებს.

აქედან გამომდინარე მივიღებთ:

$$\frac{[A]_3 - C_3 * X_A - C_3}{[A]_1 - C_1 * X_A - C_1}$$

ასევე:

$$\frac{[B]_3 - C_3 * X_B - C_3}{[B]_1 - C_1 * X_B - C_1}$$

ანუ:

$$\frac{[A]_3}{[A]_1} = \frac{[B]_3}{[B]_1} = \frac{C_3}{C_1}$$

საბოლოოდ მიიღება შემდეგი ფორმულა:

$$\frac{V_3 - K_3 * \left(\frac{[A]_3}{[A]_1}\right)^m * \frac{[B]_3}{[B]_1}}{V_1 - K_1} = \gamma^{\frac{T_3 - T_1}{10}} * \left(\frac{C_3}{C_1}\right)^{m+1}$$

გამოვსახოთ კონცენტრაციები და მათი ფარდობა:

$$C_1 = \frac{P_1}{RT_1}, C_3 = \frac{P_3}{RT_3}$$

$$\frac{C_3 - P_3 RT_1 - P_3 T_1}{C_1 - RT_3 P_1 - T_3 P_1}$$

შევიტანოთ მიღებული ფარდობა სიჩქარეთა ფარდობის განტოლებაში:

$$\frac{V_3}{V_1} = \gamma^{\frac{T_3 - T_1}{10}} * \left(\frac{P_3 T_1}{T_3 P_1}\right)^{m+1}$$

ჩავსვათ პირობაში მოცემული მონაცემები და ამოვხსნათ განტოლება:

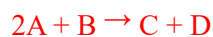
$$\frac{242.82 * 10^{-3}}{1.5 * 10^{-3}} = 2^{\frac{55 - 25}{10}} * \left(\frac{3(25 + 273)}{55 + 273}\right)^{m+1}$$

$$161.88 = 8 * 2.725^{m+1}$$

$$m = 2$$

რეაქციის შედეგად მიიღება C და D აირადი პროდუქტები მოლური თანაფარდობით 1:1.

5.3 დაწერეთ რეაქციის ტოლობა ზოგადი სახით, თუ A და B ნივთიერებათა კოეფიციენტები ემთხვევა შესაბამის ხარისხის მაჩვენებლებს, ხოლო რეაგენტთა სტექიომეტრიული თანაფარდობით აღებისას რეაქციის დასრულების შემდეგ წნევა საწყისთან შედარებით 1.5- ჯერ მცირდება.



4 ლ მოცულობის უჰაერო ჭურჭელში 25° C ტემპერატურასა და 2 ატმ წნევაზე შეურიეს A და B აირები 3:1 მოლური თანაფარდობით და ჩაატარეს რეაქცია.

A) მუდმივი მოცულობის პირობებში

B) მუდმივი წნევის პირობებში

რეაქციის მსვლელობისას ტემპერატურა არ შეცვლილა.

5.4 დაადგინეთ A) შემთხვევაში რეაქციის დასრულების შემდეგ ჭურჭელში არსებულ აირთა მოლური კონცენტრაციები.

სარეაქციოდ აღებული ნარევის კონცენტრაცია მენდელეევ-კლაპეირონის განტოლების მიხედვით იქნება:

$$C = \frac{P}{RT} = \frac{2}{0.082 \cdot 298} = 0.082 \text{ მოლი/ლ}$$

ხოლო A და B აირთა კონცენტრაციები:

$$C_A = C X_A = 0.082 \cdot 0.75 = 0.0615 \text{ მოლი/ლ}$$

$$C_B = C X_B = 0.082 \cdot 0.25 = 0.0205 \text{ მოლი/ლ}$$

რადგან რეაგენტები აღებულია 3:1 მოლური თანაფარდობით, ხოლო რეაქციის ტოლობის მიხედვით კოეფიციენტთა ფარდობაა 2:1, ამიტომ A აირი დარჩება ჭარბად, ხოლო B აირი არის მალიმიტირებული რეაგენტი.

რეაქციის დასრულების შემდეგ ნივთიერებათა კონცენტრაციები იქნება:

$$C_A^* = C_A - C_{A \text{ დახარჯული}} = C_A - 2C_B = 0.0615 - 2 \cdot 0.0205 = 0.0205 \text{ მოლი/ლ}$$

$$C_C^* = C_D^* = C_B = 0.0205 \text{ მოლი/ლ}$$

5.5 დაადგინეთ B) შემთხვევაში რეაქციის დასრულების შემდეგ ჭურჭელში არსებულ აირთა მოლური კონცენტრაციები.

რეაქციის ტოლობის მიხედვით, რეაქციის მიმდინარეობისას ადგილი აქვს აირთა ჯამური რაოდენობის ცვლილებას, ხოლო პირობის მიხედვით რეაქცია ჩატარდა მუდმივი წნევის პირობებში, აქედან გამომდინარე ვასკვნით, რომ იცვლება სისტემის მოცულობა.

თავდაპირველად ნარევაში აირთა ცალკეული და ჯამური რაოდენობები იყო:

$$n_A = VC_A = 4 * 0.0615 = 0.246 \text{ მოლი}$$

$$n_B = VC_B = 4 * 0.0205 = 0.082 \text{ მოლი}$$

$$n^* = 0.328 \text{ მოლი}$$

რეაქციის დასრულების შემდეგ კი ნივთიერებათა რაოდენობები იქნება:

$$n_A^* = n_A - 2n_B = 0.082 \text{ მოლი}$$

$$n_C^* = n_D^* = n_B = 0.082 \text{ მოლი}$$

ხოლო ჯამური რაოდენობა $n^* = 0.164 \text{ მოლი}$

$$P = \frac{nRT}{V}$$

$$P^* = \frac{n^*RT}{V^*}$$

რადგან $P^* = P$ შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$\frac{nRT}{V} = \frac{n^*RT}{V^*}$$

$$V^* = \frac{n^*V}{n} = \frac{0.164}{0.328} * 4 = 0.75 \text{ ლ}$$

დავადგინოთ მოლური კონცენტრაციები:

$$C_A^* = C_C^* = C_D^* = \frac{0.082}{0.75} = 0.109 \text{ მოლი/ლ.}$$