

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY  
VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI**

**SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

**Q.M. Murodov , D, Q, Murodova**

# **ANALIZNING XROMATOGRAFIK USULLARI**

**(masalalar va testlar to‘plami)**

O‘quv qo‘llanma

**Samarsand – 2021**

**UDK 28.9**

**BBK 33.5**

**K 55**

**Q. Murodov, D.Q. Murodova. Analizning xromatografik usullari (masalalar va testlar to'plami). O'quv qo'llanma. – Samarqand: SamDU, 2021. – 176 b.**

*O'quv qo'llanma xromatografik analiz usullarining barcha bo'linmalari bo'yicha namunaviy masalalar keltirilgan. Har bir bo'lim boshida berilgan masalalarni yaxshi o'zlashtirish maqsadida qisqacha nazariy tushunchalar berilgan. Bundan tashqari, qo'llanmada keltirilgan masalalarning turlariga qarab, masalalar yechishning turli xil usullaridan namunalar keltirilgan. Qo'llanmaning oxirgi qismida talabalarda nazariy ko'nikmalar hosil qilish uchun test topshiriqlari ham berilgan.*

*Ushbu qo'llanma universitetlarning kimyo fakultetlari talabalariga mo'ljallangan bo'lib, undan biologiya fakultetlarining talabalari, oliy o'quv yurtlarining ilmiy-tadqiqot institutlari hamda zavod-fabrika laboratoriyalarining xodimlari ham foydalanishlari mumkin.*

**Taqrizchilar:**

**Uzbekiston milliy universiteti**

**analitik kimyo kafedrasi dotsenti :**

**k.f.n. Turabov N.T.**

**Samarqand davlat universiteti**

**analitik kimyo kafedrasi mudiri :**

**prof. Abduraxmanov E.A.**

**Samarqand davlat universiteti**

**fisikaviy kimyo kafedrasi mudiri :**

**prof. Muxamadiyev N.Q.**

**Mas'ul muharrir:**

**dotsent Ruziev E.A.**

***Samarqand davlat universiteti kengashining 2021 yil 25 fevraldagi 8-sonli garoriga asosan o'quv qo'llanma sifatida nashrga tavsiya etilgan.***

**ISBN 978-9943-7266-3-5**

**© Samarqand davlat universiteti, 2021**

Annotatsiya: Ushbu o'quv qo'llanma Samarqand davlat universitetining kimyo mutaxassisligi talabalari va magistranlari uchun qo'llaniladigan analitik kimyo bo'yicha standartlar va o'quv dasturlari asosida tuzilgan.

Uquv qo'llanmada xromatografik analisis usullarining barcha bo'linmalari bo'yicha namunaviy masalalar keltirilgan. Har bir bo'lim boshida berilgan masalalarni yaxshi o'zlashtirish maqsadida qisqa formada nazariy masalalar yoritilgan. Bundan tashqari, qo'llanmada keltirilgan masalalarning turlariga qarab, masalalar yechishning turli xil usullari keltirilgan. Qo'llanmaning oxirgi qismida talabalarda nazariy ko'nikmalar hosil qilish uchun test topshiriqlari ham keltirilgan.

Данное учебное пособие составлено на основе государственных стандартов и программ по аналитической химии для студентов и магистров Самаркандского государственного университета по направлению – химия.

Учебное пособие содержит типовые задачи по всем разделам хроматографического анализа. В начале каждой главы приводится краткая теоретическая основа для лучшего понимания поднятых вопросов. Кроме того приводятся различные способы решения задач в зависимости от типа проблемы, представленной в разделе. Последняя часть пособия также включает тестовые задания, которые помогут студентам развить теоретические навыки.

This textbook is based on state standards and programs in analytical chemistry for students and masters of Samarkand State University in the direction of chemistry.

The tutorial contains typical tasks for all sections of chromatographic analysis methods. Each chapter begins with a brief theoretical background to better understand the issues raised. In addition, various ways of solving problems are given depending on the type of problem presented in the section. The last part of the handbook also includes test items to help students develop theoretical skills.

## KIRISH

Xromatografik analiz usullari juda katta amaliy ahamiyatga ega bo'lgan analiz usullariga kiradi. Bu usul nafaqat kimyo fanining ilmiy yo'nalishida, balki atom texnikasi, biologiya va tibbiyot, neft kimyosi va gaz sanoatida o'zining salmoqli o'rniga ega.

O'zbekiston Respublikasi neft va gaz zaxiralariga boy davlatlardan hisoblanadi. Mustaqillik yillarida neft va gaz sohasida juda katta amaliy ishlar olib borilmoqda. Neft va gazdan yoqilg'i maxsulotlarini, xalq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan istemol mollari ishlab chiqarish jadallik bilan rivojlanib bormoqda. Bu soxalarni rivojlantirishni xromatografiyasiz tasavvur etish mumkin emas. Bundan tashqari, hukumatimiz qarorlari bilan mamalakatimizning yettida mintaqasida dori-darmonlar ishlab chiqarishga yo'naltirilgan erkin iqtisodiy zonalar tashkil etildi. Ishlab chiqarilayotgan dori-darmonlarning analizida asosiy rolni xromatografik analiz usullari tashkil etadi.

Tabiiyki, xromatografik analiz usullarini yaxshi biluvchi kimyogar mutaxassislarga talab keskin oshib bormoqda. Shu sababli yuqori malakali kimyogar mutaxassislar tayyorlash dasturlarida kimyogar-xromatografist tayyorlashga katta e'tibor berilmoqda. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarning oliy ta'lim muassasalaridagi kimyo yo'nalishlarida xromatografik analiz usullari bo'yicha dars soatlari keng qamrovlidir.

Afsuski, hozirgi vaqtgacha kimyo ta'limi yo'nalishida kimyogar mutaxassislarni tayyorlashda bir vaqtning o'zida ham nazariy, ham amaliy masalalarni o'zida qamrab olgan birorta o'zbek tilidagi xromatografik analiz usullari bo'yicha adabiyotlar mavjud emas.

Ushbu qo'llanma oliy o'quv yurti talabalari uchun xromatografik analiz usullari bo'yicha o'zbek tilida qisqa nazariy savollarni va masalalarni o'zida mujassamalashtirgan to'plam hisoblanadi. Ushbu qo'llanmada gaz, suyuqlik, ion-almashinish, yupqa qavat va qog'oz xromatografiyasi usullariga bag'ishlangan nazariy bilimlar va masalalar keltirilgan. Barcha bo'limlarda mavzuga bag'ishlangan namunaviy

masalalar yechishi bilan berilgan. Masalalar echish jarayonida yuzaga kelayotgan nazariy savollarga bo'lgan ehtiyojni qondirish uchun, har bir qismida xromatografik analiz usullarining nazariy asoslari ham keltirilgan.

Ushbu qo'llanma universitetlarning kimyo fakultetlari talabalariga mo'ljallangan bo'lib, undan biologiya fakultetlarining talabalari, oliy o'quv yurtlarining, ilmiy-tadqiqot institutlari hamda zavod-fabrika laboratoriyalarining xodimlari ham foydalanishlari mumkin.

Mualliflarlar mazkur qo'llanmani yaratilishida o'zlarining foydali maslahatlari bilan ishtirok etgan O'zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasining dotsenti , k.f.n. Turabov N.T.ga, Samarqand davlat universiteti analitik kimyo kafedrasi mudiri, prof. Abduraxmanov E.A.ga, Samarqand davlat universiteti fizikoviy kimyo kafedrasi mudiri prof. Muhamadiev N.Q. ga o'zlarining minnatdorchiliklarini bildiradilar.

Mualliflar hamkasblarining kitobni yaxshilashga qaratilgan fikr va takliflarini minnatdorchilik bilan qabul qiladilar.

## I BOB. XROMATOGRAFIK ANALIZ USULLARI

### **Xromatografik analiz usullarining nazariy asoslari**

Xromatografik usullar tasnifiga doir turli yondoshuvlar mavjud bo'lib, ularning eng muhimlarini ko'rib chiqamiz.

*Moddalarning ajralish mexanizmi bo'yicha tasnifi*

a) Adsorbsion xromatografiya –ajratiluvchi moddalarning

adsorbent – TF (turg'un faza) sirti bilan adsorbsiya hisobiga o'ziga xos ta'sirlashuvlari farqiga asoslangan.

b) Taqsimlanish xromatografiyasi – ajratiluvchi moddalarni suyuq HF( harakatli faza) va TF(turgun faza) larda taqsimlanish koeffitsiyentlarining farqiga asoslangan. Mazkur holda taqsimlanish koeffitsiyenti – xromatografiyalanuvchi moddani qutbliroq (dielektrik doimiysi kattaroq) suyuq fazadagi muvozanat konsentratsiyasini o'sha moddaning qutbsizroq (dielektrik doimiysi kichik) suyuq fazadagi muvozanat konsentratsiyasiga nisbati ma'nosini anglatadi.

v) Ion almashinish xromatografiyasi – HF (suyuq eritma) tarkibidagi ajratiluvchi moddalar ionlarini TF ionlariga almashinish qobiliyatidagi farqiga asoslangan.

g) Xemixromatografiya –ajratiluvchi moddalarning qo'zg'almas faza tarkibidagi kimyoviy reagentlar bilan u yoki bu holdagi reaksiyaga kirishish qobiliyatidagi farqiga asoslangan. Xemixromatografiya-ni cho'ktirish, oksidlanish-qaytarilish, ligandli (kompleks hosil bo'lish), biospestsifik xromatografiya turlari mavjud.

d) Elak (eksklyuzion) xromatografiya –ajratiluvchi moddalar zarrachalarining o'lchamlari bilan g'ovak modda – sorbentdan iborat qo'zg'olmas faza g'ovaklarining o'lchamlari orasidagi farqiga asoslangan. Bu usulda sorbent molekulyar elak vazifasini bajaradi va undan faqat ma'lum o'lchamli molekulalargina o'tishi mumkin. Mayda zarralar sorbent g'ovaklariga kirib, ushlanib qoladi, yirik molekulalar esa HF bilan sorbentda ushlanmasdan yuvilib chiqadi. Bu usulning bir turi – gel

xromatografiyada TF bo'ktirilgan gel bo'lib, uning g'ovaklari aniq o'lchamga ega.

e) Boshqa xromatografik usullar, masalan, elektroxromatografiya (elektroforez) tashqi elektrik maydon ta'sirida har xil ionlarni turli tezlikda siljishiga asoslangan.

### *Fazalarning agregat holatiga ko'ra tasnifi*

HF – gaz yoki suyuqlik, TF esa qattiq modda yoki suyuqlik bo'lishi mumkin. O'zaro tutashgan HF va TF tabiatiga ko'ra xromatografik usullarning tasnifi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Fazalarning agregat holatiga ko'ra xromatografiya usullarining tasnifi

| Turg'un faza (TF)                    | Harakatli (HF)                    | Usulning nomi                                                                         |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Adsorbsion xromatografiya</i>     |                                   |                                                                                       |
| Qattiq modda                         | suyuqlik                          | Suyuqlik-adsorbsion xromatografiyasi                                                  |
| Qattiq modda                         | gaz                               | Gaz-adsorbsion xromatografiya                                                         |
| <i>Taqsimlanish xromatografiyasi</i> |                                   |                                                                                       |
| Suyuqlik (yupqa qobiq)               | TF bilan aralashmaydigan suyuqlik | Suyuqlik - taksimlanish xromatografiyasi<br>Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi |
| Suyuqlik (yupqa qobiq)               | gaz                               | Gaz-suyuqlik xromatografiyasi                                                         |

### *Bajarilish uslubiga ko'ra tasnif*

Bajarilish uslubiga ko'ra kolonkali (kolonkali), kapillyar, tekislik (yupqa qavat, qog'ozli), xromatografiya turlari mavjud.

Kolonkali (kolonkali) xromatografiyada moddalarni ajratish uchun biror sorbent bilan to'ldirilgan naysimon xromatografik kolonkalar ishlatiladi.

Kapillyar xromatografiyada xromatografik kolonka sifatida shisha yoki boshqa materialdan tayyorlangan juda ingichka kapillyar naychalar ishlatiladi. Tekislik xromatografiyasida qog'ozalmas faza sifatida shisha, alyuminiy, plastmassadan tayyorlangan plastinkaga o'rnatilgan sorbentning yupqa qavat (yupqa qatlam xromatografiyasi yoki yupqa qatlamda bajariladigan xromatografiya) yoki qog'oz – ko'p hollarda tolalari suv yoki boshqa suyuqlik bilan namlangan maxsus xromatografik qog'oz (qog'ozli yoki qog'ozda bajariladigan xromatografiya) ishlatiladi. Sorbentning (TF) tekis yuzasi bo'ylab, kapillyar kuchlari hisobiga, tarkibida ajraluvchi moddalar tutgan suyuq faza siljiydi.

*Fazalarning nisbiy siljishiga, (xromatogrammani olish usuliga) ko'ra tasnif*

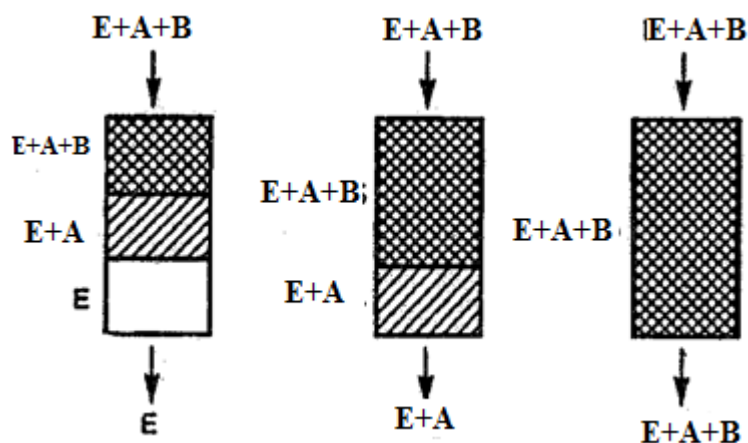
Bu tasnif doirasida kolonkali xromatografiyaning ko'rinishlaridan – frontal, elyuent (namoyon etuvchi) va siqib chiqarish xromatografiya usullarini qisqacha ko'rib chiqamiz.

Laboratoriya sharoitida xromatografik kolonka sifatida sorbent to'ldirilgan jo'mrakli shisha nayza ishlatiladi. Kolonka yuqorisidan kerakli tezlikda (odatda bir daqiqada 20 tomchi) suyuq HF o'tkazib turiladi.

a) Frontal xromatografiya usulida sorbent to'ldirilgan xromatografik kolonkadan (1-rasm) jarayon tugagunga qadar tarkibida E – erituvchi bilan ajratiluvchi A va B moddalar bo'lgan eritma uzluksiz ravishda o'tkazilib turiladi.

Xromatografiyalash avvalida (1-rasm , a) kolonkadan toza erituvchi chiqadi. B moddaga nisbatan sorbentga (TF) kamroq moyilligi bo'lgan A modda tezroq siljib B moddadan o'tib ketadi.





1-rasm. Frontal kolonkali xromatografiyada aralashma tarkibiy qismlarining ajralish sxemasi

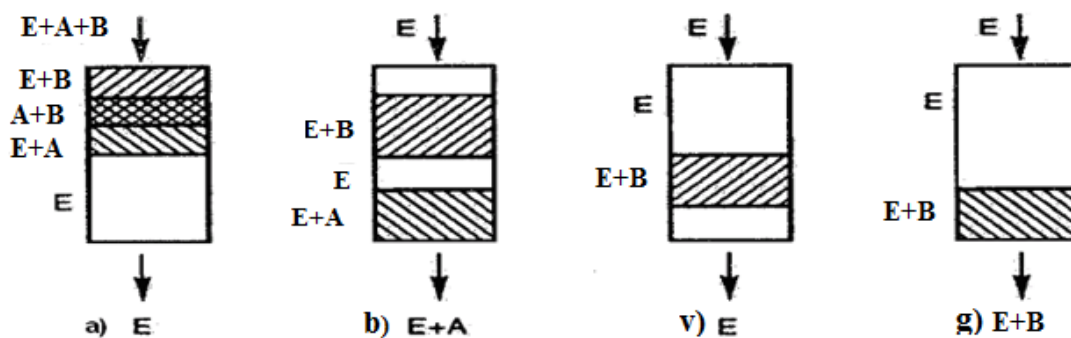
a) jarayonning boshi; b) jarayonning davomi; v) jarayonning oxiri

Shuning uchun (1-rasm, b) kolonkadan A moddani E erituvchidagi eritmasi chiqa boshlaydi. B moddalar A moddalardan «orqada qoladi». Keyinchalik (1-rasm, v) E erituvchining ikkala A va B moddalar bilan aralashmasi chiqa boshlaydi.

Frontal xromatografiya kolonkadan ikkala modda aralashmasi uzluksiz o'tkazib turilgani sababli A moddaning faqat bir qisminigina ajratish imkonini beradi, xolos.

b) Elyuent (namoyon etuvchi) xromatografiyada avval 2-rasmning a-holatida ko'rsatilganidek, xromatografik kolonkaga A va B moddalar (tarkibiy qismlar) va E erituvchidan iborat eritma kiritiladi, so'ngra (2-rasm, b,v,g) bu moddalar E erituvchi (elyuent) bilan yuvib chiqariladi (elyuirlanadi).

Toza E erituvchi bilan elyuirlanganda (yuvilganda) A va B tarkibiy qismlar sorbenti (TF) bo'ylab turli tezlikda siljib boradi. TFning tabiatiga ko'ra siljish tezligi turlicha bo'ladi. TF ga moyilligi kamroq bo'lgan A tarkibiy qism, TF ga moyilligi ko'proq bo'lgan B tarkibiy qismga nisbatan tezroq siljiydi. Xromatografik kolonka uzunligi yetarli bo'lgan holda A va B tarkibiy qismlar bir-biridan butunlay ajraladi avval A tarkibiy qism, so'ngra toza E erituvchi, undan keyin esa B tarkibiy qism kolonka ostidan oqib chiqadi.



2-rasm. Elyuent xromatografiyada aralashma tarkibiy qismlarining ajralish sxemasi  
a-jarayonning boshlanishi; b-g – jarayonning davomi va oxiri

Tarkibiy qismlarni xromatografik kolonkadan yuvilib chiqishi elyuirlash deb ataladi. Elyuirlash uchun ishlatiladigan (HF) erituvchi yoki eritma elyuent, xromatografik kolonkadan oqib chiqayotgan eritma (yoki erituvchi) esa elyuat deb ataladi.

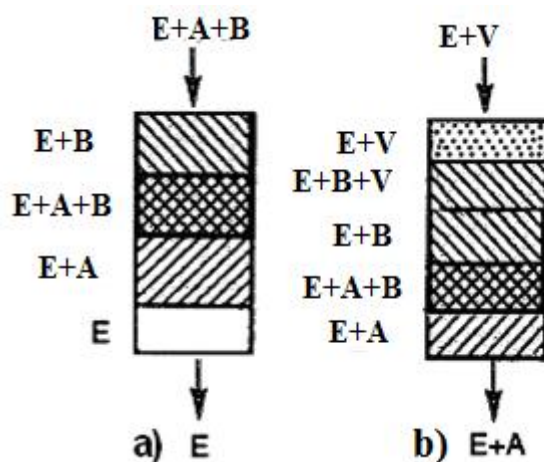
Elyuent xromatografiya usulida analiz etilayotgan aralashmani tarkibiy qismlarga deyarli to'liq ajralishiga erishish mumkin.

Bu usulning kamchiligi shundaki, A va B tarkibiy qismlar E erituvchi bilan xromatografik kolonkadan juda suyultirilgan eritma holida ajralib chiqadi, binobarin, ularni elyuatdagi konsentratsiyasi kichik bo'ladi.

v) Siqib chiqarish xromatografiyasi. Bu usulni yuqoridagilardan farqi shundaki, elyuent sifatida toza erituvchi (E) emas, balki TF ga moyilligi kattaroq bo'lgan B modda (masalan, B ning E dagi eritmasi) ishlatiladi. Shunday qilib, B modda siqib chiqaruvchi reagent vazifasini bajaradi. Uning TF ga moyilligi A va B moddalarnikiga nisbatan kuchliroq bo'lgani sababli A va B moddalarni sorbent sirtidan siqib chiqaradi.

3-a rasmda tasvirlangan xromatografik kolonkaga E erituvchidagi ajratilishi lozim bo'lgan A va B moddalar aralashmasi kiritiladi, so'ngra 3-b-rasmda tasvirlanganidek, siqib chiqaruvchi V moddaning E erituvchidagi eritmasi kiritiladi. Elyuirlanish jarayonida elyuat tarkibida avval toza erituvchi E oqib chiqadi, keyin quyidagi ketma-ketlikda

moddalar  $E + A$ ,  $E + A + B$ ,  $E + B$ ,  $E + B + V$  va  $E + V$  ajralib chiqa boshlaydi. Shunday qilib, bir-biridan ajralgan A va B tarkibiy qismlar ( $E$  erituvchidagi suyultirilgan eritmasi) bilan bir qatorda elyuatga  $A + B$  va  $B + V$  tarkibiy qismlarning erituvchi bilan suyultirilgan aralashmalari ham o'tadi.



3-rasm. Siqib chiqarish xromatografiyasida tarkibiy qismlarning ajralish sxemasi

a) jarayonning boshlanishi; b) jarayonning davomi

### Xromatografik ajratish kattaliklari

Xromatografik analiz usullarida namuna tarkibiga kiruvchi moddalar kolonkadan o'tayotganida harakatli va harakatsiz fazalar o'rtasida taqsimlanadi va kolonkadan chiqish vaqtida biror bir usulda qayd yetilsa, xromatogramma yuzaga keladi (4-rasm).

Harakasiz fazaning sorbsion xossasi aniqlanadigan moddalarga nisbatan tutilish vaqti  $t_R$  bilan xarakterlanadi. Shu vaqt ichida kolonkadan o'tgan harakatli faza hajmi tutilish hajmi deyiladi:

$$V_R = t_R W$$

$W$ - oqimning hajmiy tezligi.

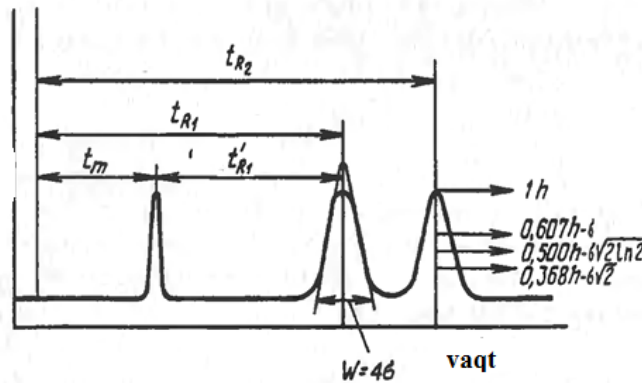
**Ajralish samaradorligi.** Aralashma komponentlari kolonkadan o'tish davrida bir-biridan ajraydi, lekin shu bilan birga yoyiladi.

Yoyilish qanchalik katta bo'lsa, komponentlarni bir-biridan ajratish qiyinlashadi. Yoyilish kattaligi nazariy tarelkalar balandligi (H) va nazariy tarelkalar soni (N) bilan xarakterlanadi.

$$H = 5,54 \left( \frac{t_R}{M_{0,5}} \right)^2 \text{ yoki } N = 16 \left( \frac{t_R}{M} \right)^2 \quad H = \frac{L}{N};$$

L – kolonka uzunligi.

H-qanchalik kichik bo'lsa, kolonka samarali ishlaydi va xromatogrammalar ensiz hosil bo'ladi.



4-rasm. 2- komponentli moddalar aralashmasi xromatogrammasi

*Ajratish darajasi ko'rsatkichlari.*

Tajriba omillariga qarab, ajratish darajasining quyidagi ko'rsatkichlari ma'lum.

1. Ajratish darajasi ( $\alpha$ ).

$$\alpha = \frac{t_{R2} - t_{R1}}{t_{R1} - t_{R2}} = \frac{K_{taqsim (1 mod da)}}{K_{taqsim (2 mod da)}}$$

2. Ajratish selektivligi.

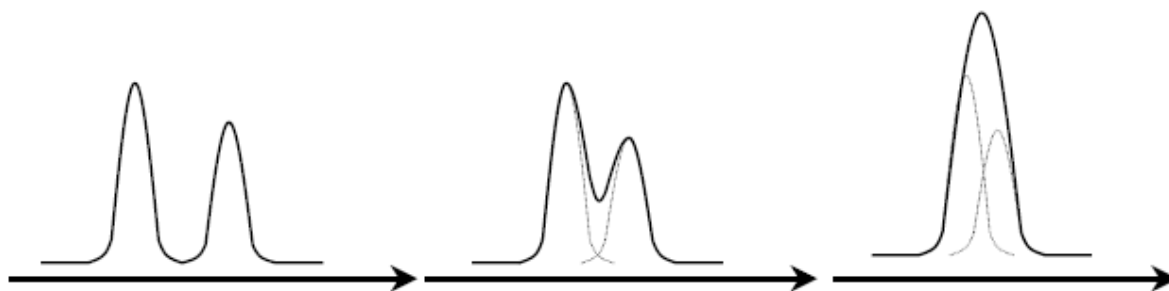
$$K_c = \frac{t_{R2} - t_{R1}}{t_{R2} + t_{R1}}$$

$K_c = 0 - 1$  qiymat o'rtasida,  $K_c = 0,4$  bo'lganda to'liq ajralish kuzatiladi.

Ajratish kriteriyasi.

$$R = \frac{2\Delta t_{2,1}}{\mu_1 + \mu_2}$$

R=1 bo'lganda eng yaxshi ajralish bo'ladi.



5- rasm. Ajratish kriteriyasining turli haroratdagi yoki oqim tezligidagi holatlari

Har qanday xromatografik ajralish jarayoniga quyidagi dinamik (kolonkaning harorati, harakatli faza oqim tezligi, harakatsiz faza qalinligi) va statistik (harakatsiz faza tabiati) katta ta'sir etadi. Biz mana shu holatlarni ko'rib chiqamiz.

#### 1. Harakatli faza oqim tezligi ta'siri.

Xromatografik kolonka samaradorligi va harakatli fazaning oqim tezligi o'rtasidagi munosabat Van-Deemter tenglamasi bilan ifoda etiladi:

$$h = 2\lambda d_p + \frac{2\gamma D_g}{u} + \frac{8}{\pi} \frac{k}{(1+k)^2} \frac{d_f^2}{D_1} u,$$

Umumiy holatda Van-Deemter tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozib olish mumkin (tajriba paytida ko'pchilik kattaliklar o'zgarmaydi):

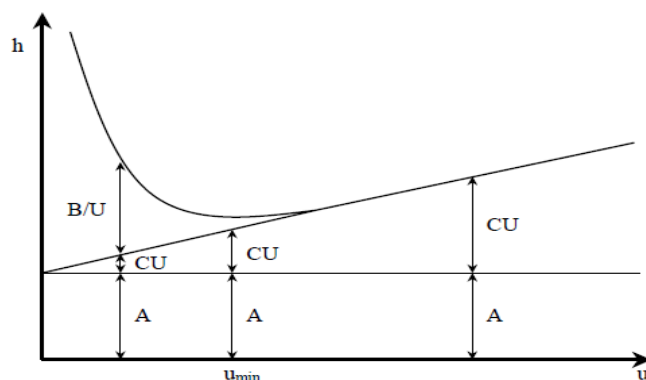
$$h = A + \frac{B}{u} + Cu$$

A – girdob koeffitsiyenti deyiladi va uning qiymati harakatli faza tezligiga bog'liq emas;

B- molekulyar diffuziya deyiladi va u moddalarning gaz muhitidagi diffuziya xossasini hamda molekulalarning kolonkada qanday yo'l bilan harakat qilayotganini ko'rsatuvchi kattalik. Tezlikning past qiymatlarida uning qiymati katta bo'ladi.

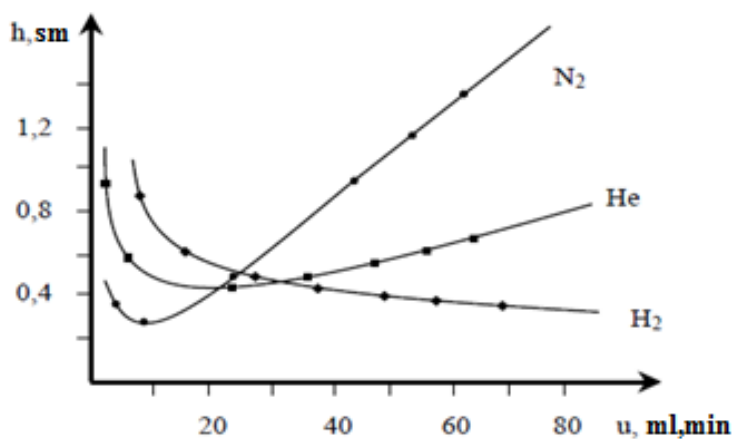
C –moddalarning harakatsiz suyuq fazadagi diffuziya xususiyatlarini anglatadi. Harakatsiz suyuq faza miqdori qancha

kamaysa, kolonkaning samaradorligi shuncha ko‘payadi. Harakatli faza oqim tezligi kattalashgan sayin, uning miqdori oshib boradi va bunda kolonkaning samaradorligi pasayadi.



6 –rasm. Harakatli faza oqim tezligining kolonka samaradarligiga ta'siri

Harakatli faza oqim tezligidan tashqari harakatli oqimning tabiati ham kolonkaning samaradorligiga kuchli ta'sir etadi. 7-rasmda shu fikrning tasdig'ini ko'rsak bo'ladi.

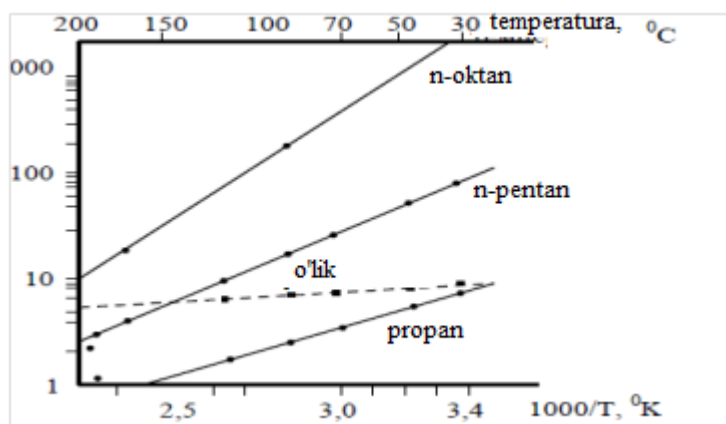


7 –rasm. Harakatli faza oqimi tabiatining kolonka samaradarligiga ta'siri

## 2. Haroratning ta'siri.

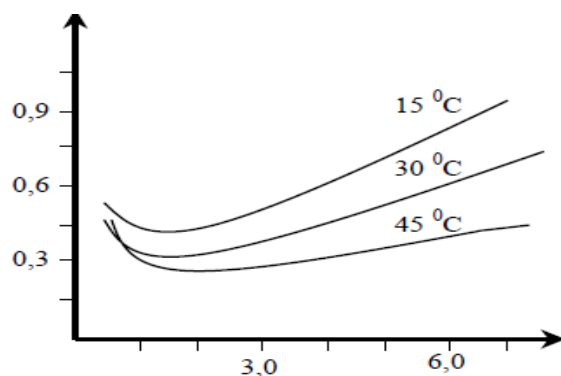
Kolonkadagi harorat oshganda moddalaning tutilish vaqti shu bilan birga analiz etish vaqti ham kamayadi. Moddalarning harakatsiz va harakatli fazalar o'rtasidagi taqsimlanish koeffitsiyenti harorat oshganda kamayadi, sababi suyuq fazadagi moddalarda desorbsiya hodisasi

absorbsiyaga nisbatan tezlashadi. Turli moddalar uchun bu bog‘liqlik 8-rasmda keltirilgan.



8-rasm. Moddalarning tutilish vaqtini haroratga bog‘liqligi

2,3-dimetilbutan uchun haroratning ta’siri 9-rasmda keltirilgan.

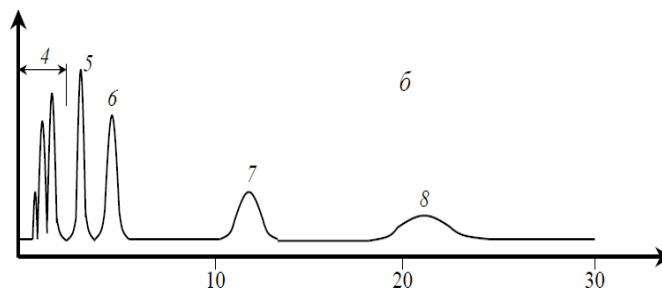


9-rasm. 2,3 dimetilbutan uchun haroratning ta’siri

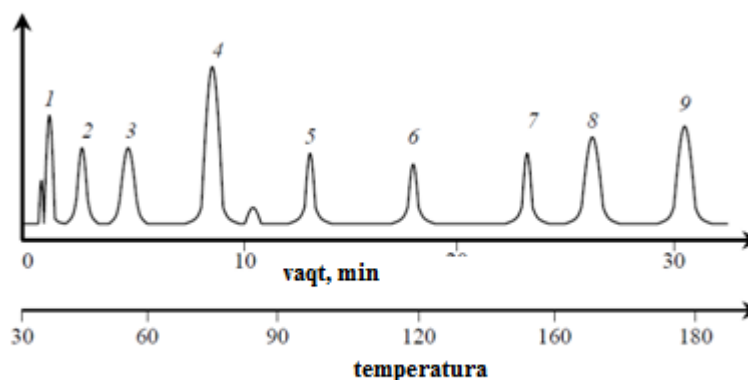
Analiz qilinayotgan namuna tarkibiga qaynash harorati bir-biridan katta farq qilayotgan moddalar kirgan bo‘lganda, analizning haroratni dasturlash usulidan foydalanamiz. 10 va 11 rasmlarda tarkibida qaynash harorati biri-biridan keskin farq qiladigan moddalarning izotermik va programmalash usullaridan foydalanib qilingan analiz natijalari keltirilgan.

Rasmlardan ko‘rinib turibdiki, izotermik, ya’ni kolonka haroratini ma’lum bir qiymatda ushlab turilganda moddalarni bir-biridan ajratish

qiyinlashadi. Kolonka harorati analiz vaqti ko‘tarilgan sari kolonkadagi harorat ham ko‘tarilib borganda moddalarni biri-biridan yaxshi ajratish mumkin.



10-rasm. Analizning izotermik usuli



11-rasm. Analizning haroratni dasturlash usuli

### Mavzu bo‘yicha masalalar yechish

1- masala. Namuna yuborilgan joydan yutilmaydigan komponent chiqishi orasidagi masofa 2,3 mm, 2-metilfenol chiqish joyigacha 51 mm. 2-metilfenol xromatografik cho‘qqisining asosi eni 7 mm. Kolonka uzunligi 3 metr. Nazariy tarelkalar ekvivalent balandligini aniqlang.

*Yechish:* Nazariy tarelkalar sonini aniqlaymiz:



$$n = 16 \cdot \left( \frac{l - l_m}{\mu_{asos}} \right)^2 = 16 \cdot \left( \frac{51 - 2,3}{7} \right)^2 = 774,5$$

Nazariy tarelkalar ekvivalent balandligini aniqlaymiz:

$$NTEB = \frac{L}{n} = \frac{3000 \text{ mm}}{774,5} = 3,87 \text{ mm}$$

Javob: 3,87 mm.

2- *masala*. Xromatogrammada pentan va geksanning tutilish vaqtlari mos ravishda 37 va 54 sekund. Ularning xromatografik cho‘qqi yarim balandliklaridagi eni mos ravishda pentan uchun 4,7 s va geksan uchun 6,8 s. Moddalarning bir-biridan ajratish kriteriyasini aniqlang ( $R_1$ ).

*Yechish*: Ajratish kriteriyasi quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$R = \frac{2\Delta t_{2,1}}{\mu_1 + \mu_1}$$

yoki

$$R_1 = \frac{V_{R,2} - V_{R,1}}{\mu_{0,5(1)} + \mu_{0,5(2)}}$$

Tenglamadagi kattaliklarning o‘z qiymatlarini qo‘yganimizda:

$$R_1 = \frac{54 - 37}{4,7 + 6,8} = 1,5$$

*Javob*: Ajratish kriteriyasi qiymati 1,5 teng. Komponentlar bir-biridan yaxshi ajraladi.

3- *masala*. Nazariy tarelkalar soni 200 bo‘lgan, diagramma lentasining tezligi 720 mm/soat, xromatografik yarim cho‘qqi eni 3 mm, gaz oqimining tezligi 30 ml/minut holat uchun komponentning tutilish vaqti va tutilish hajmi qiymatlarini aniqlang.

*Yechish*: Nazariy tarelkalar soni xromatografik yarim cho‘qqi eni ( $\mu_{0,5}$ ) bilan quyidagi tenglama orqali bog‘liq:

$$N = 5,54 \left( \frac{L}{\mu_{0,5}} \right)^2,$$

$$\text{Yoki } 200 = 5,54 \cdot \left( \frac{l_R}{3} \right)^2,$$

Demak,  $l_R = 18 \text{ mm}$ .

Diagramma lentasining tezligini  $U_l$  bilgan holda, tutilish vaqtini  $t_R$  hisoblaymiz.

$$U_l = \frac{720}{60} = 12 \text{ (mm/min)};$$

$$t_R = l_R / U_l, \quad t_R = 18 / 12 = 1,5 \text{ min}$$

Gaz oqimining hajmiy tezligini ( $W_R$ ) bilgan holda, komponentning tutilish hajmini ( $V_R$ ) hisoblaymiz:

$$V_R = W_r \cdot t_r$$

$$V_R = 30 \cdot 1,5 = 45 \text{ (ml)}$$

*Javob:* 1,5 min, 45(ml)

**4-masala.** Harakatsiz fazaning massasi 3.829 g bo‘lgan kolonkada propanning xromatogrammasi olingan. Gaz oqimining tezligi 60 ml/min, diagramma lentasining tezligi 720 mm/ soat. Kolonka harorati 120 °C, xonaning havo harorati 24 °C (shu haroratda suvning parsial bosimi 23,1 mm. sim. ust.), atmosfera bosimi 762 mm. sim. ust. . Namunani yuborishi bilan yutilmaydigan komponent va propanning xromatografik cho‘qqilari orasidagi masofa 0.8 va 3.4 mm ni tashkil etadi. Nisbiy tutilish hajm qiymatlarini hisoblab toping.

*Yechish:* Nisbiy tutilish hajmlari quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$V_g = \frac{(l - l_m) \cdot W}{B \cdot m_a} \cdot \frac{T}{T_{xona}} \left( 1 - \frac{p_{suv}}{p_{atm}} \right),$$

Bu erda  $l$  – sorbatning maksimum cho‘qqisigacha bo‘lgan masofa, mm;  $l_m$  – yutilmaydigan moddaning maksimum cho‘qqisigacha bo‘lgan masofa, mm;  $B$ – diagramma lentasining tezligi, mm/s;  $W$  – gaz oqimining tezligi, ml/s;  $T$  –  $V$  kolonka joylashgan termostat harorati, K;  $T_{xona}$  – gaz oqmi o‘lchanadigan xona harorati, K;  $p_{suv}$  – gaz oqimini o‘lchash vaqtidagi suv bosimi, mm. sim. ust.;  $p_{atm}$  –atmosfera bosimi, mm simob ustuni,  $m_a$  –kolonkadagi sorbent massasi, g.

Keltirilgan qiymatlarni tenglamaga qo‘yib, kerakli amallarni bajaramiz:

$$V_g(\text{propan}) = \frac{(3,4 \text{ mm} - 0,8 \text{ mm}) \cdot 1 \text{ ml/s}}{0,2 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot 3,829 \text{ g}} \cdot \frac{393,15}{297,15} \left(1 - \frac{23,1}{762}\right)$$

$$= 4,4 \text{ ml/g}$$

Javob : 4,4 ml/g

5-masala. Metanolning xromatografik choʻqqisi asosining eni ( $\mu$ ) 16 mm ni tashkil etadi. Xromatogrammadagi namuna kiritilgandan metanol xromatografik choʻqqisi orasidagi masofa 8 sm. Kolonkaning nazariy tarelkalar sonini aniqlang.

Yechish: Kolonkaning nazariy tarelkalar soni qoʻyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$n = 16(l/\mu)^2$$

bu erda  $l$ – xromatogrammadagi namuna kiritilgandan xromatografik choʻqqisi orasidagi masofa;  $\mu$ – xromatografik choʻqqi asosining eni.

Barcha qiymatlarni oʻrniga qoʻyib hisoblab chiqamiz:

$$n = 16(80/16)^2 = 400.$$

6 - masala . Agar  $V_n = 1 \text{ sm}^3$ ,  $V_0 = 2 \text{ sm}^3$ ,  $K_D^A = 5,0$  va  $K_D^B = 16,0$  teng boʻlsa A va V moddalarning tutilish hajmlari va selektivlik kriteriyasini aniqlang.

Xromatografiyaning asosiy qonuni:  $V_R = V_0 + K_D V_H$

Bundan,  $V_R^A = 2 + 5 \cdot 1 = 7$

$$V_R^B = 2 + 16 \cdot 1 = 18$$

Selektivlik kriteriyasi :

$$K_c = \frac{(V_R^B - V_R^A)}{(V_R^B + V_R^A)} = \frac{(18-7)}{(18+7)} = 0,44$$

Javob : 7; 18; 0,44.

7- masala. Quyidagi maʼlumotlar asosida A va V moddalarning 20 g quruq sefadeks G-10 gelidagi taqsimlanish koeffitsiyenti  $K_D$  va etib borish konstantasi  $K_{av}$  ni aniqlang:

$$V_R^A = 20 \text{ sm}^3; V_R^B = 32 \text{ sm}^3$$

1g quruq gel olingani uchun:

$V_t = 2,0 \text{ sm}^3$  (gelning umumiy hajmi);  $V_0 = 0,8 \text{ sm}^3$  (gelning tashqi hajmi);

$V_i = 1,0 \text{ sm}^3$  (gelning ichki hajmi).

Xromatografiyaning asosiy qonuni:  $V_R = V_0 + K_D \cdot V_i$

Undan,

$$K_D = \frac{(V_R - V_0)}{V_i}$$

$$K_D^A = \frac{(20 - 0,8 \cdot 20)}{1 \cdot 20} = 0,2, \quad K_D^B = \frac{(32 - 0,8 \cdot 20)}{1 \cdot 20} = 0,8$$

Yetib borish konstantasi:

$$K_{av}^A = \frac{(V_R^A - V_0)}{(V_t - V_0)} = \frac{(20 - 0,8 \cdot 20)}{20(2 - 0,8)} = 0,17,$$

$$K_{av}^B = \frac{(V_R^B - V_0)}{(V_t - V_0)} = \frac{(32 - 0,8 \cdot 20)}{20(2 - 0,8)} = 0,67.$$

Javob: 0,2,0,8; 0,17,0,67.

8-masala. Harakatli faza geliyning oqim tezligi 30 ml/minut. Agar ushbu kolonkada geliyning tutilish vaqti 40 sekund va is gazining tutilish vaqti 6 minut bo'lsa, is gazining tutilish hajmi va tuzatilgan tutilish vaqtlarini hisoblab toping. Geliy ushbu kolonkada deyarli yutilmaydi.

*Yechish:* Is gazining tutilish hajmini topish uchun uning tutilish vaqtini gaz oqimining sarf bo'lgan miqdoriga ko'paytiramiz.

$$V_{CO} = 30 \cdot 6 = 180 \text{ ml} \quad 40 \text{ sekund davomida kolonka orqali}$$

$$V_{He} = 30 \cdot 40/60 = 20 \text{ ml} \quad \text{hajm gaz oqimi o'tadi.}$$

Is gazining tuzatilgan tutilish hajmini aniqlash uchun uning tutilish hajmidan harakatli fazaning sarf bo'lgan miqdorini ayiramiz:

$$V_{CO}^1 = 180 - 20 = 160 \text{ ml}$$

9- masala. Aralashma tarkibida metan va is gazi mavjud. Keltirilgan sharoitlarda ushbu moddalarning xromatografik kolonkada tutilish vaqtlari mos ravishda 5,50 va 7,00 minutga teng. Ularning xromatografik cho'qqilarining yarim balandlikdagi enlari mos ravishda 30 va 95 sekund. Ushbu moddalarning ajralish kriteriyasini aniqlang. Xromatografik cho'qqi simmetrik ko'rinishga ega.

*Yechish:* Ajralish darajasi R quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$R = \frac{\Delta t_R}{\tau_{0,5(M)} + \tau_{0,5(CO)}},$$

Bu erda:

$$\Delta t_R = 7 \text{ min} - 5,50 \text{ min} = 1,50 \text{ min} = 90 \text{ s};$$

$$R = \frac{90}{30 + 95} = 0,72.$$

$\Delta t_R$ - is gazi va metanning tutilish vaqtlari farqining ayirmasi.

$\tau_{0,5(M)} + \tau_{0,5(CO)}$ - xromatografik cho‘qqi yarim balandligining eni.

$$\Delta t_R = 7,00 \text{ minut} - 5,50 \text{ minut} = 1,50 \text{ minut} = 90 \text{ sekund}$$

$$R = 90/30 + 95 = 0,72. \text{ Moddalar to‘liq ajralmaydi.}$$

10-masala. Metanolning xromatografik cho‘qqisi asosining eni 10 mm. Agar uning tutilish vaqti 9 minutni tashkil etsa, kolonkaning nazariy tarelkalar sonini aniqlang. Diagramma lentasining tezligi 600 mm/soatni tashkil etadi. Kolonkaning uzunligi 1 m bo‘lgan holat uchun NTEB qiymatini hisoblang.

*Yechish:* Diagramma lentasida metanolning o‘tgan masofasini hisoblaymiz. 9 minut davomida xromatografik lentada o‘tilgan masofa:

$$l_R = 600 \cdot 9/60 = 90 \text{ minut}$$

Nazariy tarelkalar sonini  $n = 16\left(\frac{l_R}{\mu}\right)^2$  tenglama bilan hisoblaymiz.

$$n = 16(90/10)^2 = 1296n$$

NTEB qiymatini  $(H) = \frac{L}{n}$  tenglama bilan hisoblaymiz.

Bu erda L - kolonkaning uzunligi, n - nazariy tarelkalar soni

$$\text{NTEB } (N) = 1000 \text{ mm} / 1296 = 0,8 \text{ mm.}$$

$$\text{Javob: NTEB } (N) = 0,8 \text{ mm}$$

11- masala. Etanol xromatografik cho‘qqisining asosining eni 20 mm. Etanol uchun kolonkaning nazariy tarelkalar soni 2000 ga teng. Diagramma lentasining tezligi 1200 mm/soat. Etanolning minutlarda tutilish vaqtini hisoblang.

*Yechish:* Nazariy tarelkalar sonini topishda  $n = 16(\frac{l_R}{\mu})^2$  tenglama-sidan foydalanib xromatografik lentada etanolning tutilish vaqtini (mm) hisoblab topamiz.

$$l_R = 20\sqrt{2000/16} = 224 \text{ mm}$$

Tutilish vaqtini topamiz :  $t_R = 224 \cdot 60/1200 = 11 \text{ min}$ .

*Javob:*  $t_R = 11 \text{ min}$

12-masala. Xromatogrammada tutilish vaqti 0,84 minut bo'lgan cho'qqi (yutilmaydigan N komponent) 10,6 minutda chiqqan cho'qqi (B komponent) va 11,08 minutda chiqqan yana bir cho'qqi (G komponent) hosil bo'ldi. B va G komponent cho'qqilari asosining eni mos ravishda 0,56 va 0,59 minut. Kolonkaning uzunligi-28,3 sm, turg'un fazaning hajmi -12,3 ml, harakatli fazaniki esa 17,6 ml.

Quyidagi kattaliklarni hisoblang: a) kolonkaning nazariy tarelkalar sonini; b) nazariy tarelkalarning ekvivalent balandligini, B va G komponentlar uchun tutilish koefitsiyentini; g) B va G komponentlar uchun taqsimlanish koefitsiyentini; d) B va G komponentlar cho'qqilarining selektivlik koefitsiyentini.

*Yechish.* Birinchi navbatda B va G komponentlar uchun nazariy tarelkalar sonini aniqlaymiz.

$$N_B = 16(\frac{10,60}{0,56})^2 = 5,7 \cdot 10^3;$$

$$N_G = 16(\frac{11,08}{0,59})^2 = 5,6 \cdot 10^3;$$

Ikkinchi navbatda NTEB qiymatini topamiz.

$$H = \frac{L}{N} = \frac{283 \text{ mm}}{5681} = 0,0496 \text{ mm}$$

Tutilish koefitsiyenti R ni kolonkaning "o'lik vaqti" yoki "o'lik hajmi"ni moddaning tutilish vaqti yoki tutilish hajmiga nisbati bo'yicha topiladi.

$$R_B = \frac{0,84}{10,60} = 0,079; \quad R_G = \frac{0,84}{11,08} = 0,076.$$

Moddalarining taqsimlanish koeffitsiyentlari quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$R = \frac{V_m}{V_m + DV_s} \text{ yoki } D = \frac{V_m}{V_s} \left( \frac{1-R}{R} \right)$$

Kerakli qiymatlar qo'yilib hisoblab chiqamiz:

$$D_B = \frac{17,6}{12,3} = \frac{1 - 0,079}{0,079} = 16,7;$$

$$D_G = \frac{17,6}{12,3} = \frac{1 - 0,076}{0,076} = 17,4.$$

Ikkinchi tomondan, harakatli va statsionar fazalar hajmi aniq bo'lganligi sabab, ularning qiymatidan foydalanib, ikkala komponent uchun gaz oqimining qiymatidan foydalanib  $V_r$  ni hisoblab topamiz.

$$F = \frac{V_m}{t_m} = \frac{17,6 \text{ ml}}{0,84 \text{ min}} = 20,95 \frac{\text{ml}}{\text{min}},$$

$$V_R(B) = 10,65 \text{ min} \cdot 20,95 \frac{\text{ml}}{\text{min}},$$

$$V_R(G) = 11,08 \text{ min} \cdot 20,95 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

Komponentlar uchun taqsimlanish koeffitsiyent qiymatlarini

$$D = \frac{V_R - V_m}{V_s}, \quad \text{tenglama yordamida hisoblab chiqamiz:}$$

$$D_B = \frac{222,1 - 17,6}{12,3} = 16,6;$$

$$D_G = \frac{232,1 - 17,6}{12,3} = 17,4.$$

Ajratish selektivligi selektivlik koeffitsiyenti  $\alpha$  bilan izohlanadi. Selektivlik koeffitsiyenti ko'proq tutiladigan komponent tutilish koeffitsiyentining kam tutiladigan modda tutilish koeffitsiyentiga nisbati bilan hisoblanadi.

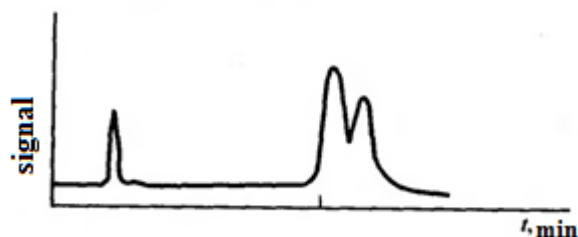
$$\alpha = D_G / D_B = 17,4 / 16,7 = 1,04.$$

Ajratish kattaligi ajratish darajasini ko'rsatadi.

$$R_s = 2(11,08 - 10,60) / 0,59 + 0,56 = 0,86.$$

Hisoblab chiqilgan qiymatdan ko'rinib turibdiki, B va G moddalar qisman ajralgan (to'liq ajralish  $R_s$  qiymatining 1,5 dan yuqorisida sodir bo'ladi).

Yuqorida keltirilgan aralashma xromatogrammasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



13-masala. Harakatsiz fazaning hajmi 1,5 ml va yutilmaydigan moddaning tutilish hajmi 2,5 ml bo'lgan xromatografik kolonkada B va G moddalarning taqsimlanish koeffitsiyentlari mos ravishda 5,0 va 15,0 ga teng. Kolonkaning nazariy tarelkalar soni 20 teng. Ushbu sharoitda B va G moddalarning ajralishi mumkin yoki mumkin emasligini hisoblab chiqing. Moddalarni bir-biridan ajratish uchun nazariy tarelkalar qiymatini hisoblang.

*Yechish.* Masalani hal qilish uchun  $R_s$  qiymatini hisoblab chiqish kerak. Agar uning qiymati 1,5 teng yoki katta bo'lsa, moddalar ajraladi. Dastavval B va G moddalarning tutilish hajmlari qiymatlarini hisoblaymiz:

$$V_R(B) = 2,5 + 5 \cdot 1,5 = 10 \text{ ml};$$

$$V_R(G) = 2,5 + 15 \cdot 1,5 = 25 \text{ ml}.$$

Selektivlik koeffitsiyenti qiymati teng:

$$\alpha = D_G/D_B = 15/5 = 3$$

Ko'proq ushlanuvchi G komponentning hajmiy koeffitsiyenti teng:

$$k'(G) = (V_R(G) - V_m)/V_m = (25 - 2,5)/2,5 = 9;$$

Olingan qiymatlar asosida  $R_s$  qiymatini hisoblab topamiz:

$$R_s = \frac{1}{4} \sqrt{20} \left( \frac{3-1}{3} \right) \left( \frac{9}{9+1} \right) = 0,67,$$

Dastavval xromatografik cho'qqilar enini quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$W = \frac{4V_R}{\sqrt{N}}, \quad W_B = 8,95 \text{ ml}, \quad W_G = 22,4 \text{ ml}$$

Olingan qiymatlar asosida  $R_s$  qiymatini hisoblaymiz.

$$R_s = 2(25 - 10)/(22,4 + 8,95) = 096.$$



Demak, keltirilgan sharoitlarda komponentlar bir-biridan to'liq ajralmaydi. To'liq ajralish sharoitini aniqlash maqsadida nazariy tarelkalarining maqbul qiymatini quyidagi tenglama yordamida hisoblab chiqamiz.

$$N = 16R_s^2 \left( \frac{\alpha}{\alpha - 1} \right)^2 \left( \frac{k'_2 + 1}{k'_2} \right)^2.$$

Kerakli qiymatlarni tenglamaga qo'yib, hisoblashni amalga oshiramiz.

$$N_{kerak} = 16(1,5)^2(3/2)^2(10/9)^2 = 100.$$

14-masala. Nazariy tarelkalar soni 256 ga teng A kolonkada 1 va 2 qo'shni cho'qqilarning tutilish hajmlari mos ravishda 5,0 v 6,2 ga teng. B kolonkaning nazariy tarelkalar soni ikki marta ko'p, ya'ni 522 ga teng, lekin tutilish hajmlari o'zgarmadi. Ushbu holat uchun, A kolonkadan B kolonkaga o'tganda cho'qqilarning asosi necha martaga o'zgarganini va ajralishini aniqlang.

*Yechish.* Bu masalaning yechishini topishda cho'qqi enining nazariy tarelkalar soniga bog'liqlik teglamasidan foydalanamiz.

$$W = \frac{4V_R}{\sqrt{N}},$$

Masala shartiga ko'ra, A kolonkadan B kolonkaga o'tganda cho'qqilarning tutilish hajmlari  $V_R(1), V_R(2)$  qiymatlari o'zgarmagan, shuning uchun bir kolonkadan ikkinchi kolonkaga o'tganda cho'qqilar eni bir xil o'zgaradi. Shuning uchun:

$$\frac{W^A}{W^B} = \frac{4V_R^A}{\sqrt{N_A}} : \frac{4V_R^B}{\sqrt{N_B}} = \sqrt{\frac{N_B}{N_A}},$$

$N_B$  va  $N_A$  qiymatlarini o'rniga qo'ysa:

$$W_A/W_B = \sqrt{512/256} = \sqrt{2}.$$

Ajralish nazariy tarelkalar va komponentlarning tutilish hajmlari bilan quyidagi tenglama orqali bog'liq:

$$R_S = \frac{2\sqrt{V_R}}{\frac{4V_R(I)}{\sqrt{N}} + \frac{4V_R(II)}{\sqrt{N}}} = \frac{2\sqrt{V_R}\sqrt{N}}{(4(V_R(I) + 4(V_R(II)))}$$

Masala shartiga ko'ra  $V_R(1)$  va  $V_R(2)$  qiymatlari o'zgarmagani uchun:

$$\frac{R_S^A}{R_S^B} = \sqrt{N_A/N_B} = \sqrt{256/512} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

15- masala. Xromatografik 2 metrli kolonkada uglevodorodlarni aniqlashda gaz oqimining tezligini o'zgartirdik. Gaz oqimining uch xil qiymat-larida tutilmaydigan komponentning "o'lik" tutilish vaqti mos ravishda 18,2; 8,0 va 5,0 sekund qiymatlarga ega. Ushbu sharoitlarda dekanning tutilish vaqtlari mos ravishda 2020; 888 va 558 sekundga teng. Hosil bo'lgan cho'qqilari asosining enlari mos ravishda 232; 99 va 68 ga teng. Quyidagi kattaliklar qiymatlarini hisoblang:

a) har bir holat uchun oqim tezligi; b)  $N$  va  $H$  qiymatlari; v) Van-Deemter tenglamasidagi  $A, B$  va  $C$  qiymatlarini; s) gaz oqimining maqbul qiymatini.

Gaz oqimi tezligini quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$v = L/t_m$$

11 sm/s; 25 sm/s; 40 sm/s.

$$N = 16\left(\frac{t_R}{W}\right)^2$$

tenglama yordamida  $N$  qiymatlarini hisoblab topamiz:

1) 1310; 2) 1286; 3) 1068.

$H = L/N$  tenglama orqali  $N$  qiymatini hisoblaymiz.

1) 1,53 mm; 2) 1,56 mm; 3) 1, 87 mm.

Van-Deemter tenglamasiga gaz oqimi qiymatlarini qo'yamiz:

$$0,153 = A + B/11 + C 11$$

$$0,156 = A + B/25 + C 25$$

$$0,187 = A + B/40 + C 40$$

Sistemani ishlab chiqib, quyidagi qiymatlarni olamiz:

$$A = 0,059; \quad B = 0,699; \quad C = 2,8 \cdot 10^{-3}.$$

$v_{opt} = \sqrt{B/C}$ , tenglama yordamida optimal gaz oqimi tezligini topamiz.

$$V = \sqrt{0,69/2,8} \cdot 10^{-3} = 1,51 \cdot 10^2$$

16- *masala*. Bir necha omillar ta'sirida xromatografik cho'qqining kengayish standart chetlanishlari mos ravishda 0,0041; 0,0011; 0,0091 va 0,0470 qiymatlarga teng. Quyidagi qiymatlarni toping; a) cho'qqi enining standart chetlanishi, b) 15 santimetrli kolonkaning samaradorligini (N).

$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2$  tenglamaga asosan umumiy standart chetlanish qiymatini topamiz.

$$\sigma = 4,93 \cdot 10^{-2} \text{ sm}; \quad H = \sigma^2 / L$$

tenglama orqali N qiymatini hisoblaymiz.  $N = 1,62 \text{ mkm}$ .

17- *masala*. Bir necha omillar ta'sirida xromatografik cho'qqining kengayish standart chetlanishlari mos ravishda 0,015; 0,009; 0,025 va 0,030 qiymatlarga teng. Quyidagi qiymatlarni toping: a) cho'qqi enining standart chetlanishi; b) 20 santimetrli kolonkaning samaradorligini (N); v) tutilish koeffitsiyenti 0,25 va oqimning chiziqli tezligi – 5 sm/sekund holat uchun cho'qqining tutilish vaqtini.

Oldingi masaladagi kabi chetlanish qiymatini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} a) \sigma_{ko'zatilgan}^2 &= \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2 \\ &= (0,015)^2 + (0,009)^2 + (0,025)^2 + (0,03)^2 \\ &= 18,31 \cdot 10^{-4} \text{ sm}^2; \quad \sigma = 4,28 \cdot 10^{-2} \text{ sm}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b) H &= \sigma_{ko'zatilgan}^2 / L = 18,31 \cdot 10^{-4} \text{ sm}^2 / 20 \text{ sm} = 9,16 \cdot 10^{-5} \text{ sm} \\ &= 0,92 \text{ mkm}; \end{aligned}$$

Kolonka uzunligi va oqim tezligining chiziqli tezligini bilgan holda (v)  $t_m$  qiymatini aniqlaymiz.

$$t_m = L/v,$$

$$t_m = 20 \text{ sm} / 5 \text{ sm/min} = 4 \text{ min.}$$

$t_m$  qiymatidan foydalanib tutilish vaqtining qiymatini aniqlaymiz.

$$t_R = t_m / R = 4 / 0,25 = 16 \text{ min.}$$

## Mustaqil yechish uchun masalalar

1-masala. Harakatsiz fazaning massasi 4.267 g bo'lgan xromatogra-fik kolonkada etan, etilen va atsetilen xromatogrammalari olindi. Gaz oqimining tezligi 30 ml/minutni tashkil etdi, diagramma lentasining tezligi 240 mm/soat. Kolonka harorati 100 °C, atrof-muhit harorati 25 °C (suvning parsial bosimi ushbu haroratda 24,5 mm.sim.ust. teng), atmosfera bosimi 758 mm.sim.ust. Tutilmaydigan komponent, etan, etilen va atsetilen xromatografik cho'qqilarigacha bo'lgan masofa mos ravishda 1,2; 15,4; 13,9 va 17,2 mmga teng. Etanning tutilish hajmini aniqlang.

*Javob:* 0,503 ml/g.

2-masala. Harakatsiz fazaning massasi 3,812 g bo'lgan xromatogra-fik kolonkada propan, butan va buten xromatogrammalari olindi. Gaz oqimining tezligi 60 ml/minutni tashkil etdi, diagramma lentasining tezligi 60 mm/soat. Kolonka harorati 120 °C, atrof-muhit harorati 24 °C (suvning parsial bosimi ushbu haroratda 23,1 mm.sim.ust. teng), atmosfera bosimi 742 mm.sim.ust. Tutilmaydigan komponent, propan, n-butan va butenning cho'qqilarigacha bo'lgan masofa mos ravishda 1,2; 10,4; 14,9 va 17,2 mmga teng. Butenning nisbiy tutilish hajmini toping.

*Javob:* 5,72 ml/g.

3-masala. Harakatli faza oqim tezligining 30 ml/min qiymatida benzolning tuzatilgan ushlanish vaqti 14,9 sekundni tashkil etadi. Diagramma lentasining tezligi 3 sm/minut bo'lganda, yutilmaydigan komponentning va toluolning tutilish vaqtlari mos ravishda 3 va 13 mm. Gaz-oqimining tezligi 60 ml/minut. Ushbu sharoitlarda qaysi modda ko'proq tutilishini aniqlang.

$$V_{benzol} = 7,45 \text{ ml}; V_{toluol} = 20,0 \text{ ml}.$$

*Javob:* toluol.

4-masala. Harakatli faza oqim tezligining 40 ml/min qiymatida metilpiridinining tuzatilgan ushlanish vaqti 18,8 sekundni tashkil etadi. Diagramma lentasining tezligi 3 sm/minut bo'lganda, yutilmaydigan

komponentning va teofenning tutilish vaqtlari mos ravishda 3 va 13 mm. Gaz-oqimining tezligi 60 ml/minut. Ushbu sharoitlarda qaysi modda ko'proq tutilishini aniqlang.

$$V_{\text{metilpiridin}} = 12,5 \text{ ml}; V_{\text{tiofen}} = 20,0 \text{ ml}.$$

*Javob:* teofen

5-masala. Yutilmaydigan harakatli faza geliy oqim tezligi 30  $\text{cm}^3/\text{min}$ . Uning tutilish vaqti 25 s. Noma'lum modda (X) ning tutilish vaqti – 5 min. Noma'lum modda (X) ning tutilish hajmi va tuzatilgan tutilish hajmini aniqlang.

*Javob:* 150 ml; 137,5 ml.

6-masala. Namuna yuborilgan joydan yutilmaydigan komponent chiqishi orasidagi masofa 3 mm, benzol chiqish joyigacha 26 mm, toluolgacha 48 mm. Benzol va toluol xromatografik cho'qqilarining asosi mos ravishda 4 va 8 mm. Kolonka uzunligi 1,5 metr. Nazariy tarelkalar ekvivalent balandligini aniqlang.

*Javob:*  $H_{\text{benzol}} = 2,83 \text{ mm}$ ;  $H_{\text{toluol}} = 2,96 \text{ mm}$ .

7-masala. Namuna yuborilgan joydan yutilmaydigan komponent chiqishi orasidagi masofa 2,5 mm, geksan chiqish joyigacha 38 mm, geptangacha 62 mm. Geksan va geptan xromatografik cho'qqilarining asosi mos ravishda 3 va 7 mm. Kolonka uzunligi 2,5 metr. Nazariy tarelka-lar ekvivalent balandligini aniqlang.

*Javob:*  $H_{\text{geksan}} = 1,11 \text{ mm}$ ;  $H_{\text{geptan}} = 2,16 \text{ mm}$ .

8-masala. 2-metilgeksanning tutilish vaqti 136 sekund. Xromatografik cho'qqi yarim balandligi eni 6 mm. 3-metilgeksanning xromatografik cho'qqisi asosining eni 16 mm. Diagramma lentasi tezligi 240 mm/soat. Yuqoridagi holat uchun 3-metilgeksanning tutilish vaqtini aniqlang.

*Javob:* 362,5 sekund.

9-masala. 3-metilfenolning tutilish hajmi 117 ml. Xromatografik cho'qqisi asosining eni 36 sekund. Diagramma lentasi tezligi 3  $\text{cm}^3/\text{min}$ . Gaz oqimining tezligi 30 ml/min. 2-metilfenolning xromatografik cho'qqisi yarim balandligi 8 mm bo'lsa, uning tutilish hajmini aniqlang.

*Javob:* 88,3 mm.

10-*masala*. Metanni aniqlashda nazariy tarelkalar soni 2000 teng bo'lgan xromatografik kolonka qo'llanildi. Metanning xromatografik cho'qqi asosining eni 20 mm ni tashkil etdi. Diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat. Metanning tutilish vaqtini aniqlang.

*Javob*: 22,3 minut.

11-*masala*. Xromatogrammada 2-metiloktan va 2,3-dimetilgeptanning tutilish vaqtlari mos ravishda 37 va 34 sekund. Ularning xroma-tografik cho'qqi yarim balandlilaridagi eni mos ravishda 2-metiloktan uchun 3,2 mm va 2,3 dimetilgeptan uchun 2,7 mm. Diagramma lentasi-ning tezligi 1,5 sm/minut holat uchun moddalarning bir-biridan ajratish kriteriyasini aniqlang ( $R_s$ ).

*Javob*: 1,27.

12- *masala*. Xromatogrammada izopropilbenzol va 1,2,3-trimetilbenzolning tutilish vaqtlari mos ravishda 112 va 84 sekund. Ularning xromatografik cho'qqi yarim balandlilaridagi eni mos ravishda izopropilbenzol uchun 2,1 mm va 1,2,3 – trimetilbenzol uchun 2,3 mm. Diagramma lentasining tezligi 3,0 sm/minut holat uchun moddalarning bir-biridan ajratish kriteriyasini aniqlang ( $R_s$ ).

*Javob*: 3,18.

13-*masala*. NTEB ning qiymati 3,4 mm teng bo'lgan 1,5 metrli xromatografik kolonkada etanol, atsetaldegid va propanol-2 larni bir-biridan ajratishga harakat qilindi. Moddalarning tutilish vaqtlari mos ravishda 44, 56 va 48 sekundlarni tashkil etdi. Ushbu kolonkada qaysi moddalar bir-biridan ajralishini isbotlab bering.

14- *masala*. Nazariy tarelkalar soni 2500 bo'lgan xromatografik kolonkada sirka, oksalat va valerian kislotalar ajratilgan edi. Moddalarning tutilish vaqtlari mos ravishda 123, 138 va 194 sekundlarni tashkil etdi. Ushbu kolonkada qaysi moddalar bir-biridan ajralishini isbotlab bering.

15- *masala*. Nazariy tarelkalar soni 256 bo'lgan xromatografik kolonkada A va B moddalar ajratilgan edi. Moddalarning tutilish hajmlari mos ravishda 5,0 va 6,3 sm<sup>3</sup> tashkil etdi. Har bir modda uchun xromatografik cho'qqi enini va ajratish kriteriyasini ( $R_s$ ) hisoblang.

*Javob:* 1,25 mm., 1,575 mm.;  $R_s = 0,46$

16-masala. Gaz oqimining tezligi 45 ml/min bo'lganda oksilolning tuzatilgan tutilish vaqti 12,9 sekund. Ushbu kolonkada diagramma lentasi-ning tezligi 3 sm/minut bo'lganda yuborilgan vaqtdan m-ksilolning xromatogramma cho'qqisigacha bo'lgan masofa 13 mm (yutilmaydigan sorbentniki esa 3 mm). Gaz oqimining tezligi 30 ml/minut. Yuqoridagi sharoitlarda qaysi komponent ko'proq ushlanib qolishini aniqlang.

*Javob:*  $V_{o-ksilol} = 9,67 \text{ ml}$ ;  $V_{m-ksilol} = 10,0 \text{ ml}$ .

17-masala. Gaz oqimining tezligi 60 ml/min bo'lganda piridinning tuzatilgan tutilish vaqti 14,8 sekund. Ushbu kolonkada diagramma lentasining tezligi 1,5 sm/minut bo'lganda, yuborilgan vaqtdan teofenning xromatogramma cho'qqisigacha bo'lgan masofa 11 mm (yutilmaydigan sorbentniki esa 2 mm). Gaz oqimining tezligi 20 ml/minut. Yuqoridagi sharoitlarda qaysi komponent ko'proq ushlanib qolishini aniqlang.

*Javob:*  $V_{piridin} = 14,8 \text{ ml}$ ;  $V_{tiofen} = 1,2 \text{ ml}$ .

18-masala. Yutilmaydigan harakatli faza-argonning oqim tezligi 40 sm<sup>3</sup>/min. Argonning tutilish vaqti 30 sekund. Noma'lum moddaniki esa 4 minut. Noma'lum moddaning tutilish va tuzatilgan tutilish hajmlarini aniqlang.

*Javob:*  $V = 160 \text{ ml}$ ;  $V^1 = 140 \text{ ml}$ .

19-masala. Gaz oqimining tezligi – 30 ml/minut, nazariy tarelkalar ekvivalent balandligi – 2,5 mm, diagramma lentasining tezligi – 720 mm/soat. Ushbu sharoitda komponentning tutilish hajmi 60 ml va uning xromatografik cho'qqi yarim balandligi 2 mm bo'lsa, kolonkaning uzunligi aniqlang.

*Javob:* 2000 mm.

20-masala. 3 metrli xromatografik kolonkada analiz o'tkazilganda komponentning tutilish vaqti 20 mm, xromatografik cho'qqi yarim balandlik eni 4 mm ni tashkil etdi. Ushbu kattaliklardan foydalanib nazariy tarelkalar sonini va nazariy tarelkalar ekvivalent balandlik qiymatini hisoblang.

*Javob:*  $n = 133$  ,  $H = 21,7$  mm.

21-masala. Kolonkaning nazariy tarelkalar soni 200, diagramma lenta tezligi 720 mm/soat, xromatografik cho‘qqi yarim balandligining yeni 3 mm bo‘lsa, komponentning tutilish vaqtini aniqlang.

*Javob:* 1,5 minut

22-masala. Xromatografik analizning quyidagi qiymatlari asosida propanning samarali tutilish hajmini aniqlang:

$l_R(\text{propan}) = 10$  mm,  $F_c = 30$  ml/min,  $U_l = 600$  mm/soat,  $P_i = 2$  atm,  $t_o = 3$  s.

*Javob:* 18,32 ml.

23-masala. Komponentlardan birining tutilish vaqti 2 minut, uning xromatografik cho‘qqisi yarimbalandligining yeni – 3 mm, diagramma lentasi-ning tezligi 720 mm/soat va nazariy tarelkalar sonining ekvivalent balandligi 3 mm ga teng bo‘lsa, xromatografik kolonkaning uzunligini aniqlang.

*Javob:* 1 metr.

24-masala. 2 metrli xromatografik kolonkada moddaning nisbiy tutilish vaqti 1 minut, xromatografik cho‘qqi yarim balandligining eni 1 mm, diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat bo‘lganda, kolonkaning ekvivalent nazariy tarelkalar balandligini aniqlang.

*Javob:* 3,6 mm.

25-masala. 3 metrli xromatografik kolonkada moddaning nisbiy tutilish vaqti 54,4 sekund, xromatografik cho‘qqi yarim balandligining eni 4 mm, diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat bo‘lganda, kolonkaning nazariy tarelkalar sonini va ekvivalent nazariy tarelkalar balandligini aniqlang.

*Javob:*  $n = 28$ ,  $H = 10,7$  mm.

26- masala. Moddamiz 1000 nazariy tarelkaga ega xromatografik kolonkada analiz qilinmoqda. Xromatogrammada uning tutilish masofasi 20 mm ni tashkil etadi. Analiz shart-sharoitlari o‘zgarganda bu masofa 60 mm ni tashkil etdi. Ikki holat uchun ham xromatografik cho‘qqining yarim balanlik enini hisoblang.

*Javob:* 1,5 mm; 4,5 mm.



27-masala. Uzunligi 2 m bo'lgan, nazariy tarelkalarning ekvivalent balandlik (NTEB) qiymati 0,4 sm, xromatografik cho'qqi yarim balandligining eni 2 mm va diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat holat uchun moddaning tutilish vaqtini hisoblang.

*Javob:* 1,9 minut.

28- masala. Moddamiz 200 nazariy tarelkaga ega xromatografik kolonkada diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat, gaz oqimining tezligi 60 ml/minut bo'lgan sharoitda analiz qilinganda, uning xromatografik cho'qqisi yarim balandligining eni 20 mm tashkil etdi. Moddaning tutilish hajmi qiymatini aniqlang.

*Javob:* 72 ml.

29- masala. Atsetonning nisbiy tutilish vaqti 1 minut, uning xromatografik cho'qqisi yarim balandligining eni – 1,5 mm, diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat va nazariy tarelkalar ekvivalent balandligi 3 mm ga teng bo'lsa, xromatografik kolonkaning uzunligini aniqlang.

*Javob:* 1 metr.

30-masala. Ksilolning kolonkada nisbiy tutilish vaqti 15 mm, diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat, harakatli gaz oqimining tezligi 30 ml/minut, kolonka harorati 90<sup>0</sup>C, harakatsiz fazaning massasi 4 g. Ushbu sharoit uchun ksilolning nisbiy tutilish hajmini aniqlang.

*Javob:* 8,46 ml.

31-masala. Kolonkaning nazariy tarelkalar soni 1000, xromatografik cho'qqi yarim balandligining eni 3 mm bo'lgan holat uchun, moddaning tutilish masofasini toping.

*Javob:* 40,31 mm.

32-masala. Boshlang'ich holatda nazariy tarelkalar soni 1000 teng, diagramma lenta tezligi 600 mm/soat, xromatografik cho'qqi yarim balandligining eni 2 mm. Kolonka haroratini pasaytirganimizda xromatografik cho'qqisi yarim balandligining eni 5 mm ni tashkil etdi. Yangi tajriba sharoitida komponentning tutilish vaqti qanday o'zgaradi.

*Javob:* 2,5 martaga ortadi.

33–*masala*. Boshlang‘ich holatda nazariy tarelkalar soni 50 ga teng, diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat, tutilish vaqti 1 minut. Analiz sharoitlari o‘zgartirilganda, moddaning tutilish vaqti 2 minutga yetdi. Oldingi va keyingi analiz sharoitlari uchun xromatografik cho‘qqi yarim balandlik enining qiymatlarini aniqlang.

*Javob:* 3 mm; 7 mm.

34-*masala*. Moddaning xromatografik cho‘qqi yarim balandligining eni 2 mm. Diagramma lentasining tezligi 720 mm/soat, harakatli gaz oqimining tezligi 40 ml/minut, kolonkaning nazariy tarelkalar soni 500. Moddaning hajmiy tutilish vaqtini hisoblang.

*Javob:* 60,17 ml.

35- *masala*. Moddaning xromatografik cho‘qqi yarim balandligining eni 1,5 mm. Tutilish vaqti esa 1 minut. Diagramma lentasining tezligi 720 mm/soat, harakatli gaz oqimining tezligi 40 ml/minut, kolonkaning nazariy tarelkalar ekvivalent  $v$  balandligi 4 mm. Xromatografik kolonka uzunligini aniqlang.

*Javob:* 1,42 m.

36-*masala*. Kolonkaning harorati  $80^{\circ}\text{C}$ , harakatli faza oqim tezligi 30 ml/minut, benzolning tutilish vaqti 1,1 minut, yutilmaydigan moddaning tutilish vaqti 3 sekund sharoitlar uchun 15 % polietilenglikol bilan to‘ldirilgan kolonkada benzolning haqiqiy (ekvivalent ) tutilish vaqtini aniqlang.

*Javob:*14,54 ml.

37 –*masala*. Moddamiz 50 nazariy tarelkaga ega xromatografik kolonkada analiz qilinmoqda. Diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat va gaz oqimining tezligi 34 ml/minut bo‘lganda xromatogrammada uning tutilish hajmi 20 ml tashkil etadi. Kolonka harorati o‘zgardi va tutilish hajmi 60 mm ga o‘zgardi. Ikki holat uchun ham xromatografik cho‘qqi yarim balandligining enini hisoblang.

*Javob:* 2,0 mm; 6,0 mm.

38-*masala*. Diagramma lentasining tezligi 600 mm/soat, gaz oqimining tezligi 30 ml/minut, xromatografik kolonka harorati  $90^{\circ}\text{C}$ , shimdirilgan harakatsiz faza miqdori 4 grammni tashkil etganda

ksilolning nisbiy tutilish masofasi 15 mm ni tashkil etadi. Ksilolning nisbiy tutilish hajmini aniqlang.

*Javob:* 8,46 ml/g.

39-masala. Etanol xromatografik cho‘qqisining asosi 20 mm. Ushbu kolonkada etanol uchun nazariy tarelkalar soni qiymati 2000 teng. Potensiometr diagramma lentasi tezligi 1200 mm/soat. Etanolning tutilish vaqtini aniqlang.

*Javob:* 11 minut.

40-masala. Azotning xromatografik cho‘qqi asosi eni 12 mm. Namuna kiritilgan vaqtdan azot xromatografik cho‘qqisigacha bo‘lgan masofa 14 sm. Kolonkaning nazariy tarelkalar sonini aniqlang.

*Javob:* 2780

41-masala. Xromatogrammada X aralashmasining cho‘qqisi namuna kiritilgandan 15 minut keyin aniqlandi, yutilmaydigan U komponentning cho‘qqisi 1,32 minutdan so‘ng paydo bo‘ldi. X moddaning eng yuqori cho‘qqisi Gauss egrisi shaklida bo‘lib, kengligi 24,2 s. Cho‘qqining uzunligi 40,2 sm, statsionar fazaning hajmi - 9,9 ml, harakat-chan fazaniki esa - 12,3 ml. Hisoblang:

a) kolonkaning nazariy tarelkalar sonini; b) nazariy tarelkalar ekvivalent balandligini (bu qiymat nimani tavsiflaydi?); v) X komponentning tutilish koeffitsiyentni; g) X komponentning taqsimlanish koeffitsiyentni.

*Javob:*  $N = 2,2 \cdot 10^4$ ;  $H = 0,0183 \text{ mm}$ ;  $R = 0,088$ ;  $D = 12,87$ .

42-masala. Yutilmaydigan komponent R ning cho‘qqisidan (namuna kiritilgandan 1,5 minut) keyin xromatogrammada K va M birikmalarining cho‘qqilari mos ravishda 8,5 va 9,6 minut o‘tganda paydo bo‘ldi. K va M birikmalarining cho‘qqilari asoslarining eni mos ravishda 0,36 va 0,39 minut. Kolonkaning uzunligi 35,8 sm, statsionar fazaning hajmi 0,5 ml. Harakatli fazaning oqim tezligi 1,0 ml/min. Hisoblang: a) Kolonkaning nazariy tarelkalar soni; b) plastinkaning nazariy ekvivalent balandligini (bu qiymat nimani tavsiflaydi; v) K va M birikmalarining tutilish koeffitsiyentlari (ko‘rsatkichlari); d) K va M

komponentlarining taqsimlanish ko'effitsiyentlari; e)K va M birikmalarining selektivlik ko'effitsiyentini aniqlang.

*Javob:*  $N_k = 1,2 \cdot 10^4$ ;  $N_M = 1,3 \cdot 10^4$ ;  $N_{ort} = 1,3 \cdot 10^4$ ;  $H = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ ;  $R_x = 0,15$ ;  $R_m = 0,135$ ;  $D_k = 17,0$ ;  $D_M = 19,2$ ;  $\alpha_{K/M} = 1,16$ .

**43-masala.** K va M moddalarning xromatografik kolonkalari nazariy tarelkalar soni 100 bo'lgan holat uchun ajratish to'liq bo'lishini hisob-lang. Bunda, taqsimlash ko'effitsiyentlari mos ravishda 5,0 va 15,0 ga teng, yutilmaydigan komponentning tutilish hajmi 2,5 ml, statsionar fazaning hajmi 1, 5 ml. Ushbu moddalarni miqdoriy aniqlash uchun yetarli bo'lgan nazariy tarelkalar sonini hisoblang ( $R_s = 1$ ).

*Javob:* ajratish to'liq bo'ladi;  $N = 44$ .

**44-masala.** Agar tutilish hajmlari mos ravishda 100, 130 va 150 ml bo'lsa, K va M, K va T moddalarini ajratish uchun zarur bo'lgan kolonka uzunligini toping ( $R_s = 1$ ). Yutilmaydigan komponentning tutilish hajmi 5 ml ni tashkil qiladi.

*Javob:*  $L=27,3 \text{ sm}$  (K va M ni ajratish uchun) va  $L= 13,3 \text{ sm}$  (K va T ni ajratish uchun).

**45- masala.** Xromatografik kolonka uzunligi 1 m ga teng bo'lgan va nazariy samaradorligi 104 ga teng bo'lganda  $\alpha$ - va  $\beta$ -xolestanning tutilish vaqti mos ravishda 4025 va 4100 s. ga teng. Cho'qqilarni ajratish qancha-ga teng? Agar ajratish qiymati 1 ga teng bo'lsa, bunday cho'qqilarni ajratish uchun zarur bo'lgan nazariy tarelkalar sonini hisoblang. Balandlik, ekvivalent nazariy tarelkalar 0,1 mm ga teng bo'lganda ko'rsatilgan ajratishni ta'minlaydigan kolonka talab qilinadi?

*Javob:*  $R_s = 0,46$ ;  $N = 4,7 \cdot 10^4$ ;  $L = 4,7 \text{ m}$ .

**46-masala.** Ushbu eritilgan moddaning bir qancha xromatografik kolonkalar qo'llanilgan vaqtdagi tutilish ko'effitsiyenti 0,1 ga teng. Kolonkadagi harakatchan fazaning hajmi-2,0 ml, harakatsiz fazaning hajmi-0,5 ml. Agar harakatchan fazaning oqim tezligi 10 ml/min ga teng bo'lsa, sig'im ko'effitsiyenti va  $t_s$ ni toping.

*Javob:*  $k = 9$ ;  $t_s = 1,8 \text{ min}$ .

47-masala. Xromatografik kolonkada M moddaning ajratish koefitsiyenti 10 ga, K moddaniki esa 15 ga teng. Harakatsiz faza hajmi-0,5 ml, harakatchan faza hajmi-1,5 ml, harakatchan faza oqim tezligi 0,5 ml/min ga teng. Har bir komponentning tutilish hajmi, tutilish vaqti va tutilish koefitsiyentini aniqlang.

Javob:  $V_R(M) = 6,5 \text{ ml}$ ;  $V_R(K) = 9,0 \text{ ml}$ ;  $t_R(M) = 13 \text{ min}$ ;  $t_R(K) = 18 \text{ min}$ .

48-masala. Harakatsiz fazaning hajmi 2,0 ml bo'lgan kolonkada olingan xromatogrammalardagi qo'shni cho'qqilarning tutilish hajmlari mos ravishda 10,8 va 13,2 ml ga teng. Usha harakatsiz faza hajmi 0,1 ml ga teng bo'lganda, shu cho'qqilar uchun tutilish hajmi qiymatlarini hisoblang. Ikkala kolonka uchun harakatchan faza hajmi 1,8 ml ga teng. Bir kolonkani ikkinchisiga almashtirganda selektivlik qanday o'zgaradi?

Javob:  $V_R(I) = 6,3 \text{ ml}$ ;  $V_R(II) = 7,5 \text{ ml}$ ; selektivlik o'zgarmaydi.

49-masala. 1,5 ml harakatsiz faza va X modda saqlagan I kolonkaning tutilish koefitsiyenti 0,5 va tutilish hajmi 25ml. Agar harakatchan faza hajmi bir xil, harakatsiz faza hajmi 3,0 ml II kolonkaga o'zgartirsak tutilish hajmi necha marta o'zgaradi.

Javob: 1,5 marta ortadi.

50-masala. Spirtlarni ajratish 1 m uzunlikdagi xromatografik kolonkada gaz tashuvchining uch xil oqim tezligida olib borildi. Kolonkaning o'lik vaqti birinchi holatda 10 s, ikkinchi holatda 20 s va uchinchi holatda 25 s ga teng ekanligi aniqlandi. Etanolning tutilish vaqti 155, 245 va 325 s ekanligi, xromatografik cho'qqining kengligi mos ravishda 20, 30 va 40 s ekanligi aniqlandi. Quyidagilarni aniqlang: a) har bir holat uchun gaz-tashuvchi oqim tezligini; b) nazariy tarelkalar soni N va nazariy tarelkalar ekvivalent balandligi h ni; v) Van-Deemter tenglamasidagi A, B va C konstantalarini; g) oqimning optimal tezligini.

Javob: a) 10,5 va 4 sm/s; b) N: 961; 1067; 1056; h: 0,104; 0,094; 0,095 sm;

v)  $A = 8,4 \cdot 10^{-3}$ ,  $B = 0,056$ ,  $C = 0,004$ ; g) 3,7 sm/s.

51-masala. Gaz-suyuqlik xromatografiyasida 2 m li xromatografik kolonka bilan uglevodorodlarni ajratish natijasida oqim tezligi 20 ml/minutda tarelkalar samaradorligi 2350 ga, oqim tezligi 40 ml/minutda tarelkalar samaradorligi 2500 ekanligi aniqlandi. Oqimning optimal tezligi nimaga teng?

*Javob:* 26 ml/min.

52-masala. Turli omillar ta'sirida xromatografik cho'qqi kengayish standart chetlanishlari mos ravishda 0,0090; 0,0076; 0,0200 va 0,0370 sm qiymatlarga teng. Quyidagi qiymatlarini toping: a) cho'qqi enining standart chetlanishi; b) 20 santimetrli kolonkaning samaradorligini ( $H$ , mkm).

*Javob:* a)  $\sigma = 4,36 \cdot 10^{-2}$  sm; b)  $H = 0,95$  mkm

53-masala. Turli omillar ta'sirida xromatografik cho'qqi kengayish standart chetlanishlari mos ravishda 0,0130; 0,0024; 0,0067 va 0,0470 sm qiymatlarga teng. Quyidagi qiymatlarini toping: a) cho'qqi enining standart chetlanishi; b) 20 santimetrli kolonkaning samaradorligini ( $H$ , mkm).

*Javob:* a)  $\sigma = 4,93 \cdot 10^{-2}$  sm; b)  $H = 1,215$  mkm

54-masala. Turli omillar ta'sirida xromatografik cho'qqi kengayish standart chetlanishlari mos ravishda 0,005; 0,011; 0,009 va 0,045 sm qiymatlarga teng. Quyidagi qiymatlarini toping: a) cho'qqi enining standart chetlanishi; b) 20 santimetrli kolonkaning samaradorligini ( $H$ , mm). v) tutilish ko'effitsiyenti 0,30, oqimning chiziqli tezligi 3 sm/min bo'lganda cho'qqining tutilish vaqtini.

*Javob:* a)  $\sigma = 4,75 \cdot 10^{-2}$  sm; b)  $H = 2,52 \cdot 10^{-3}$  mm; v)  $t_R = 11,1$  min.

55-masala. Cho'qqining kengayishi kolonkadan tashqarida 15%, kolonkada 80% va detektorda 5 % ni tashkil etib, cho'qqi enini 1,5 marta kengaygan holati uchun nazariy tarelkalar soni 1000 bo'lgan, uzunligi 20 sm bo'lgan xromatografik kolonkada A modda cho'qqisining enini (mm) da hisoblang.

*Javob:*  $W=25,3$ mm; cho'qqining kengligi 1,4 marta ortadi.

56-masala. Analizning optimal shart-sharoitlarini aniqlash maqsadida turli uzunlikdagi (L) xromatografik kolonkalarda 3 komponentli aralashma tarkibiga kiruvchi moddalarning olingan xromatogram-malardagi tutilish masofasini (l) va xromatografik yarim choʻqqi baland-liklari ( $\mu_{1/2}$ ) qiymatlarini hisobladik. Olingan natijalar jadvalda keltirilgan.

| Variant | L, metr | Aralashmadagi komponent , № | l, mm | $\mu_{1/2}$ , mm |
|---------|---------|-----------------------------|-------|------------------|
| A       | 1       | 1                           | 26,5  | 2,5              |
|         |         | 2                           | 32    | 2,5              |
|         |         | 3                           | 38    | 4,0              |
| B       | 2       | 1                           | 27    | 1,5              |
|         |         | 2                           | 30    | 2,0              |
|         |         | 3                           | 44    | 3,5              |
| B       | 2       | 1                           | 20    | 1,0              |
|         |         | 2                           | 27    | 1,5              |
|         |         | 3                           | 30    | 2,0              |
| G       | 1       | 1                           | 32    | 1,5              |
|         |         | 2                           | 36    | 2,0              |
|         |         | 3                           | 45    | 4,0              |
| D       | 1,5     | 1                           | 42    | 2,0              |
|         |         | 2                           | 49    | 2,5              |
|         |         | 3                           | 54    | 3,0              |

Olingan natijalar boʻyicha, n, H, R qiymatlarini hisoblang.

57-masala. Yutilmaydigan argon harakatli fazaning oqim tezligi 40 ml/min. Agar namuna tarkibidagi moddaning tutilish vaqti 4 minut boʻlsa, ushbu komponentning hajmiy va oʻzgartirilgan hajmiy tutilish vaqtini aniqlang. Argonning tutilish vaqti 40 sekund.

Javob: 160 ml; 133,3 ml.

58-masala. U nomaʼlum moddaning hajmiy tutilish vaqti 150 ml va oʻzgartirilgan hajmiy tutilish vaqti 120 ml ni tashkil etgan holat

uchun, yutilmaydigan moddaning tutilish vaqtini aniqlang. Harakatlanuvchi fazaning oqim tezligi 30 ml/min.

*Javob:* 60 sekund.

59-masala. Azotga tegishli xromatografik cho‘qqi asosining eni 12 mm. Agar namuna yuborilgandan azotning xromatografik cho‘qqisigacha bo‘lgan masofa 14 sm tashkil etsa, kolonkaning nazariy tarelkalar sonini hisoblang.

*Javob:* 2177.

60-masala. Metanni aniqlashda xromatografik kolonkaning nazariy tarelkalar soni 2000 ni tashkil etdi. Diagramma lentada olingan xromato-grafik cho‘qqi asosining eni 20 mm. Diagramma lentasining tezligi 600 mm/ soat bo‘lsa, metanning tutilish vaqtini aniqlang.

*Javob:* 22,36 minut.

61-masala. Agar xloroform uchun nazariy tarelkalar ekvivalent balandligi (NTEB) 0,1 mm, tutilish vaqti 212 sekund, xromatografik cho‘qqi asosining eni 12 sekund bo‘lsa, kolonkaning nazariy tarelkalar sonini aniqlang.

*Javob:*  $n = 4995$ .

62-masala. Geksaxlorgeksan –qishloq xo‘jaligida insektitsid sifatida ishlatiladi. Oziq-ovqat sanoatida ushbu moddaning miqdorini xromato-grafik usulda aniqlashadi. Nazariy tarelkalar ekvivalent balandligi (NTEB) 0,5 mm, tutilish vaqti 21 sekund, xromatografik kolonkaning uzunligi 1 metr. Agar yuqoridagi sharoitlarda diagramma lentasining tezligi 1200 mm/soat bo‘lsa, xromatografik cho‘qqi asosining enini hisoblang.

*Javob:* 0,62 mm.

63- masala. Gaz aralashmalarida etanol va metanol bug‘lari mavjud. Tur xil xromatogrammalardagi ushbu moddalarning bir-biridan ajralish darajasini (R) aniqlang. Xromatografik cho‘qqilarning xossalari jadvalda berilgan.



| Aralashma tartibi | Metanol cho‘qqisi |               | Etanol cho‘qqisi  |               |
|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|                   | Tutilish vaqti, s | Cho‘qqi eni,s | Tutilish vaqti, s | Cho‘qqi eni,s |
| 1                 | 225               | 19            | 250               | 21            |
| 2                 | 210               | 18            | 270               | 25            |
| 3                 | 214               | 19            | 280               | 30            |
| 4                 | 190               | 16            | 210               | 21            |
| 5                 | 185               | 16            | 240               | 26            |
| 6                 | 195               | 15            | 260               | 30            |
| 7                 | 215               | 18            | 245               | 30            |
| 8                 | 204               | 19            | 230               | 24            |
| 9                 | 230               | 25            | 320               | 40            |
| 10                | 230               | 30            | 300               | 50            |

64-masala. Tarkibida atseton, benzol va geksan bo‘lgan aralashma uzunligi 1000 mm bo‘lgan xromatografik kolonkada GSX usulida analiz qilindi. Tajribalarda olingan qiymatlar barcha moddalar uchun jadvalda keltirilgan .

| Komponent | L, mm | h , mm | $\mu_{1/2}$ , mm |
|-----------|-------|--------|------------------|
| Atseton   | 35    | 87     | 4                |
| Geksan    | 48    | 104    | 4                |
| Benzol    | 58    | 164    | 6                |

Jadvalda keltirilgan qiymatlar asosida xromatografik ajratish jarayonini xarakterlovchi : n, H va R qiymatlarini hisoblang.

Javob: Aseton uchun : n =425; H =2.35 mm W=19.9%

Geksan uchun : n =3748; H =0.27 mm W=23.8%

Benzol uchun: n =4143; H =0.24 mm W=56.3%

R (atseton-geksan)=1.63. R (geksan-benzol)=1.0

65-*masala*. Tarkibida vitamin E, skvalan, sebasianat va setil palmi-tat bo'lgan aralashma uzunligi 20 m bo'lgan shisha kapillyar kolonkaga GSX usulida analiz etildi. Tajribalarga ko'ra har bir modda uchun xroma-tografik kattaliklar aniqlandi.

| Aralashma komponentlari | L, mm | H, mm | $\mu_{1/2}$ , mm |
|-------------------------|-------|-------|------------------|
| Skvalan                 | 19    | 177   | 1                |
| Sebasinat               | 26    | 179   | 1                |
| Vitamin E               | 62    | 185   | 1.8              |
| Setilpalmitat           | 93    | 160   | 2.4              |

Jadvalda keltirilgan qiymatlardan foydalanib, moddalarning ajratish darajasi va ularning normallash usulida aniqlangan massa ulushlarini hisoblang.

*Javob:*

|                |        |          |
|----------------|--------|----------|
| skvalan        | R=15.4 | W=16.50% |
| cebasianat     | R=12.9 | W=16.68% |
| setil palmitat | R=7.4  | W=35,78% |
| vitamin E      |        | W=31.03% |

66- *masala*. Analizning optimal shart-sharoitlarini aniqlash maqsadida turli uzunlikdagi (L) xromatografik kolonkalarda 3 komponentli ara-lashma tarkibiga kiruvchi moddalarning olingan xromatogrammalardagi tutilish masofasini (l) va xromatografik yarim cho'qqi balandliklari ( $\mu_{1/2}$ ) qiymatlarini hisobladik. Olingan natijalar jadvalda keltirilgan.

| Variant | L, metr | Aralashmadagi komponent № | l, mm | $\mu_{1/2}$ , mm |
|---------|---------|---------------------------|-------|------------------|
| A       | 1       | 1                         | 26,5  | 2,5              |
|         |         | 2                         | 32    | 2,5              |
|         |         | 3                         | 38    | 4,0              |
| B       | 2       | 1                         | 27    | 1,5              |
|         |         | 2                         | 30    | 2,0              |

|   |     |   |    |     |
|---|-----|---|----|-----|
|   |     | 3 | 44 | 3,5 |
| B | 2   | 1 | 20 | 1,0 |
|   |     | 2 | 27 | 1,5 |
|   |     | 3 | 30 | 2,0 |
| G | 1   | 1 | 32 | 1,5 |
|   |     | 2 | 36 | 2,0 |
|   |     | 3 | 45 | 4,0 |
| D | 1,5 | 1 | 42 | 2,0 |
|   |     | 2 | 49 | 2,5 |
|   |     | 3 | 54 | 3,0 |

Olingan natijalar bo'yicha, n, H, R qiymatlarini hisoblang.

67-masala. Porapak Q sorbentida 85°C va gaz-tashuvchi oqim tezligi 75 ml/min. bo'lganda spirtlarning tutilish vaqtlari quyidagicha: metanol-60,2 s, etanol-114 s, butanol-414 s ekanligi aniqlanganligidan n-propanolning tutilish hajmini aniqlang. Yutilmaydigan moddaning xromatogrammdagi cho'qqisi 25 s dan keyin hosil bo'ladi.

Javob: 269 ml.

68-masala. Kolonka harakatsiz faza SE-30 bilan shimdirilgan Xromaton N sorbenti bilan to'ldirilgan. Tajribalar 80°C harorat va gaz-tashuvchi oqim tezligi 90 ml/min bo'lganda sharoitda olib borilganda quyidagi qiymatlar olindi. Ushbu qiymatlar asosida noma'lum uglevodorod qaynash haroratini aniqlang.

| Uglevodorod | $t_R, s$ | $T_{qayn}, ^\circ C$ |
|-------------|----------|----------------------|
| $C_6H_{14}$ | 70       | 68,9                 |
| $C_7H_{16}$ | 120      | 98,5                 |
| $C_8H_{18}$ | 210      | 125,0                |
| X           | 380      | ?                    |

Tutilmaydigan modda xromatogrammada 25 sekunddan keyin paydo bo'ladi.

Javob: 150,7°C.

69-masala. Porapak sorbenti,  $80^{\circ}\text{C}$  harorat va gaz-tashuvchi oqim tezligi 90ml/min bo'lganda, tajribada olingan quyidagi ma'lumotlardan foydalanib, n-pentanolning qaynash haroratini aniqlang:

| Sorbat   | $t_R, \text{s}$ | $T_{qayn}, ^{\circ}\text{C}$ |
|----------|-----------------|------------------------------|
| Metanol  | 72,3            | 64,7                         |
| Etanol   | 126             | 78,5                         |
| Butanol  | 312             | 97,2                         |
| Pentanol | 2961            | ?                            |

Yutilmaydigan komponentning cho'qqisi xromatogrammada 30 sekunddan keyin paydo bo'ladi.

**Javob:**  $137,8^{\circ}\text{C}$ .

### Nazorat savollar.

1. Xromatografik ajralish jarayonining mohiyati.
2. Xromatografiyaning rivojlanish tarixi.
3. Xromatografiya usullari klassifikatsiyasi.
4. Ajralish jarayoni asosida yotadigan hodisalar belgisi, harakatdagi va qo'zg'almas fazalarning agregat holati bo'yicha va analizni o'tkazish uslubiyatiga asoslangan klassifikatsiyalar.
5. Harakatdagi fazaning holati, o'zaro ta'sir xarakteri va xromatografik jarayonni o'tkazilishi bo'yicha xromatografiya variantlari.
6. Xromatografik ajratishda sorbsiya jarayonlarining o'ri. Sobsiya, sorbent, sorbat.
7. Xromatografiyada keng ishlatilayotgan sorbentlar: silikagellar, alyumogellar, aktivlangan ko'mirlar, molekulyar elaklar, g'ovak polimer-sorbentlar.
8. Sorbsiya izotermasining tenglamasi. Chiziqli soha. Genri tenglamasi.
9. Sorsiya jarayonid molekulalararokuchlar va o'ziga xos bog'larning (vodorod bog'i va donor-akseptor ta'sir) o'ri.
10. Nositellar (tutuvchilar), ularnig asosiy xarakteristikalar.
11. Detektorlar, ularning turlari va xarakteristikalar.
12. Gaz xromatografiyasida ajralish jarayonini baholash mezonlari.

13. Xromatografik ajratish kattaliklari.
14. Kolonkaning samaradorligi. Nazariy tarelkalar soni, nazariy tarelkalarning ekvivalent balandligi.
15. Xromatografik ajratish kattaliklariga gaz oqimining ta'siri.
16. Xromatografik ajratish kattaliklariga xaroratning ta'siri.
17. Detektor sezuvchanligiga ta'sir etuvchi omillar.

## II BOB. XROMATOGRAFIYADA SIFAT ANALIZI

Xromatografiya faqat aralashma komponentlarini ajratishnigina emas, balki ularning sifat va miqdor tarkibini aniqlaydi, shuning uchun xromatogrammadagi xromatografik cho‘qqining holati (ushlab turish hajmi, ushlab turish vaqti) ushbu xromatografik sistemadagi moddalar tabiatini xarakterlaydi, xromatografik cho‘qqining maydoni esa detektor orqali o‘tgan ushbu moddalarning miqdoriga proporsional ravishda (xromatografik cho‘qqi) detektorda nolga teng bo‘lgan chiziqdan va cheklangan egrilikdan iborat bo‘ladi.

Sifat analizi. Xromatografik identifikatsiya usuli – bu avval ushlab turish parametrlari ( $t_R, V_R$ ) ni identifikatsiya qilib, qayta ishlab chiqarishni xarakterlab, nisbiy standart og‘ishi 0,02 dan oshmaydi. Noma’lum va standart birikmalar ushlab turish parametrlari qiymati bir xil bo‘lishini ko‘rsatishi ushbu birikmalar bir xilligidan dalolat beradi. Agar har xil moddalar bir xil ushlab turish vaqtiga ega bo‘lsa, ma’lum va noma’lum moddalar kuchli farq qiladigan sharoitdan o‘tkazilganda xromatografik parametrlar identifikatsiyasi katta aniqlikda solishtirilib ko‘riladi. Masalan, kolonka bilan har xil harakatsiz fazaning xromatografik munosabati olinadi. Agar standart va noma’lum modda xromatografik munosabati bir xil bo‘lsa, identifikatsiya aniqligi 99 % gacha o‘sadi.

Har xil asboblarda olingan xromatogrammalarni solishtirib, identifikatsiyadagi xatolarning oldini olishda va ushlab turish hajmi hamda ushlab turish vaqtini tuzatishda foydalaniladi. Ko‘pincha identifikatsiya o‘tkazishda standart qabul qilingan, ya’ni nisbiy ushlab turish  $t_{nisbiy}$ , ushlab turish hajmi orasidagi munosabat orqali modda komponentlarining ushlab turish hajmi aniqlanadi:

$$t_{nisbiy} = \frac{t_R}{t_{R,st}} = V_R/V_{R,st}$$

Bu kattalik faqat harakatchan va harakatsiz fazalar tarkibiga bog‘liq.

Sifatliy identifikatsiya uchun ushlab turish Kovach indeksidan foydalanish qulay bo'lib, u ham nisbiy ushlab turish parametri hisoblanadi. Bunday paytda ikkita standart yonma-yon joylashgan alkan olinib, qaysiki birinchisi aniqlanadigan moddagacha oldin, ikkinchisi kyein chiqadi.

$$t'_{R(z)} < t'_{R(x)} < t'_{R(z+1)}$$

Bu erda  $z$  – alkandagi uglerod atomlari soni.

Ushlab turish logarifmik indeksiga quyidagi formula javob beradi:

$$I = 100 \frac{\lg t'_{R(x)} - \lg t'_{R(z)}}{\lg t'_{R(z+1)} - \lg t'_{R(z)}} + 100z$$

Istalgan  $n$  – alkan uchun  $I = z$ . Boshqa barcha birikmalarni Kovach indeksiga nisbatan o'lchangan  $n$  – alkanlar shkalasidan ma'lumot-nomalardagi jadvallardan foydalanib aniqlash mumkin.

Noma'lum birikmaning tuzatilgan ushlab turish vaqti  $t'_{R(x)} = 19,5 \text{ min}$  ga ega.

Tuzatilgan ushlab turish vaqti  $n$  – geksan va  $n$  – geptanda bu shartlar mos ravishda 13,7 va 29,3 min.ga teng. Noma'lum birikmaning Kovach indeksidan foydalanib quyidagi tenglama yordamida hisoblanadi:

$$I = 100 \frac{\lg 19,5 - \lg 13,7}{\lg 29,3 - \lg 13,7} + 100 \cdot 6 = 648,2$$

Ma'lumotnomadagi jadvaldan benzolga tegishli bo'lgan indeksni ( $I = 650$ ) ahamiyatini olib topamiz.

Ushlab turish indeksining identifikatsiyasi ushlab turish hajmiga nisbatan ishonchliroq, shuning uchun faqatgina identifikatsiya uchun foydalanmasdan, balki harakatsiz faza selektivligini baholash uchun foydalaniladi.

Organik birikmalarning gomologik qatorida ushlab turish parametrlari ( $t'_R, V'_R$ ) qonuniyatga asosan o'zgaradi hamda asosan ishlab chiqarish uchun identifikatsiya qilinadi. Masalan, gaz xromatografiyasida tuzatilgan ushlab turish hajmi logarifmi doimiy

temperaturadagi kolonkaning qaynash temperaturalariga ( $T_q$ ) yoki birikmadagi uglerod atomlari soni  $z$  ga bog'liqligidan foydalaniladi:

$$\lg V'_R = A + Bz$$

$$\lg V'_R = A + BT_q$$

bu erda:  $A$  va  $B$  ixtiyoriy konstantalar bo'lib, analiz sharoitiga va gomologik qatordagi funksional guruhlariga bog'liq.

Agar gomologik qatorga tegishli bo'lgan birikma aniqlangan bo'lsa, uning identifikatsiyasi uchun gomologik qator a'zolarining bir qancha ushlab turish xarakteristikalarini bilish yetarlidir. Gomologlarning identifikatsiyasi uchun ushlab turish indeksleri 100  $z$  yoki topilgan grafik yoki yuqoridagi tenglamada hisoblab topilgan  $T_q$  lardan foydalaniladi.

### Sifat analizi bo'yicha masalalar yechish usullari

1- *masala*. Butan, pentan va etanolning tutilish hajmlari mos ravishda 57, 152 va 78 ml ga teng. Etanol uchun Kovach indeksini hisoblang.

*Yechish*. Kovachning indeksi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$I_x = \frac{\lg V_R^x - \lg V_R^n}{\lg V_R^{n+1} - \lg V_R^n} \cdot 100 + 100 \cdot n$$

Masala shartida berilgan qiymatlarni tenglamaga mos ravishda qo'yamiz:

$$I_x = \frac{1,892 - 1,758}{2,182 - 1,758} \cdot 100 + 100 \cdot 4 = 431,6$$

*Javob*: 431,6

2-*masala*. Gaz suyuqlik xromatografiyasi usulida uglevodorodlarni bir-biridan ajratishda yutilmaydigan komponent –havoning tutilish vaqti 1,72 minutni tashkil etdi. Uglevodorodlarning-n-heptan, 2-metilheptan, siklopentan va n-oktanning tutilish vaqtlari mos ravishda 9,63; 12,40;



13,19 va 14,21 minut qiymatlarga teng. 2-metilgeptan, siklopentan uchun Kovach indekslarini hisoblang.

*Yechish.*  $t'_R = t_R - t_m$  tenglama yordamida barcha uglevodorodlarning nisbiy tutilish qiymatlarini aniqlaymiz: n-geksan-7,91; 2-metilgeptan -10,68; siklopentan -11,47 va n-oktan – 12,49 minut.

Kovach tenglamasi bo'yicha hisoblaymiz:

$$I_{mg} = 100 \left[ 7 + \frac{\lg 10,68 - \lg 7,91}{\lg 12,49 - \lg 7,91} \right] = 766,$$

$$I_{sg} = 100 \left[ 7 + \frac{\lg 11,47 - \lg 7,91}{\lg 12,49 - \lg 7,91} \right] = 781$$

*Javob:*  $I_{mg} = 766$ ;  $I_{sg} = 781$ .

3- *masala.* Karbovaks fazasi bilan to'ldirilgan xromatografik kolonkada 77°C haroratda, gaz oqimining tezligi 90 ml/minut bo'lganda alifatik spirtlarning quyidagi tutilish vaqtlari aniqlandi: metanol- 72,3 s; etanol- 126 s; butanol- 509 s. Yutilmaydigan komponentning tutilish vaqti 30 sekund. Yuqorida keltirilgan sharoitda n-pentanolning tutilish hajmini aniqlang.

*Yechishi.* Masalani yechish uchun quyidagi bog'liqlikdan foydalanamiz:

$$\lg t'_R = a + bn,$$

Qo'shimcha jadval tuzamiz.

| n | $t_R, C$ | $t'_R$ | $\lg t_R$ |
|---|----------|--------|-----------|
| 1 | 72,3     | 42,3   | 1,63      |
| 2 | 126      | 96     | 1,98      |
| 4 | 509      | 479    | 2,68      |

Jadvaldagi keltirilgan qiymatlar asosida tenglamalar tuzami:

$$1,63 = a + b$$

$$1,93 = a + 2b$$

$$2,68 = a + 4b$$

Tenglamalar sistemasining yechimi quyidagi qiymatlarni keltirdi:

$$b = 0,35; \quad a = 1,28.$$

Hisoblash uchun  $tgt'_R = 1,28 + 0,35b$  tenglama o'rinli.

Pentanol uchun  $tgt'_R(n - pentanol) = 1,28 + 0,35 \cdot 5 = 3,03$ ;

$$at'_R = 1071,5 \text{ s.}$$

$$t_R = 1071,5 + 30 = 1101,5 \text{ s} = 18,36 \text{ минут}$$

$$\text{Bundan } V_R = t_R F = 18,36 \text{ min} \cdot 90 \text{ ml/min} = 1652 \text{ ml.}$$

$$\text{Javob: } V_R = 1652 \text{ ml.}$$

4-masala. Yutilmaydigan komponentning tutilish hajmi 5 ml. Ushbu kolonkada propan xromatografik cho'qqisigacha bo'lgan masofa ( $l_R$ ) diagramma lentasining turli xil tezlik qiymatlarida ( $q$ ) quyidagicha:

| №            | 1  | 2    |
|--------------|----|------|
| $l_R$ , mm   | 7  | 1,75 |
| $q$ , sm/min | 6  | 1,5  |
| $w$ , ml/min | 60 | 60   |

$l_R$  ning aniqlash xatosi 1 mm. Propanning qaysi holatida sifat analizi qilishligini aniqlang.

*Yechish.* Propanning sifat analizini o'tkazish sharoiti faqat uning tutilish hajmining yutilmaydigan modda tutilish hajmi qiymatidan ishonchlilik intervali chegarasining tashqarisida farq qiladigan sharoitda amalga oshadi.

Xromatogramma olingan sharoitni o'rganib chiqamiz:

1 holat. Agar  $l_R$  topish xatoligi 1 mm bo'lsa,  $l_R$  qiymati 6 dan 8 gacha o'zgaradi. Yutilmaydigan komponentning tutilish hajmi kichik qiymat bo'lgani uchun, biz faqat  $l_R$  ning past o'zgarish chegarasini o'rganamiz.  $l_R = 6$  bo'lganda tutilish hajmi:

$$V_R^{pastki} = \frac{l_R w}{q} = \frac{(7 - 1) \text{ mm} \cdot 60 \text{ ml/min}}{60 \text{ mm/min}} = 6 \text{ ml}$$

6 ml > 5 ml bo'lganligi uchun ushbu sharoitda propanni sifatli analiz qilishimiz mumkin degan hulosasi chiqarishimiz mumkin.

2 -holat. Birinchi holatga o'xshab :

$$V_R^{pastki} = \frac{l_R W}{q} = \frac{(1,75 - 1)mm \cdot 60 ml/min}{15 mm/min} = 3 ml$$

3 ml < 5 ml, demak, ushbu sharoitda propannni sifatliy analiz qilish mumkin emas.

*Javob:* ushbu sharoitda propannni sifat analiz qilish mumkin emas.

### Mustaqil yechish uchun masalalar

1-masala. Geptan, oktan va butilatsetatning tutilish hajmlari mos ravishda 118, 204 va 173 ml ga teng. Butilatsetat uchun Kovach indeksini hisoblang.

*Javob:* 764.

2-masala. Xromatogrammada tutilish vaqti 61,7; 66,3; 70,4; 73,8; 78,1; 84,3; 89,0; 93,7; 97,2 va 104,9 s bo'lgan komponentlar aniqlandi. Jadvaldan foydalanib, aralashma tarkibidagi moddalarni aniqlang. Pentan, geksan va geptanning tutilish vaqtlari mos ravishda 55,4; 75,8 va 107,0 s ga teng.

| moddalar          | I     | modda             | I     |
|-------------------|-------|-------------------|-------|
| 2-metilpentan     | 591,0 | 2-metilgeksan     | 661,8 |
| 3-metilgeksan     | 646,7 | siklopenten       | 557,6 |
| siklogeksan       | 617,3 | fenol             | 695,0 |
| siklopentan       | 534,4 | tiofen            | 655,1 |
| furan             | 588,1 | 2,3-dimetilbutan  | 576,3 |
| benzol            | 608,2 | piridin           | 672,6 |
| 2,3-dimetilpentan | 624,2 | 2,4-dimetilpentan | 630,7 |

3-masala. Pentan, izo-butanol va geksanning tutilish vaqtlari mos ravishda 54; 67 va 89 s ga teng. Izobutanol uchun Kovach indeksini hisoblang.

*Javob:* 537.

4-masala. Xromatogrammada tutilish vaqti 117,2; 124,8; 137,3; 142,9; 155,8; 162,5; 167,4; 178,0; 214,8 va 223,5 s bo'lgan

komponentlar aniqlandi. Jadvaldan foydalanib, aralashma tarkibidagi moddalarni aniqlang. Geksan, geptan, oktan va nonanning tutilish vaqtlari mos ravishda 110,5; 145,4; 202,0 va 241,7 teng.

| moddalar      | I     | moddalar        | I     |
|---------------|-------|-----------------|-------|
| toluol        | 720,8 | m-ksilol        | 833,2 |
| piridin       | 742,5 | tetragidrofuran | 705,3 |
| n-butanol     | 621,4 | izo-butanol     | 612,2 |
| propilatsetat | 681,8 | izo-pentanol    | 733,5 |
| p-ksilol      | 855,2 | n-pentanol      | 778,9 |
| 2-metilgeksan | 693,5 | o-ksilol        | 856,9 |
| butilatsetat  | 761,1 | 3-metilgeksan   | 679,0 |

5-masala. Tarkibida ikkilamchi aminlar bo'lgan gaz analiz qilingan-da tutilish vaqti 361 s bo'lgan modda aniqlandi (harakatsiz faza-skvalan, kolonka harorati 100 °C). Ushbu sharoitlarda geptan va oktanning tutilish vaqtlari mos ravishda 348 va 372 s. Namuna tarkibida di-izo-propilamin (Kovach indeksi 644), di-n-propilamin (Kovach indeksi 754) va di-ftor-butilamin (Kovach indeksi 837) bo'lishi mumkin. Aminni aniqlang.

*Javob:* di-n-propilamin

6-masala. Tanlangan sharoitlarda dekan va undekanning tutilish vaqtlari mos ravishda 22,5 va 26,8 minutga teng. Kolonkaning o'lik vaqti 0,5 minutga, tutilish vaqti 25,3 minutga teng bo'lsa, A modda uchun Kovach indeksini hisoblang.

*Javob:* 1070.

7-masala. Xromaton N yuzasi 10% li SE-30 bilan shimdirilgan kolonkada karbon kislotalarning metil efirlari ajratildi va n-oktanning tutilish vaqti 12,5 minut, n-dodekanniki 20,8 minut ekanligi aniqlandi. D modda xromatografik kolonkada 13,4 minutda, G modda esa 17,8 minutda elyuiranadi. Kolonkaning o'lik vaqti 2,5 minut bo'lsa, D va G moddalar uchun Kovach indeksini hisoblang.

*Javob:*  $I_D = 861$ ;  $I_G = 1076$ .

8-masala. Tarkibida ikkilamchi aminlarni saqlagan aralashma analiz qilinganda xromatogrammada tutilish vaqti 358 sekund bo'lgan komponentni aniqlash kerak. Analiz sharoitlarida n-geptan va n-oktanlarning tutilish vaqtlari mos ravishda 348 va 372 sekund. Kolonka harorati  $100^{\circ}\text{C}$ . Harakatsiz faza-skvalan. Adabiyotda keltirilgan qiymatlardan aminlarning Kovach indeksleri quyidagilarga teng: di-izo-propilamin 644; di-n-propilamin 746; di-ikkilamchi-butilamin 837; di-izobutilamin 850. Noma'lum aminni aniqlang.

*Javob:* di-n-propilamin

9-masala. Uglevodorodlar aralashmasi analizi xromatogrammasida bitta komponentning tutilish vaqti 163 sekund. Skvalan – harakatsiz faza sifatida ishlatilgan. Kolonka termostatining harorati -  $80^{\circ}\text{C}$ . Ushbu moddaning Kovach indeksi qiymatini hisoblab toping. n-pentan va n-geksanning ushbu sharoitlardagi tutilish vaqtlari mos ravishda 121 va 258 sekund. Jadvalda keltirilgan qiymatlardan foydalanib, ushbu komponent qaysi izoparafinlarga taalluqli ekanini aniqlang.

| Sorbat            | Kovach indeksi | Sorbat              | Kovach indeksi |
|-------------------|----------------|---------------------|----------------|
| 2-metilpentan     | 570,5          | 3-metilgeksan       | 677,0          |
| 3-metilpentan     | 585,6          | 3-etilpentan        | 688,2          |
| 2,2-dimetilbutan  | 540,1          | 2,2-dimetilpentan   | 627,9          |
| 2,3 -dimetilbutan | 569,6          | 2,3-dimetilpentan   | 674,4          |
| 2-metilgeksan     | 667,7          | 2,4-dimetilpentan   | 631,8          |
| 3,3dimetilpentan  | 662,8          | 2,2,3-trimetilbutan | 644,6          |

10- masala.  $80^{\circ}\text{C}$  haroratda 2-metilgeksanning skvalandagi Kovach indeksi qiymati 652,0 ga teng. Agar ushbu sharoitlarda n-geksan va n-geptanning tutilish vaqtlari mos ravishda 143 va 285 sekunda teng bo'lsa, 2-metilgeksanning tutilish vaqtini aniqlang.

*Javob:* 414.

11- masala. Petroley efiri analiz qilinganda xromatogrammada tutilish vaqti mos ravishda 115 , 233 va 365 sekunda teng n-pentan, n-gek-san va n-geptanlarning xromatografik cho'qqilari paydo bo'ldi.

Skvalan – harakatsiz faza sifatida ishlatilgan. Kolonka termostatining harorati - 80<sup>0</sup>C. Berilgan jadvaldagi ma'lumotlardan foydalanib, tutilish vaqtlari 1)152; 2)188; 3)211; 4)269; 5)264; 6) 289; 7) 326; 8) 330; 9) 309; 10) 347 bo'lgan moddalarni aniqlang.

| Sorbat            | Kovach<br>indeksi | Sorbat              | Kovach<br>indeksi |
|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 2-metilpentan     | 570,5             | 3-metilgeksan       | 677,0             |
| 3-metilpentan     | 585,6             | 3-etilpentan        | 688.2             |
| 2,2-dimetilbutan  | 540,1             | 2.2-dimetilpentan   | 627,9             |
| 2,3 -dimetilbutan | 569,6             | 2,3-dimetilpentan   | 674,4             |
| 2-metilgeksan     | 667,7             | 2,4-dimetilpentan   | 631,8             |
| 3,3dimetilpentan  | 662,8             | 2,2,3-trimetilbutan | 644,6             |

12-masala. Sanoatda olingan spirtlar aralashmasi namunasi xromatografik usulda analiz qilinganda 1,2,3 komponentlarning xromatografik cho'qqilarigacha bo'lgan masofa mos ravishda 3,12; 4,50 va 7,50 sm ga teng. Diagramma lentasining harakat tezligi - 10 mm/min. Ushbu sharoitlarda yuborilgan “xromatografik toza” alifatik spirtlarning tutilish vaqti ( $t_R$ ) quyidagilarni tashkil etadi:

| Спирт    | $CH_3OH$ | $C_2H_5OH$ | $C_3H_7OH$ | $C_4H_9OH$ | $C_5H_{11}OH$ | $C_6H_{13}OH$ |
|----------|----------|------------|------------|------------|---------------|---------------|
| $t_R, s$ | 75       | 90         | 130        | 270        | 390           | 480           |

Ikkinchi spirt qaysi ekanligini aniqlang.

Javob:  $C_4H_9OH$

13-masala. Sivush moyining yuborilgan vaqtidan №1, №2 va №3 xromatografik cho'qqilar maksimumigacha bo'lgan masofalar mos ravishda 2,16; 4,50 va 6,50 sm ga teng. Diagramma lentasining harakat tezligi - 10 mm /min. Ushbu sharoitlarda yuborilgan “xromatografik toza” alifatik spirtlarning tutilish vaqti ( $t_R$ ) quyidagilarni tashkil etadi:

| Спирт    | $CH_3OH$ | $C_2H_5OH$ | $C_3H_7OH$ | $C_4H_9OH$ | $C_5H_{11}OH$ | $C_6H_{13}OH$ |
|----------|----------|------------|------------|------------|---------------|---------------|
| $t_R, s$ | 75       | 90         | 130        | 270        | 390           | 480           |

Sivush moyi tarkibidagi spirtlarni aniqlang.

Javob:  $C_3H_7OH$ ;  $C_4H_9OH$  ;  $C_5H_{11}OH$

14-masala. Yutilmaydigan komponentning tutilish hajmi 5,5 ml. Ushbu kolonkada gaz oqim tezligining turli qiymatlarida ( $w$ ) va diagramma lenta tezligining har xil qiymatlarida ( $q$ ) metanning tutilishi quyidagilarga teng:

| №                   | 1  | 2   | 3  | 4   | 5   |
|---------------------|----|-----|----|-----|-----|
| $l_R, \text{ mm}$   | 7  | 3,5 | 7  | 3,5 | 1,4 |
| $q, \text{ sm/min}$ | 6  | 3   | 3  | 1,5 | 0,6 |
| $w, \text{ ml/min}$ | 60 | 60  | 30 | 30  | 30  |

$l_R$  ning aniqlanish xatosi 1 mm. Qaysi holatda sifat analizini o'tkazish mumkinligini aniqlang.

15-masala. Yutilmaydigan komponentning tutilish hajmi 3,8 ml. Ushbu kolonkada is gazining gaz oqimining tezligining turli qiymatlarida ( $w$ ) va diagramma lenta tezligining har xil qiymatlarida ( $q$ ) metanning tutilishi quyidagilarga teng:

| №                   | 1  | 2   | 3  | 4   | 5    |
|---------------------|----|-----|----|-----|------|
| $l_R, \text{ mm}$   | 5  | 2,5 | 5  | 1,5 | 0,75 |
| $q, \text{ sm/min}$ | 6  | 3   | 3  | 0,6 | 0,3  |
| $w, \text{ ml/min}$ | 60 | 60  | 30 | 20  | 20   |

$l_R$  ni aniqlanish xatosi 1 mm. Qaysi holatda sifat analizini o'tkazish mumkinligini aniqlang.

### Nazorat savollar.

1. Gaz xromatografiyasida sifat analiz o'tkazish usullari.
2. Planar xromatografiyada sifat analiz o'tkazish usullari.
3. Tutilish vaqti va tutilish xajmi sifat analiz o'tkazishning asosiy mezonlari.
4. Sifat analizini Kovachning tutilish indekslari orqali o'tkazishning mohiyati

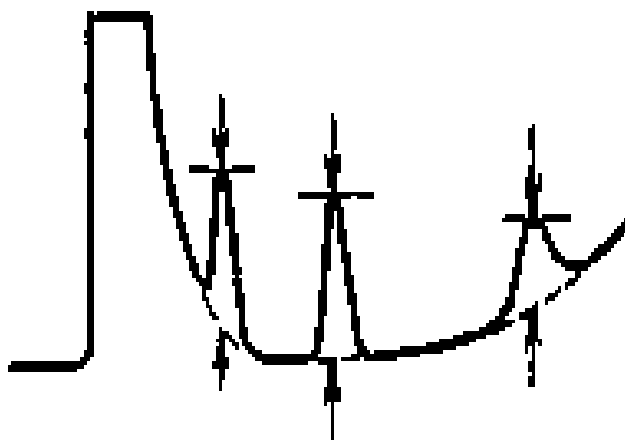
5. Sifat analizini o'tkazishning noxromatografik usullari .
6. Moddalarning Kovach to'atilish indeksini topish mexiyati.
7. Moddalarning tutilish vaqti yoki tutilish xajm kattaliklariga ta'sir etuvchi omillar.
8. Qog'oz xromatografiyasida sifat analiz o'tkazish usullari.
9.  $R_f$  kattaligi nima va o'ning sifat analiz o'tkazishdagi roli.
10.  $R_f$  qiymatiga ta'sir etuvchi omillar.
11. Qog'oz va yupqa qavat xromatografiyasida boshqa analiz usullarning qullanilishi.



### III BOB. XROMATOGRAFIK MIQDORIY ANALIS USULLARI

Miqdor analizi uchun xromatogrammaga elektron tuzilishli detektordan signal berilib, ushbu signal raqam formasiga yoki o'ziyozarlentali diagrammaga o'zgartiriladi. Miqdor analizining so'ngi jarayonida cho'qqi maydoni yoki balandligi o'lchanishi o'tkazilib, bu parametrlar xromatografik sohadagi modda miqdoriga yoki konsentratsiyasiga proporsionaldir.

Cho'qqi balandligi aniq va oddiy o'lchanadi, ayniqsa, cho'qqi maydonini o'lchash uchun simmetrik cho'qqiga va ushlab turish vaqti kichik moddadan foydalaniladi. Biroq maydonni tez-tez o'lchash bir muncha o'zgaruvchan eksperimental shartlarda oxirgi amaliyotda o'zgarmadi. Maydonni o'lchash uchun bir qancha usullardan foydalaniladi (13-rasm). Odatda parallel nol chiziqli ulashgan chiziqli va front cho'qqi hamda sirtga taalluqliligi kuzatiladi.



13-rasm. Cho'qqi balandligini o'lchash

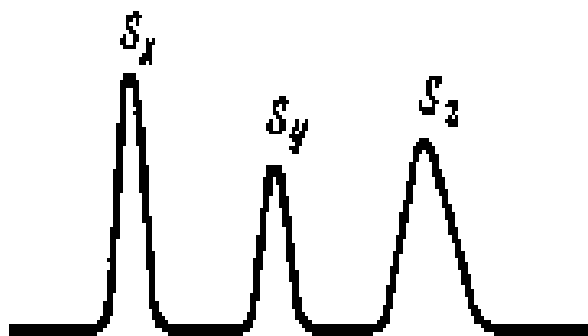
Modda miqdorini proporsional sinashda haqiqatdan 96% uchburchak shakldagi maydon olinadi. Maydonni hisoblash uchun simmetrik cho'qqi joylashgan cho'qqi balandligi hamda uning yarim kengligi o'lchanadi. Hosil bo'lgan bu cho'qqi maydoni 84% ni tashkil qiladi. Cho'qqi maydonini o'lchashdagi aniqlik cho'qqi balandligi hamda uning kengligiga bog'liq (optimal munosabatda 2 dan 10 gacha chegarada bo'ladi).

Cho‘qqi balandligi va maydonini hisoblashda sinalmalar miqdoriy tarkibini ichki normallash usulidan (tuzatish koeffitsiyentidan foydalanib yoki foydalanmasdan), tashqi standart (mutloq darajalash) va ichki standartlardan foydalaniladi.

Ichki normallash usuli amaliyotda doimo tez-tez qo‘llaniladi(14-rasm). Uni qo‘llash uchun xromatogrammada hamma komponentlar ro‘yxatga olingan hamda aralashma analiz tarkibiga kiritilgan bo‘lishi kerak. Cho‘qqi maydonining qismi komponentlar ommaviy foizini saqlashiga muvofiqdir. Uch komponentli aralashma analizi xromatogrammada x cho‘qqiga muvofiq quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$x\% = \frac{S_x}{S_x + S_y + S_z} \cdot 100$$

bu erda:  $S_x, S_y, S_z$  – cho‘qqi maydoni. Bu formula faqat shunday paytda qo‘llaniladiki, agar detektor ajralgan aralashma komponentlarining har biriga bir xil sezgir bo‘lsa, bir xil miqdorda olinganida o‘sha cho‘qqi maydonini beradi.



14-rasm. Ichki normallash usulida komponentlarni aniqlash

Agar detektor sezgirliги sinalayotgan komponentning har biriga farqli munosabatda bo‘lsa, ushbu komponentlarga detektorning sezgirliги hisobga olinib, tuzatish koeffitsiyentlaridan foydalaniladi.

Bu hodisani hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$x, \% = \frac{S_x f_x}{\sum S_n f_n} \cdot 100$$

Standart seriyali analizning tuzatish koeffitsiyentlarini olishda quyidagi formula javob beradi:

$$f_x = \frac{S_{st}}{S_x} \cdot \frac{C_x}{C_{st}} \cdot f_{st}$$

bu erda:  $S_x, C_{st}$  – aniqlanayotgan va standart moddaning cho‘qqi maydoni;  $S_x, C_{st}$  – aniqlanayotgan va standart modda konsentrastiyalari;  $f_{st}$  – standart moddaning tuzatish koeffitsiyenti.

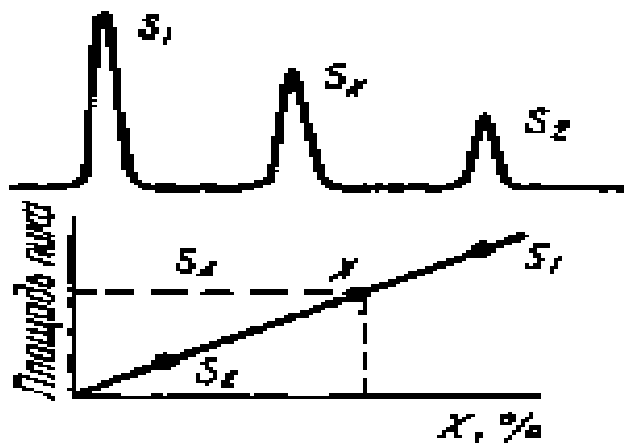
Ayrim moddalarni aniqlashda yoki oddiy aralashma analizida, shuningdek mikroaralashmalarni aniqlashda sirtqi standart usulidan foydalaniladi. Tayyorlangan ikki standart eritma komponentlarini aniqlashda xromatografga bir xil miqdorda kiritiladi va cho‘qqi maydoni ( $S_1$  va  $S_2$ ) aniqlanadi.

Natijalar grafikda (15-rasm) ifodalanadi yoki formula yordamida aniqlanadi:

$$x, \% = S_x \cdot k$$

Aralashma analizida ba’zi komponentlarning xromatogrammada cho‘qqining paydo bo‘lmaganligida ichki standart usuli qo‘llaniladi. Usul analizga kiritilgan aralashmaning ba’zi standart moddalar miqdorini aniqlashga asoslangan. Bu modda kimyoviy inert bo‘lishi mumkin va sinashda qatnashmaydi hamda boshqa aralashma komponentlaridan to‘liq ajralib turadi; uning ushlab turish vaqti  $T_R$  komponentlarning aniqlangan  $T_R$  ushlab turish vaqtiga yaqin bo‘lishi mumkin; uning konsentratsiyasi komponentlarning aniqlangan konsentratsiyasiga simmetrik cho‘qqiga yaqin bo‘lishi mumkin.

Tuzatish koeffitsiyentini (ichki normallashtirish koeffitsiyenti) aniqlash uchun ichki standart bilan har bir komponentlari (ma’lum tarkibli) turli xil aralashmasidan tarkib topib, aralashma xromatogrammalari olinadi.



15-rasm. Sirtqi standart usulida komponentlarni aniqlash

Aniqlangan choʻqqi maydoniga va har bir komponentning tuzatish koeffitsiyentiga quyidagi formula javob beradi:

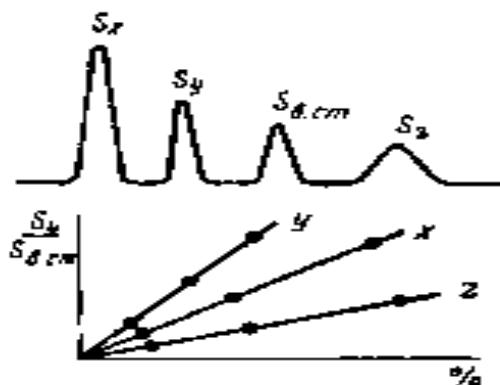
$$k = \frac{S_{st.modda}}{S_x} \cdot \frac{C_x}{C_{st.modda}}$$

bu erda:  $S_{st.modda}$ ,  $S_x$  – ichki standart va aniqlanayotgan komponentning choʻqqi maydoni;  $C_{st.modda}$ ,  $C_x$  – tayyorlangan aralashmadagi tekshirilayotgan va standart moddaning konsentratsiyasi. Komponentlar saqlagan tuzatish koeffitsiyentini bilishda quyidagi formula javob beradi:

$$x, \% = kr \frac{S_x}{S_{st.modda}} \cdot 100$$

bu erda:  $r = m_{st.modda}/m_{sinashlar}$  (m – massa, gr)

Natijalar grafik koʻrinishda ifodalanishi mumkin (16-rasm).



16-rasm. Ichki standart usulida komponentlarni aniqlash

## Miqdoriy analizdan masalalar yechishga misollar

1- *masala*. Metan va etanga tegishli xromatografik choʻqqilar va tuzatish koeffitsiyentlarining qiymatlari mos ravishda  $80 \text{ mm}^2$  va  $1.23 \text{ mm}^2$ ;  $40 \text{ mm}^2$  va  $1.15 \text{ mm}^2$  teng boʻlsa, ularning namuna tarkibidagi etanning massa ulushini (%) toping.

*Yechish*. Ichki normallashtirish usuli bilan komponentlarning namuna tarkibidagi massa ulushini aniqlash uchun quyidagi formula ishlatiladi:

$$\omega_i(\%) = \frac{K_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n K_i \cdot S_i} \cdot 100$$

U holda ,

$$\omega(\text{etan}) = \frac{1,15 \cdot 40}{1,23 \cdot 80 + 1,15 \cdot 40} \cdot 100 = 31,86(\%)$$

*Javob*:  $\omega(\text{etan}) = 31,86(\%)$

2-*masala*. Propilbenzol, izopropilbenzol va toluol aralashmasi xromatografik analiz qilinganda, ularga mos keluvchi yuzalari 118, 254 va  $198 \text{ mm}^2$  teng boʻlgan xromatografik choʻqqilar hosil boʻldi. Keyin xromatografga tarkibida har bir moddadan konsentratsiyasi  $1 \text{ mg/l}$  boʻlgan standart moddalar kiritildi. Hosil boʻlgan xromatografik choʻqqilarning yuzalari har bir modda uchun mos ravishda 123, 134 va  $130 \text{ mm}^2$  tashkil etdi. Toluolni standart deb qabul qilgan holda, barcha moddalarning aralashma tarkibidagi massa ulushini (%) hisoblang.

*Yechish*: Propilbenzol va izopropilbenzol uchun tuzatish koeffitsiyenti  $f$  qiymatini hisoblab topamiz:  $f = \frac{c_i}{c_{st}} \cdot \frac{S_{st}}{S_i}$ ,

$$f_{\text{propilbenzol}} = \frac{1}{1} \cdot \frac{130}{123} = 1,057,$$

$$f_{\text{izopropilbenzol}} = \frac{1}{1} \cdot \frac{130}{134} = 0,97,$$

Komponentlarning miqdorini hisoblaymiz:

$$\omega_x = \frac{f_x S_x}{\sum_0^i f_i S_i} \cdot 100\%$$

$$\omega_{\text{propilbenzol}} = \frac{1,057 \cdot 118}{1,057 \cdot 118 + 0,97 \cdot 254 + 1 \cdot 198} \cdot 100\% \\ = \frac{125}{569} \cdot 100\% = 22\%$$

$$\omega_{\text{izopropilbenzol}} = \frac{0,97 \cdot 254}{1,057 \cdot 118 + 0,97 \cdot 254 + 1 \cdot 198} \cdot 100\% \\ = \frac{246}{569} \cdot 100\% = 43\%$$

$$\omega_{\text{toluol}} = \frac{1 \cdot 198}{1,057 \cdot 118 + 0,97 \cdot 254 + 1 \cdot 198} \cdot 100\% = \frac{198}{569} \cdot 100\% \\ = 35\%$$

*Javob:* 22 % propilbenzol, 43 % izopropilbenzol va 35 % toluol.

*3-masala.* Darayalash chizmasini hosil qilish uchun salitsil kislotasining konsentratsiyalari 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 va 0.5 mg/l standart eritmaları olindi. Xromatografik analiz o'tkazilganda yuzalari mos ravishda 10, 21, 32, 41 va 49 mm<sup>2</sup> teng bo'lgan xromatografik cho'qqilar olindi. Keyin konsentratsiya noma'lum bo'lgan eritma xromatografga yuborilganda yuzasi 37 mm<sup>2</sup> xromatografik cho'qqi olindi. Namuna tarkibidagi atsetilsalitsil kislota konsentratsiyasini aniqlang.

*Yechish:* Birinchi navbatda darayalash chizmasini tuzishimiz kerak. Buning uchun MNK, Advanced Grapher, SigmaPlot, Excel va boshqa matematik programmalardan foydalanamiz.

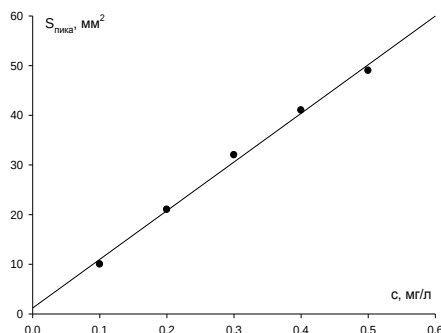
Xromatografik cho'qqi balandligining konsentratsiyaga bog'liqlik grafigini tuzamiz (17-rasm).

Rasmda keltirilgan qonuniyatga mos keluvchi tenglama :

$$S_{\text{yuza}} = 98 \cdot c + 1,2$$

Ushbu tenglamaga namuna xromatografik cho'qqi qiymatini qo'yib, uning konsentratsiyasini aniqlaymiz  $s=0,37$  mg/l

*Javob:* 0,37 mg/l



17-rasm. Xromatografik cho‘qqi balandligining konsentratsiyaga bog‘liqligi

4- masala. Oqava suvlar tarkibida dimetilamin, benzilamin va benzil spirt borligi aniqlandi. Ularning xromatogrammada hosil bo‘lgan xromatografik cho‘qqilarining yuzasi mos ravishda 180, 261 va 203  $\text{mm}^2$  ni tashkil etdi. Analiz qilinishidan oldin namunaga standart modda sifatida konsentratsiyasi 5  $\text{mg/l}$  bo‘lgan etilamin qo‘shilgan edi. Etilaminning xromatografik cho‘qqi yuzasi 214  $\text{mm}^2$  ga teng. Dimetilamin, benzilamin va benzil spirtlarining tuzatish koeffitsiyentlari ( $f_i$ ) mos ravishda 1,09; 1,18 va 0,98 ga teng ekanligini hisobga olgan holda, ularning konsentratsiyalarini aniqlang.

*Yechish.*  $f_i$  ni hisobga olgan holda, har bir komponentga mos keluvchi tuzatilgan xromatografik cho‘qqilarini hisoblaymiz:

$$S_{\text{dimetilamin}} = 1,09 \cdot 180 \text{ mm}^2 = 196,2 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{benzilamin}} = 1,18 \cdot 261 \text{ mm}^2 = 308,0 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{benzilspirt}} = 0,98 \cdot 203 \text{ mm}^2 = 198,9 \text{ mm}^2$$

$$\frac{c_{st}}{c_x} = \frac{S_{st}}{S_x}$$

Inobatga olgan holda

$$c_x = \frac{c_{CT} S_x}{S_{CT}}$$

Qiymatlarni tenglamaga qo‘yib:

$$C_{\text{dimetilamin}} = \frac{5 \frac{\text{мг}}{\text{л}} \cdot 196,2 \text{ мм}^2}{214 \text{ мм}^2} = 4,6 \text{ мг/л}$$

$$C_{\text{benzilamin}} = \frac{5 \frac{\text{мг}}{\text{л}} \cdot 308,0 \text{ мм}^2}{214 \text{ мм}^2} = 7,2 \text{ мг/л}$$

$$C_{\text{benzilspirt}} = \frac{5 \frac{\text{мг}}{\text{л}} \cdot 203 \text{ мм}^2}{214 \text{ мм}^2} = 4,7 \text{ мг/л}$$

*Javob:* Dimetilamin, benzilamin va benzil spirtining konsentratsiyalari mos ravishda 4,6; 7,2 va 4,7 мг/л teng.

*5-masala.* Xrizenning katarometr-dektektorli xromatografda olingan xromatogramma yuzasi  $117 \text{ мм}^2$ . Gaz oqimining tezligi 60 ml/min, diagramma lentasining tezligi 0,2 mm/s bo'lgan holda potensiometr sezuvchanligi 10 mV. Konsentratsiyasi 1 mol/l bo'lgan va namuna hajmi 1 mkl bo'lgan holat uchun detektorning xrizenga nisbatan sezuvchanligini toping.

*Yechish.* Konsentratsion detektor hisoblangan katarometrning sezuvchanligi quyidagi formula bilan topiladi:

$$A_c = \frac{S \cdot \omega \cdot v}{q \cdot B}$$

$v$  – potensiometr sezuvchanligi,  $q$  – modda miqdori

Modda miqdori quyidagiga teng:

$$q = 1 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 1 \text{ mkl} = 1 \text{ mkmol}$$

Kattaliklarning qiymatlarini formulaga qo'ysak:

$$A_c = \frac{117 \text{ мм}^2 \cdot 1 \frac{\text{ml}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ mV}}{0,2 \text{ мм/с} \cdot 1 \text{ mkmol}} = 5850 \text{ мм} \cdot \text{мл} \cdot \text{mV/mkmol}$$

*Javob:* 5850 мм · мл · mV/mkmol

*6-masala.* Detektorning sezuvchanligi orto-dixlorbenzol, meta-dixlorbenzol va para-dixlorbenzol moddalari uchun amalda bir xil. Olingan xromatogrammada yuqorida keltirilgan moddalarning xromatografik cho'qqi balandliklari mos ravishda 70, 95 va 30 mm, ularning yarim balandlikdagi eni mos ravishda 12, 15 va 17 mm.



Keltirilgan qiymatlardan foydalanib, aralashma tarkibidagi ortodixlorbenzol massa ulushini (%) aniqlang.

*Yechish.* Xromatogrammaning yuzasi  $S = \mu_{0,5} \cdot h$  tenglama bilan hisoblanadi.

Har bir komponent uchun ularga mos keluvchi xromatogrammalar yuzalarini hisoblab chiqamiz:

$$S_0 = 894 \text{ mm}; \quad S_m = 1520 \text{ mm}; \quad S_n = 543 \text{ mm};$$

Detektor sezuvchanligi barcha moddalar uchun amalda bir xil bo'lganligi va aralashma tarkibida boshqa moddalar bo'lmaganligini hisobga olib, miqdoriy analizni tuzatish koeffitsiyentlarini hisobga olmasdan, ichki normallashtirish usulida olib boramiz.

$$C_i = \frac{S_i \cdot 100}{\sum S_i}$$

Olingan natija:  $C_i - 30\%$ .

*Javob:*  $C_i - 30\%$ .

*7-masala.* Tarkibdagi iz gazining miqdorini aniqlashda 2 ml namuna yuborilganda unga mos keluvchi xromatogrammaning yuzasi  $1224 \text{ mm}^2$  ni tashkil etdi. Darajalash koeffitsiyenti qiymatini aniqlashda, tarkibida 10,3 % iz gazi bo'lgan aralashmadan 1,0; 2,0 va 3,0 ml namuna yuborildi va yuzalari mos ravishda 716, 1438 va  $2148 \text{ mm}^2$  teng bo'lgan xromatografik cho'qqilar olindi.

*Yechish.* Olingan qiymatlar asosida is gazining o'rtacha darajalash koeffitsiyenti qiymatini hisoblab chiqamiz.

$$k_1 = \frac{10,3 \cdot 1000}{716 \cdot 100} = 0,144 \text{ mm}^3/\text{mm}^2,$$

$$k_2 = \frac{10,3 \cdot 2000}{1438 \cdot 100} = 0,143 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$$

$$k_1 = \frac{10,3 \cdot 1000}{2148 \cdot 100} = 0,145 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$$

$$\bar{K}_l = \frac{0,144 + 0,143 + 0,145}{3} = 0,144 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$$

Darajalash koeffitsiyentining o'rtacha qiymati  $0,144 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ .

Намуна таркибидаги из газининг миқдорини топамиз.

$$C = \frac{100 \cdot k \cdot Q}{V} = \frac{100 \cdot 0,144 \cdot 1224}{2000} = 8,8 \%$$

Javob:  $C = 8,8 \%$

8-masala. Detektor –katarometrning sezuvchanligi  $2 \cdot 10^3$  mV sm<sup>3</sup>/mg. Tarkibida  $10^{-3} \%$  (hajmiy) propan saqlagan harakatli faza oqimi kelganda, detektor signalining qiymatini aniqlang.

Yechish. Propanning molekulyar massasi 44 g /molga teng. Agar hajmiy konsentratsiya  $10^{-3} \%$  bo'lsa, har 100 ml aralashma  $10^{-3}$  ml propan saqlaydi.  $10^{-3}$  ml hajm propanning massasini taxminiy hisoblasak bo'ladi:

$$X = 10^{-3} \cdot 44 / 22400 = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ mg.}$$

Demak, 100 ml aralashma  $1,97 \cdot 10^{-3}$  mg propan saqlaydi. Bundan 1 ml aralashma  $1,97 \cdot 10^{-5}$  mg saqlashi ma'lum bo'ladi. Detektorning sezuvchanligini hisobga olgan holda:

$$2 \cdot 10^3 \text{ mB} - \text{ml/mg}$$

$$X - 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ ml/mg}$$

$$X = 2 \cdot 10^3 \text{ mB} \cdot 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ ml/mg} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mB}$$

Javob:  $4 \cdot 10^{-2} \text{ mB}$

9-masala. 10 mg namuna analiz qilinganda, benzolga taalluqli xromatogramma balandligi 8,2 sm va yarim balandlikdagi eni 1,5 sm tashkil etdi. Detektor sifatida katarometr ishlatilgan. Uning benzolga nisbatan sezuvchanligi  $5 \cdot 10^3$  mV•ml/mg. Potensiometrnin sezuvchanligi 0,2 sm/mV. Gaz oqimining tezligi 50 ml/minut. Diagramma lentasining tezligi 2400 mm/soat. Namuna tarkibidagi benzolning konsentratsiyasini aniqlang.

Yechish. Xromatografik cho'qqi yuzasini topamiz.

$$S = 1,5 \cdot 8,2 = 13,1 \text{ sm}^2$$

Katarometr sezuvchanligi tenglamasidan foydalanib, benzolning namunadagi massasini topamiz:

$$g = \frac{S \cdot V_a}{B_1 B_2 S_c}$$

$S$  – xromatografik cho‘qqi yuzasi,  $\text{sm}^2$ ;  $B_1$  – potensiometr sezuvchanligi,  $\text{sm/A}$ ;  $B_2$  – diagramma lentasining tezligi,  $\text{sm/minut}$ ;  $g$  – analiz qilinayotgan namuna massasi,  $g$ ;

$$g = 13,1 \cdot 50 \cdot 60 \cdot 10 / 2400 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 0,2 = 0,165 \text{ mg}$$

Demak, namuna tarkibida benzolning massa ulushi:

$$W = 0,165 \cdot 100 / 10 = 1,65\%$$

*Javob:*  $W = 1,65\%$

10-masala. Alanga-ionizatsion detektorning propanga nisbatan sezuvchanlik chegarasi  $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ mg/s}$ . Hajmi 1 ml bo‘lgan namuna tarkibi-hajm jihatdan  $10^{-3} \%$  butan mavjud. Butan uchun kolonkaning sama-radorligi 1000 nazariy tarelka. Bo‘g‘ining zichligi  $2,7 \text{ mg/ml}$  bo‘lganda, butanning tutilish vaqti 4 minut. Ushbu sharoitlarda asbob namuna tarkibidagi butanni sezish-sezishmasligini isbotlang.

*Yechish.* Butan va propan gomolog moddalar hisoblanadi. Shuning uchun detektorning sezuvchanligi ikkala modda uchun deyarli bir xil. Namuna tarkibidagi butan massasini aniqlaymiz.

$$g = 2,7 \cdot 1 \cdot 10^{-3} / 100 = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ mg}$$

Vaqt birligida butan xromatografik cho‘qqisining enini aniqlaymiz:

$$\mu_u \approx 4 \sqrt{t_R^2 / n} = 4 \sqrt{240^2 / 1000} \approx 30 \text{ s.}$$

Xohlagan xromatogramma enining qiymatida aniqlanayotgan moddaning 95% miqdori mavjud bo‘ladi. Shu nuqtai – nazardan 30 sekund davomida mavjud butanning 95% detektor orqali o‘tadi. Shunday qilib,

$$j = 2,7 \cdot 10^{-5} \cdot 95 / 100 \cdot 30 = 8,6 \cdot 10^{-7} \text{ mg/s}$$

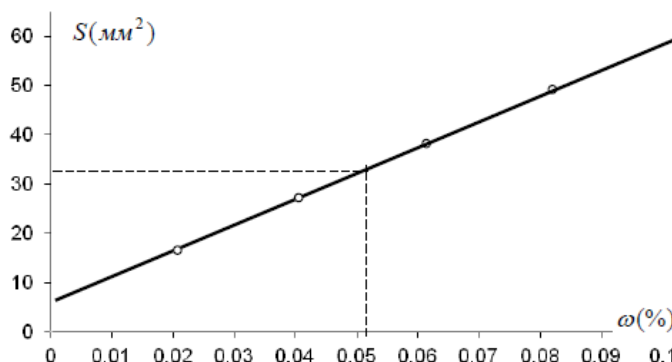
Demak, detektor sezuvchanligi yetarli darajada. Ushbu sharoitlarda asbob butanni sezadi.

*Javob:* detektor sezuvchanligi yetarli darajada. Ushbu sharoitlarda asbob butanni sezadi.

11 –masala. Fenolning organik erituvchidagi 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10% li standart eritmaları xromatografik analiz qilinganda, quyidagi yuzaga ega bo‘lgan xromatografik cho‘qqilar hosil bo‘ldi: 12; 23; 36; 47; 61  $\text{mm}^2$ . Shunday erituvchi orqali (10 ml hajm, zichligi 0,85

g/sm<sup>3</sup> ) fenol bugʻlari boʻlgan 1 m<sup>3</sup> havoni oʻtkazdik. Konsentrat xromatografik analiz qilinganda, yuzasi 30 mm<sup>2</sup> boʻlgan xromatografik choʻqqi oldik. Havo tarkibidagi fenol miqdorini toping.

*Yechish.* Masala shartidagi qiymatlar boʻyicha darajalash chizigʻini chizamiz.



Grafikdan nomaʼlum konsentratsiyani topamiz:  $C_x = 0,05 \%$  mass.

10 sm<sup>3</sup> erituvchidagi fenol massasini topamiz:

$$m_{erituvchi} = U \cdot \rho = 10 \cdot 0,85 = 8,5$$

$$m_{fenol} = 0,05 \cdot 8,5 / 100 = 0,425 \cdot 10^{-2} \text{ mg}$$

Shuncha miqdordagi fenol 1 m<sup>3</sup> (1000 l) havoda boʻladi. Fenolning massa ulushini aniqlaymiz:

$$C_x = 4,25 / 1000 = 4,25 \cdot 10^{-3} \text{ mg/l} = 4,25 \cdot 10^{-4} \text{ g/l}$$

$$\text{Javob: } 4,25 \cdot 10^{-4} \text{ g/l}$$

12- *masala.* Tarkibida hajm boʻyicha 12,1% propan va 87,9% azot boʻlgan darajalash aralashmasining 1,0; 2,0 va 3,0 sm<sup>3</sup> miqdori xromatografik analiz qilinganda mos ravishda yuzalari 427, 846 va 1272 mm<sup>2</sup> teng boʻlgan propan xromatografik choʻqqilari olindi. Agar nomaʼlum aralashmadan 2,5 sm<sup>3</sup> namuna yuborilsa, xromatografik choʻqqi yuzasi 1006 mm<sup>2</sup> boʻlsa, namuna tarkibidagi propanning hajmiy miqdorini aniqlang.

*Yechish (analitik Yechish).* Standart aralashmalar uchun darajalash koeffitsiyentlarining miqdorini aniqlaymiz.

$$K_{Q_1} = \frac{12,1 \cdot 1}{427 \cdot 100} = 2,83 \cdot 10^{-4},$$

$$K_{Q_2} = \frac{12,1 \cdot 1}{848 \cdot 100} = 2,86 \cdot 10^{-4},$$

$$K_{Q_3} = \frac{12,1 \cdot 1}{1272 \cdot 100} = 2,85 \cdot 10^{-4}$$

O'rtacha qiymatini topamiz:

$$\overline{K_Q} = 2,85 \cdot 10^{-4}$$

Gaz aralashmasidagi propanning o'rtacha massa ulushini (%) topamiz:

$$\omega_x = K_Q \cdot \frac{S_x}{V_x} \cdot 100 = 2,85 \cdot 10^{-4} \frac{1006}{2,5} \cdot 100 = 11,47\%$$

Javob: 11,47%

13- *masala*. Tarkibida 20 % benzol va 80 % toluol bo'lgan standart aralashma xromatografik analiz qilinganda, moddalarga mos ravishda yuzalari 45 mm<sup>2</sup> va 150 mm<sup>2</sup> bo'lgan xromatografik cho'qqilar hosil bo'ldi. Namuna analiz qilinganda benzol va toluol uchun yuzalari mos ravishda 60 mm<sup>2</sup> va 105 mm<sup>2</sup> bo'lgan xromatografik cho'qqilar hosil bo'ldi. Namuna tarkibidagi benzol va toluollarning massa ulushlarini aniqlang.

*Yechish*. Standart aralashmada olingan natijalarga ko'ra detektorning toluolga nisbatan sezuvchanlik koeffitsiyentini aniqlaymiz (benzolga nisbatan 1ga teng qilib olamiz):

$$K_{toluol} = \frac{S_{benz} \cdot C_{toluol}}{C_{benz} \cdot S_{toluol}} = \frac{45 \cdot 80}{150 \cdot 20} = 1,2$$

Namuna tarkibidagi benzol va toluolning massa ulushini aniqlaymiz:

$$\omega_{toluol} = \frac{S_{tol} \cdot K_{tol}}{S_{ben} \cdot K_{ben} + S_{tol} \cdot K_{tol}} \cdot 100 = \frac{105 \cdot 1,2 \cdot 100}{60 \cdot 1 + 105 \cdot 1,2} = 67,74\%$$

$$\omega_{ben} = \frac{S_{benz} \cdot K_{benz}}{S_{ben} \cdot K_{ben} + S_{tol} \cdot K_{tol}} \cdot 100 = \frac{60 \cdot 100}{60 \cdot 1 + 105 \cdot 1,2} = 32,26\%$$

Javob:  $\omega_{toluol} = 67,74\%$ ,  $\omega_{ben} = 32,26\%$

14-*masala*. Etilatsetat miqdorini aniqlash uchun 4,800 gramm efirlar aralashmasiga standart modda sifatida 0,1250 gramm butanol

qo'shildi. Xromatografik analiz qilinganda, moddalarga mos ravishda yuzalari  $75 \text{ mm}^2$  va  $92 \text{ mm}^2$  bo'lgan xromatografik cho'qqilar hosil bo'ldi. Etilatsetatning namunadagi massa ulushini (%) aniqlang.

$$K_{etalon} = 0,79,$$

$$K_{but} = 0,77$$

*Yechish:* Namuna tarkibidagi etilatsetat miqdorini topamiz:

$$\frac{m_{but}}{m_{etilat}} = \frac{K_{but} \cdot S_{but}}{K_{etilat} S_{etilat}}$$

$$m_{etilat} = \frac{0,1250 \cdot 75 \cdot 0,79}{92 \cdot 0,77} = 0,1045 \text{ g}$$

Etilatsetatning massa ulushini topamiz:

$$\omega_{etilat} = \frac{0,1045}{5,800} \cdot 100\% = 2,177 \%$$

*Javob:*  $\omega_{etilat} = 2,177 \%$

15- *masala.* Quyidagi ma'lumotlar asosida namuna tarkibidagi propanning massa ulushlarini aniqlang:

| Komponent        | Propan | Butan | Pentan | Siklogeksan |
|------------------|--------|-------|--------|-------------|
| S, $\text{mm}^2$ | 175    | 203   | 182    | 35          |
| $k$              | 0,68   | 0,68  | 0,69   | 0,85        |

*Yechish.* Masalani ichki normallashtirish usuli bilan, quyidagi formula bilan hisoblaymiz.

$$\omega_i = S_i \cdot k_i / S \cdot \sum S_i \cdot k_i \cdot 100 \%,$$

Barcha xromatografik cho'qqilarning to'g'rilovchi koeffitsiyentlar qiymatini hisobga olgan holda umumiy yuzasi qiymatini topamiz:

$$S \cdot \sum S_i \cdot k_i = 175 \cdot 0,68 + 203 \cdot 0,68 + 182 \cdot 0,69 + 35 \cdot 0,85 = 412,4.$$

Namuna tarkibidagi propanning massa ulushini (%) topamiz:

$$\omega(\text{propan}) = (175 \cdot 0,68 / 412,4) \cdot 100\% = 28,6\%$$

*Javob:*  $\omega(\text{propan}) = 28,6\%$

16-*masala.* Namuna massasi – 10 mg. Benzolga taalluqli xromatografik cho'qqi balandligi 8,2 sm, uning yarim balandligining eni 1,5 sm.

Detektor-katarometr. Detektorning benzolga nisbatan sezuvchanligi  $5 \cdot 10^3 \text{ mV sm}^3/\text{mg}$ , registrator sezuvchanligi  $0,2 \text{ sm/mV}$ . Harakatli faza oqim tezligi  $50 \text{ sm}^3/\text{mm}$ . Diagramma lentasi tezligi  $2400 \text{ mm/soat}$ .

*Echish:* Benzolning xromatografik cho‘qqisi yuzasini hisoblaymiz:

$$S = 1,065 \cdot \mu_{0,5} \cdot h = 1,065 \cdot 1,5 \cdot 8,2 = 13,1 \text{ sm}^2$$

Detektor sezuvchanligi tenglamasidan namuna tarkibidagi benzolning massasini aniqlaymiz:

$$g = \frac{S \cdot V_a}{B_1 \cdot B_2 \cdot Q_c} = \frac{13,1 \cdot 50 \cdot 60 \cdot 10}{2400 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 0,2} = 0,165 \text{ mg}$$

Benzolning namuna tarkibidagi massa ulushini aniqlaymiz:

$$W = \frac{0,165 \cdot 100}{10} = 1,65 \%$$

*Javob:* 1,65%

17-masala. Katarometr detektorining sezuvchanligi  $2 \cdot 10^3 \text{ mV} \cdot \text{sm}^3/\text{m}^2$ . Tarkibida  $10^{-3}\%$  hajmiy ulush propan saqlagan aralashma analiz etilganda xromatograf potentsiometrining qabul qiluvchi analitik signal qiymatini aniqlang.

*Yechish:*

$$M_{C_3H_8} = 44,06 \text{ g/mol}$$

$$X = \frac{44,06 \cdot 10^{-3}}{22400} = 1,97 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ mg}.$$

Demak, har 100 ml aralashma  $1,97 \cdot 10^{-3} \text{ mg}$  propan saqlaydi. U holda  $1 \text{ sm}^3$  aralashma (1ml)  $1,97 \cdot 10^{-5} \text{ mg}$  propan saqlaydi.

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ mg/sm}^3 & - & 2 \cdot 10^3 \text{ mV} \\ 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ mg/sm}^3 & - & x \text{ mV} \end{array}$$

$$X = \frac{1,97 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^3}{1} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mV}$$

*Javob:*  $4 \cdot 10^{-2} \text{ mV}$

18- *masala*. Alanga ionizasion detektorning propan bo'yicha sezuvchanligi  $1,5 \cdot 10^{-8}$  mg/s ga teng. Namuna hajmi  $1 \text{ m}^3$ , undagi butanning hajmi  $10^{-3}$  %. Kolonkaning samaradorligi butan uchun  $n = 1000$ . Butanning tutilish vaqti 4 min, bug'ining zichligi  $2,7 \text{ mg/sm}^3$ . Asbobning sezuvchanligi yetarli ekanligini isbotlash kerak.

*Yechish*. Butan va propan – gomologlar. Ularga nisbatan detektor sezuvchanligi amalda bir xil. Namuna tarkibidagi butanning og'irligini aniqlaymiz:

$$q = \frac{2,7 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{100} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ mg.}$$

Butan xromatogrammasining cho'qqi enini aniqlaymiz:

$$n = 16(\tau_p/\mu)^2$$

$$\mu = 4\sqrt{t_R^2/n} = 4\sqrt{240^2/1000} = 30 \text{ sek}$$

Butan oqimi hisoblanadi:

$$j = \frac{2,7 \cdot 10^{-5} \cdot 95}{100 \cdot 300} = 8,6 \cdot 10^{-7} \text{ mg/s.}$$

*Javob*: Bu qiymat detektorning sezuvchanligidan yuqori.

19-*masala*. Kalsiy-D pantotenat tarkibidagi qoldiq erituvchi metanolni aniqlash uchun 200 mg preparat 10 ml hajmli o'lchov kolbasida suvda eritiladi va undan 2 mkl namuna olib gaz xromatografiga analizga yuborildi. Parallel ravishda standart eritma tayyorlandi, buning uchun 125 mg metanol 1000 ml suvda eritiladi. Undan ham 2 mkl namuna olinib xromatografik usulda analiz qilindi. Preparat tarkibidagi metanol quyidagi usulda aniqlanadi:

$$m = \frac{S}{S_{sm}} \cdot m_{sm} \frac{S}{S_m} = 0,04$$

2 mkl namuna tarkibidagi metanol massasi aniqlandi:

$$m_{(sm)} = \frac{125 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{1000} = 250 \cdot 10^{-9} \text{ mg}$$



Namuna tarkibidagi metanol massasi aniqlanadi:

$$m_{(x)} = \frac{10 \cdot 125 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-6}} \frac{S}{S_{sm}}$$

Preparat tarkibidagi metanolning massa ulushini aniqlaymiz:

$$W = \frac{m_{(x)} \cdot 100\%}{250} = \frac{10 \cdot 125 \cdot 100\%}{10^3 \cdot 250} \cdot 0,04 = 0,02\%$$

*Javob:* 0,02%

20-masala. Uglevodorod gazlari tarkibida hosil bo'lgan  $C_6 - C_8$  aromatik uglevodorodlar miqdorini aniqlash uchun 2,0342 g namuna tarkibiga 0,4168 g oktan (ichki standart) qo'shildi va  $2 \cdot 10^{-3} \text{ sm}^3$  aralashma xromatografga yuborildi. Xromatogrammada quyidagi natijalar olindi:  $S_{st} = 1,46 \text{ sm}^2$  (oktan);  $S_1 = 1,2 \text{ sm}^2$  (benzol);  $S_2 = 2,43 \text{ sm}^2$  (toluol);  $S_3 = 0,84 \text{ sm}^2$  (etilbenzol, meta- va para-ksilol ara-lashmasi);  $S_4 = 0,19 \text{ sm}^2$  (o-ksilol);  $S_5 = 1,21 \text{ sm}^2$  (stiro).l).

Ichki standart usuli xromatograf detektori bir yoki bir necha moddalarni sezmagan hollarda qo'llaniladi. Komponentlarning namuna tarkibidagi massa ulushi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$X_i\% = K_{is} \cdot S_i \cdot 100 r / (K_{st} \cdot S_{st});$$

$r$  – standart modda massasining analiz qilinayotgan namuna massasiga nisbati.

Hisoblash:

$$r = 0,4168 / 2,0342 = 0,205.$$

$k_i$ - qiymatlar ilmiy adabiyotlardan olingan.

$$k_{st} = 0,92; \quad k_1 = 1,0; \quad k_2 = 1,01; \quad k_3 = 1,04; \quad k_4 = 1,05; \\ k_5 = 1,05.$$

Namuna tarkibidagi benzol miqdorini hisoblaymiz:

$$S_1 = \frac{100 \cdot 120}{0,92 \cdot 146} \cdot 100 \cdot 0,205 = 18,3\%$$

Qolganlari:  $S_2 = 36,1\%$ ;  $S_3 = 13,3\%$ ;  $S_4 = 3,0\%$ ;  
 $S_5 = 19,4\%$ .

Barchasining umumiy miqdori 90,1% ni tashkil etdi. Demak, xromatograf detektori aralashma tarkibiga kiruvchi 9,9 % moddalarni sezmagan.

*Javob:* Barchasining umumiy miqdori 90,1% ni tashkil etdi. Demak xromatograf detektori 9,9 % moddalarni sezmagan.

*21-masala.* Izobutanning oksidlanish reaksiyasi mahsulotlarini qo‘shimchalar usulida aniqlash. Standart moddani tanlashga imkon bo‘lmasa, qo‘shimchalar usulidan foydalanish mumkin. Agar standart modda sifatida namuna tarkibiga kiruvchi moddalardan birortasi tanlab olinsa, namuna tarkibidagi moddalarning konsentratsiyasi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$C_i = \frac{S_1}{\frac{S_{1+q} \cdot S_2}{S_2^{II}} \cdot S_1} \cdot 100 \cdot r_g$$

$S_1$  va  $S_{1+q}$  – birinchi (standart) moddaning birinchi qo‘shilgandan keyin xromatogrammalar yuzasi,  $S_2$  va  $S_2^{II}$  – namuna tarkibidagi ikkinchi komponentning qo‘shimcha qo‘shilgandan oldingi va keyingi xromatogrammalarning yuzasi,  $r$  – qo‘shilgan modda massasining namuna massasiga nisbati.

Izobutan oksidlanishidan hosil bo‘lgan moddalarni xromatografik analiz etilganda quyidagi natijalar olindi:

1 – uchlamchi butil spirt –  $S_1 = 2,1 \text{ sm}^2$ ;

2 – atseton -  $S_2 = 0,24 \text{ sm}^2$ ;

3- di-uchlamchi butil peroksid  $S_3 = 1,28 \text{ sm}^2$ ;

4 – uchlamchi butil gidroperoksid  $S_4 = 2,3 \text{ sm}^2$ ;

Aralashmaga uchlamchi butil spirt qo‘shilgandan keyin (7:100 nisbatda) quyidagi qiymatlar aniqlandi:

$S_1 = 2,3 \text{ sm}^2$ ;  $S_2 = 0,12 \text{ sm}^2$ ;  $S_3 = 1,13 \text{ sm}^2$ ;  $S_4 = 20,6 \text{ sm}^2$ ;

*Echish:*

$$r = \frac{7}{100} = 0,07$$

Detektor-katarometr uchun namuna tarkibidagi moddalar uchun sezuvchanlik koeffitsiyenti quyidagi qiymatlarga ega:

$$k_1 = 1,57; k_2 = 1,10; k_3 = 1,38; k_4 = 1,58;$$

Namuna tarkibidagi uchlamchi butil spirti miqdori:

$$S_1 = \frac{2,1}{\frac{2,3 \cdot 0,24}{0,21} \cdot 2,5} \cdot 100 \cdot 0,07 = 27,8\%$$

Aseton uchun:

$$S_2 = \frac{1,10 \cdot 0,24}{1,57 \cdot 2,1} \cdot 27,8 = 2,2 \%$$

Di-uchlamchibutil peroksid uchun:

$$S_3 = \frac{1,38 \cdot 1,08}{1,57 \cdot 2,1} \cdot 27,8 = 14,9 \%$$

Uchlamchi butil gidroperoksid uchun:

$$S_4 = \frac{1,58 \cdot 2,3}{1,57 \cdot 2,1} \cdot 27,8 = 30,6 \%$$

22-masala. Ichki standartlash usuli bilan gaz suyuqlik xromatografiyasida analizni o'tkazish. Akmadazon tarkibidagi qoldiq erituvchi izopropanolning miqdorini – ichki standartlash usulida (n-propanol ichki standart) aniqlashda quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$\frac{S_{sm}}{S_x} = k \frac{m_{sm}}{m_x}$$

$k$  -to'g'rilovchi koeffitsiyent.

$k$  -qiymatini aniqlash uchun tarkibidagi n-propanol va izopropanol miqdori aniq bo'lgan 5 ta etalon aralashma xromatografik analiz etiladi, natijada olingan xromatogramma yuzalari hisoblanib, yuqoridagi tenglama bo'yicha  $k$  qiymat aniqlanadi ( $k = 2,56$ ).

*Echish:* Akmadazon tarkibidagi izopropanol miqdorini aniqlash uchun 0,3 g preparat tarkibida 0,0002 mg izopropanol bo'lgan konsentrlangan sirka kislotasinig 3 ml miqdorida eritiladi. Mikroshpris yordamida eritmadan 3 mkl olib xromatografga yuboriladi. Hosil bo'lgan xromatogramma nazariy hisoblanadi:

$$S_{st} = 24 \text{ mm}^2;$$

$$S_x = 21 \text{ mm}^2.$$

3 mkl namuna tarkibidagi izopropanol massasini aniqlaymiz:

$$m_x = km_{st} \frac{S_x}{S_{sm}} = 2,56m_{st} \frac{21}{24} = 2,24m_{sm}$$

3 mkl hajmdagi standartning massasini aniqlaymiz:

$$m_{st} = 3 \cdot 0,0002 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ gramm}$$

$$\text{U holatda} \quad m_x = 2,24 \cdot m_{st} = 2,24 \cdot 6 \cdot 10^{-7} \text{ gr}$$

Butun namuna tarkibidagi izopropanol massasini aniqlaymiz:

$$m - 1000 \cdot m_x = 1,344 \cdot 10^{-3} \text{ gr}$$

Demak, namuna tarkibidagi izopropanolning massa ulushi:

$$W = \frac{m}{0,300} \cdot 100 = \frac{1,344 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{0,3} = 0,45\%$$

*Javob:*  $W = 0,45\%$

23- *masala.* Aralashma tarkibidagi geksan, geptan, oktan va nonanning massa ulushlarini (%) quyidagi qiymatlar asosida toping.

| Uglevodorod    | Geksan | Geptan | Oktan | Nonan |
|----------------|--------|--------|-------|-------|
| S, sm          | 40     | 55     | 70    | 45    |
| f <sub>i</sub> | 0,70   | 0,72   | 0,75  | 0,80  |

$x, \% = \frac{S_i f_i}{\sum_1^n S_i f_i} 100$  tenglamadan foydalanib, komponentlarning massa ulushlarini (%) hisoblaymiz. Bu erda S – xromatogramma yuzasi, sm; f – tuzatish koefitsiyenti.

$$\omega_{geksan}, \% = (40 \times 0,70 / 156,1) 100 = 17,93;$$

$$\omega_{geptan}, \% = (55 \times 0,72 / 156,1) 100 = 25,37;$$

$$\omega_{oktan}, \% = (70 \times 0,75 / 156,1) 100 = 33,63;$$

$$\omega_{nonan, \%} = (45 \times 0,80/156,1)100 = 23,06.$$

$$Javob: \omega_{geksan, \%} = 17,93; \omega_{geptan, \%} = 25,37;$$

$$\omega_{oktan, \%} = 33,63; \omega_{nonan, \%} = 23,06.$$

24– *masala.* Gazoxromatografik usul bilan tozalangan mahsulot tarkibidagi toluol aniqlanayotganda ichki standart modda sifatida uchlamchi-butilbenzol (BB) ishlatildi. Dastavval tarkibida 0,050% (mass.) toluol va uchlamchi-butilbenzol bo‘lgan standart aralashma analiz qilinganda cho‘qqilarning balandligi mos ravishda 4,70 sm va 4,20 sm bo‘lgan xromatogrammalar olindi. Mahsulot analiz qilinayotgan paytda, namuna tarkibiga 0,0450% (mass.) uchlamchi-butilbenzol standart modda sifatida qo‘shildi. Olingan xromatogrammada toluol va uchlamchi-butilbenzol xromatografik cho‘qqilarning balandligi mos ravishda 5,21 va 4,11 sm tashkil etdi. Namuna tarkibida toluolning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.*  $k = S_{st}c_i / (S_i c_{st})$  tenglama orqali, faqat xromatogramma yuzasi o‘rniga ularning balandliklarini olib, moddalarning tuzatish koeffitsiyentlari topiladi. Toluol va uchlamchi-butilbenzol konsentratsiyalari bir xil bo‘lgani uchun:

$$k = h_{st}/h_{toluol} = 4,20/4,70 = 0,89,$$

Toluol konsentratsiyasini quyidagi tenglama bilan aniqlaymiz:

$$\omega_{toluol, \%} = k c_{st} h_{toluol} / h_{st} = 0,89 \cdot 0,045 \cdot 5,21 / 4,11 = 0,051.$$

$$Javob: \omega_{toluol, \%} = 0,051$$

25-*masala.* Quyidagi qiymatlar asosida komponentlarning gaz aralashmasidagi massa ulushini aniqlang.

| Aralashma komponenti | propan | Butan | pentan | siklogeksan |
|----------------------|--------|-------|--------|-------------|
| S, mm <sup>2</sup>   | 175    | 203   | 182    | 35          |
| k                    | 0,68   | 0,68  | 0,69   | 0,85        |

*Yechish.* Hisoblash ichki normallashtirish usulida quyidagi tenglama orqali bajariladi:

$$\omega_i = \frac{S_i \cdot k_i}{\sum S_i \cdot k_i} \cdot 100 \%$$

Bu erda  $\omega_i$  - i komponentining aralashmadagi massa ulushi, %;  $S_i$  – i komponentining xromatografik cho‘qqi yuzasi;  $k_i$  – i komponentga nisbatan detektor sezuvchanligining tuzatish koeffitsiyenti.

1. Xromatografik cho‘qqilarning umumiy keltirilgan yuzasini topamiz.

$$\sum_{n=i}^n S_i k_i = 175 \cdot 0,68 + 203 \cdot 0,68 + 182 \cdot 0,69 + 35 \cdot 0,85$$

$$= 412,4;$$

2. Bu erdan propanning massa ulushini (%) topamiz:

$$\omega(\text{propan}) = (175 \cdot 0,68 / 412,4) \cdot 100 = 28,6\%$$

Xuddi shunday yo‘l bilan qolgan komponentlarning ham massa ulushlarini aniqlaymiz:

$$\omega(\text{butan}) = 33,46\%;$$

$$\omega(\text{pentan}) = 30,46\%;$$

$$\omega(\text{siklogeksan}) = 7,22\%.$$

Eslatma. Agar hisoblar ichki standartlar usulida bajarilganda, quyidagi tenglama bilan hisoblanar edi:

$$\omega_i = \frac{S_i k_i}{S_{st} k_{st}} \cdot R \cdot 100\%$$

Bunda  $S_{st}$  – standart sifatida olingan moddaning xromatografik cho‘qqi yuzasi;  $k_{st}$  – uning tuzatish koeffitsiyenti;  $R$  – ichki standart modda massasining namuna massasiga nisbati .

$$\text{Javob: } \omega(\text{butan}) = 33,46\%; \omega(\text{pentan}) = 30,46\%;$$

$$\omega(\text{siklogeksan}) = 7,22\%$$

26-masala. Xromatogrammada metanol, etanol va n-propanol cho‘qqilari qayd etilgan. Bu cho‘qqilarning balandliklari mos ravishda 37, 184 va 17 mm. Xromatogrammalarning yarim balandliklariga cho‘qqining eni mos ravishda 2,8, 10,2 va 2,4 mm qiymatlarga ega. Komponentlarning aralashmadagi miqdorini hisoblang.

Yechish: Xromatografik cho‘qqilar yuzasini hisoblaymiz:

$$S_{cho'qqi} = 1,024 \cdot h \cdot \mu_{0,5}$$

$$S_{metanol} = 1,024 \cdot 37mm \cdot 2,8mm = 106 \text{ mm}^2$$

$$S_{etanol} = 1,024 \cdot 184mm \cdot 10,2mm = 1922 \text{ mm}^2$$

$$S_{n-propanol} = 1,024 \cdot 17mm \cdot 2,4mm = 42 \text{ mm}^2$$

Komponentlarning foiz ulushlarini quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$\omega_x = \frac{S_x}{\sum_0^i S_i} \cdot 100\%$$

U holatda:

$$\omega_{metanol} = \frac{106}{106 + 1922 + 42} \cdot 100\% = 5,1\%$$

$$\omega_{etanol} = \frac{1922}{106 + 1922 + 42} \cdot 100\% = 92,9\%$$

$$\omega_{n-propanol} = \frac{42}{106 + 1922 + 42} \cdot 100\% = 2,0\%$$

Javob: 5,1% metanol, 92,9% etanol va 2,0% n-propanol.

27- masala. Agar metan va etanlarning xromatografik cho‘qqi yuzalari va tuzatish koeffitsiyentlari mos ravishda  $80 \text{ mm}^2$  va  $1.23 \text{ mm}^2$ ,  $40 \text{ mm}^2$  va  $1.15 \text{ mm}^2$  ga teng bo‘lsa, ularning gaz aralashmasidagi massa ulushlarini (%) aniqlang.

Yechish. Moddalarning massa ulushlarini (%) ichki normallashtirish usulida quyidagi formula orqali topiladi:

$$\omega_i(\%) = \frac{K_i S_i}{\sum_{i=1}^n K_i S_i} 100$$

U holda,

$$\omega(\text{metan}) = \frac{1,23 \cdot 80}{1,23 \cdot 80 + 1,15 \cdot 40} \cdot 100 = 68,14 (\%)$$

$$\omega(\text{etan}) = \frac{1,15 \cdot 40}{1,23 \cdot 80 + 1,15 \cdot 40} \cdot 100 = 31,86 (\%)$$

Javob:  $\omega(\text{metan}) = 68,14 (\%)$ ,  $\omega(\text{etan}) = 31,86 (\%)$ .

28-masala. Massasi 12,7500 g bo‘lgan toluolning nitrolash reaksiya mahsulotini gaz suyuqlik xromatografiya usulida analiz qilganda massasi 1,25 g bo‘lgan etilbenzol ichki standart modda sifatida ishlatildi.

Reaksiyaga kirishmay qolgan toluolni jadvalda keltirilgan qiymatlar asosida aniqlang.

| Komponent                                     | Toluol | Etilbenzol |
|-----------------------------------------------|--------|------------|
| Xromatografik cho‘qqi yuzasi, mm <sup>2</sup> | 307    | 352        |
| Tuzatish koeffitsiyent                        | 1.01   | 1.02       |

*Yechish.* Ichki standartlash usulida komponentning massa ulushi (%) quyidagi formula bilan topiladi:

$$\omega_i(\%) = \frac{K_i \cdot S_i}{K_{st} \cdot S_{st}} \cdot \frac{m_{st}}{m_{pr}} \cdot 100 (\%)$$

$K_i$  va  $K_{st}$  – aniqlanayotgan va standart moddalarning o‘zgartirish koeffitsiyentlari;

$S_i$  va  $S_{st}$  – aniqlanayotgan va standart moddalarning xromatografik cho‘qqilarining yuzasi;

$m_{st}$  – ichki standart modda massasi, g.

$m_{pr}$  – analiz qilinayotgan namuna massasi, g.

Unda:

$$\omega(\text{toluol}) = \frac{1,01 \cdot 307}{1,02 \cdot 352} \cdot \frac{1,25}{12,75} \cdot 100 = 8,47 (\%)$$

Javob:  $\omega(\text{toluol}) = 8,47 (\%)$ .

### **Miqdoriy analiz mavzusidan mustaqil yechish uchun masalalar**

**1-masala.** Xromatogrammada o-ksilol, 1-etil-2-metilbenzol va 1-izopropil-3-metilbenzol cho‘qqilari qayd etilgan. Bu cho‘qqilarning balandliklari mos ravishda 128, 253 va 58 mm. Xromatogrammalarning yarim balandliklarini cho‘qqining eni mos ravishda 2.4, 2,7 va 4,9 mm qiymatlarga ega. Komponentlarning aralashmadagi miqdorini hisoblang.

Javob: 24,1% ; 53,2 %; 22,3 %;

**2-masala.** Xromatogrammada metilamin, dimetilamin, piridin, hamda 6-metiluratsil cho‘qqilari qayd etilgan. Bu cho‘qqilarning balandliklari mos ravishda 56; 72 va 8 mm. Nazariy tarelkalar soni



5000 teng. Moddalarning tutilish vaqtlari mos ravishda 34; 42,5 va 72 teng. Komponentlarning aralashmadagi foiz miqdorini hisoblang.

*Javob:* 34,4% ; 55,2 %; 10,4 %.

3-masala.0-4 variantlar uchun keltirilgan xromatografik yuzalar ( $\text{mm}^2$ ) miqdoridan foydalanib, oddiy normallashtirish usuli bilan spirtlarning protsent ulushini aniqlang.

|  | $C_2H_5OH$ | $C_3H_7OH$ | $C_4H_9OH$ | x | $C_2H_5OH$ | $C_3H_7OH$ | $C_4H_9OH$ |
|--|------------|------------|------------|---|------------|------------|------------|
|  | 100        | 200        | 40         | 5 | 120        | 90         | 40         |
|  | 50         | 40         | 20         | 6 | 45         | 42         | 55         |
|  | 200        | 85         | 100        | 7 | 352        | 95         | 120        |
|  | 220        | 420        | 80         | 8 | 250        | 80         | 150        |
|  | 140        | 50         | 45         | 9 | 180        | 50         | 120        |

4-masala. Gaz xromatografiyasi usulida gaz aralashmasidagi komponentlarning keltirilgan qiymatlar asosida massa ulushlarini (%) aniqlang:

| variant | Gaz           | $S, \text{mm}^2$ | k    |
|---------|---------------|------------------|------|
| 1       | etanol        | 3524             | 0,64 |
|         | metanol       | 13               | 0,58 |
| 2       | metan         | 207              | 1,23 |
|         | etan          | 4                | 1,15 |
| 3       | dinitrobenzol | 305              | 1,22 |
|         | nitrobenzol   | 12               | 1,07 |

*Javob:* variant 1 – 99,67 % va 0,33 %; variant 2 – 98,26 % va 1,74 %; variant 3 – 96,52 % va 3,48 %.

5-masala. Gaz xromatografiyasi yordamida etanol miqdorini darajalash usulida topishda spirt massasining xromatografik cho‘qqi balandligi o‘rtasida quyidagi natijalar olindi:

|       |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| m. mg | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| h, mm | 18  | 37  | 48  | 66  | 83  |

Tahlil uchun olingan 0,02 g nazorat eritmasida etanol uchun balandligi 57 mm bo‘lgan xromatografik cho‘qqi olindi. Etil spirtining massa ulushini (%) aniqlang.

Javob:3,58 %

6-masala. Izopropanol va n-propanol aralashmasi 1 metrli kolonka GSX usulida analiz qilinganda tajribada quyidagi natijalar olindi:

Izopropanol uchun: L (tutilish masofasi )=17,5 h (xromatogramma cho‘qqi balandligi) =52.5;  $\mu_{1/2}$  (xromatografik yarim cho‘qqi balandligining eni) =2,5; n-propanol uchun: L=32,5 h=40  $\mu_{1/2}$ =3,75. Ushbu qiymatlardan foydalanib xromatografik ajratish jarayonini xarakterlovchi n (nazariy tarelkalar soni , H (nazariy tarelkalar ekvivalent balanligi NTEB), R (ajratish darajasi) va W (moddaning massa ulushi, % ) qiymatlarini hisoblang.

Javob: izopropanol uchun : n=272, NTEB =3.68 mm, W=46.67 %

propanol uchun : n=417, NTEB =2.40 mm W=53% R=2.4

7-masala.  $\alpha$ -takoferil astetat miqdorini aniqlash maqsadida ichki standart sifatida skvalan olindi. 5 xil model aralashmalar tayyorlandi va ularning xromatogramma yuzalari hisoblandi. Olingan natijalar jadvalda keltirilgan. Keyin tajribalar o‘tkazilgan sharoitda tarkibida noma’lum massaga ega bo‘lgan  $m_x \alpha$  – takoferil astetat va noma’lum massaga ega bo‘lgan  $m_{st}$  skvalan bo‘lgan aralashma xromatografik analiz qilindi.

|            |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $m_{st}/m$ | 0.172 | 0.232 | 0.262 | 0.301 | 0.326 |
| $S_{st}/S$ | 0.224 | 0.300 | 0.342 | 0.388 | 0.419 |

Jadvalda keltirilgan qiymatlar asosida tuzatish koeffitsiyentini quyidagi tenglamadan toping.

$$\frac{S_{st}}{S} = k \frac{m_{st}}{m}$$

S – besh xil model tayyorlanganda, ya’ni n=5 bo‘lganda ishonchlilik darajasi P=0,95 bo‘lgandagi standart chetlanish;

$m_x$  –namuna tarkibidagi  $\alpha$ -takoferil atsetat massasi,  $m_{st}$  – analiz uchun olingan namuna tarkibidagi skvalan moddasining massasi ( 10 mg).

*Javob:*  $k=1.295$ .  $S=0.0200$ ;  $m_x=45.44\text{mg}$ .

8-masala. A va E vitamin saqlagan aevit preparati GSX usulida analiz etilganda xromatogrammada cho‘qqi balandligi  $h$  va yarim kengligi  $\mu_{1/2}$  bo‘lgan 6 xil modda borligi aniqlandi.

| Cho‘qqi raqami | 1   | 2 | 3 | 4  | 5 | 6   |
|----------------|-----|---|---|----|---|-----|
| $h$            | 78  | 4 | 5 | 10 | 3 | 137 |
| $\mu_{1/2}$    | 2.5 | 4 | 2 | 2  | 2 | 2.5 |

Birinchi va oltinchi cho‘qqilar A va E vitaminlar, 2-5 cho‘qqilar qo‘shimchalarga taalluqli. Preparat tarkibida 10% vitaminlar, 90% moy degan xulosa bilan ichki normallash usulidan foydalanib, vitaminlarning massa ulushlarini aniqlang.

*Javob:* vitamin A-3.31%, vitamin E-5.81%, qo‘shimchalar yig‘indisi -0.88%

9-masala. Geksan, benzol va siklogeksan aralashmasi xromatografik analiz qilinganda, ularga mos keluvchi yuzalari 274, 112 va 328  $\text{mm}^2$  ga teng bo‘lgan xromatografik cho‘qqilar hosil bo‘ldi. Keyin xromatografga tarkibida har bir moddadan konsentratsiyasi 1 mg/l bo‘lgan standart moddalar kiritildi. Hosil bo‘lgan xromatografik cho‘qqilarning yuzalari har bir modda uchun mos ravishda 72, 74 va 66  $\text{mm}^2$  tashkil etdi. Benzolni standart deb qabul qilgan holda, barcha moddalarning aralashma tarkibidagi massa ulushini (%) hisoblang.

*Javob:* 36,9%; 14,8%;48,3%.

10-masala. Toluol, stirol va kumol mavjud bo‘lgan namuna analiz qilinganda ularga mos ravishda 151, 219 va 91  $\text{mm}^2$  yuzaga ega bo‘lgan xromatografik cho‘qqilar hosil bo‘ldi. Keyin xromatografga konsentratsiyalari 2 mg/l toluol, 3 mg/ l.dan stirol va kumol hamda 1m g/ml benzol kiritildi. Toluol, stirol, kumol va benzol uchun yuzalari mos ravishda 63, 94 ,88 va 37  $\text{mm}^2$  bo‘lgan xromatografik cho‘qqilar olindi.

Benzolni standart deb qabul qilgan holda, barcha moddalarning aralashma tarkibidagi massa ulushini (%) hisoblang.

*Javob:* 32,1%; 47,0%; 20,9%.

11- *masala.* Geksan, benzol va siklogeksan aralashmasi xromatografik analiz qilinganda, ularga mos keluvchi yuzalari 274, 112 va 328 mm<sup>2</sup> teng bo'lgan xromatografik cho'qqilar hosil bo'ldi. Keyin xromatografga tarkibida har bir moddadan konsentratsiyasi 1 mg/l bo'lgan standart moddalar kiritildi. Hosil bo'lgan xromatografik cho'qqilarning yuzalari har bir modda uchun mos ravishda 72, 74 va 66 mm<sup>2</sup> tashkil etdi. Benzolni standart deb qabul qilgan holda, barcha moddalarning aralashma tarkibidagi massa ulushini (%) hisoblang.

*Javob:* 36,9%; 14,8%; 48,3%.

12-*masala.* Toluol, stirol va kumol mavjud bo'lgan namuna analiz qilinganda ularga mos ravishda 151, 219 va 91 mm<sup>2</sup> yuzaga ega bo'lgan xromatografik cho'qqilar hosil bo'ldi. Keyin xromatografga konsentratsiyalari 2 mg/l toluol, 3 mg/l dan stirol va kumol hamda 1 mg/ml benzol kiritildi. Toluol, stirol, kumol va benzol uchun yuzalari mos ravishda 63, 94, 88 va 37 mm<sup>2</sup> bo'lgan xromatografik cho'qqilar olindi. Benzolni standart deb qabul qilgan holda, barcha moddalarning aralashma tarkibidagi massa ulushini (%) hisoblang.

*Javob:* 32,1%; 47,0%; 20,9%.

13-*masala.* Darajalash chizmasini hosil qilish uchun gidroksinonning konsentratsiyalari 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 va 2.0 mg/l standart eritmalari olindi. Xromatografik analiz o'tkazilganda yuzalari mos ravishda 15, 31, 74, 146 va 287 mm<sup>2</sup> teng bo'lgan xromatografik cho'qqilar olindi. Keyin konsentratsiya noma'lum bo'lgan eritma xromatografga yuborilganda yuzasi 43 mm<sup>2</sup> xromatografik cho'qqi olindi. Namuna tarkibidagi gidroksinon konsentratsiyasini aniqlang.

*Javob:* 28%.

14-*masala.* Darajalash chizmasini hosil qilish uchun fenolning konsentratsiyalari 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 va 0.5 mg/l standart eritmalari olindi. Xromatografik analiz o'tkazilganda yuzalari mos ravishda 35, 72, 143, 212 va 358 mm<sup>2</sup> teng bo'lgan xromatografik cho'qqilar olindi.

Bo‘yoq ishlab chiqarish korxonasidan 1 g namuna olinib, 1 l suvda eritildi. Namuna xromatografik usulda analiz qilinganda cho‘qqi yuzasi  $182 \text{ mm}^2$  teng bo‘ldi. Sanoat chiqindisi tarkibidagi fenol konsentratsiyasini aniqlang.

*Javob:* 25,7%.

15- *masala.* Daryo suvidagi konserogen modda-benzapirenni aniqlash uchun ajratib olish xususiyati 97% bo‘lgan kartrijdan foydalanib 100 l suv o‘tkazildi. Kartirjdagi mikrokontsentrlangan benzapirenni 10 mkl geksanda eritib oldik. Ushbu namunadan xromatografga 1 mkl hajmda yuborildi. Benzopirenga tegishli xromatografik cho‘qqi yuzasi  $190 \text{ mm}^2$  ni tashkil etdi. Darajalash chizig‘ini tuzish uchun benzapirennning konsentratsiyalari 0.01, 0.02, 0.05, 0.1 va 0.2 mg/l bo‘lgan standart eritmaları olinib, har biridan xromatografga 1 mkl hajmda yuborildi. Hosil bo‘lgan xromatogramma yuzalari mos ravishda 46, 93, 234, 470 va  $931 \text{ mm}^2$  ni tashkil etdi. Daryo suvidagi benzapiren konsentratsiyasini aniqlang.

*Javob:*  $4 \cdot 10^{-6} \%$ .

16-*masala.* Qimiz tarkibidagi etanolning miqdorini aniqlash maqsadida uning 0,05; 0,1; 0,3; 0,5 va 0,7 g/dm<sup>3</sup> li standart eritmaları tayyorlandi. Ushbu eritmalaridan ketma-ket xromatografga namuna yuborildi. Olingan natijalar jadvalda keltirilgan.

| Standart eritmalar tartib raqami            | 1   | 2    | 3    | 4    | 5   |
|---------------------------------------------|-----|------|------|------|-----|
| Xromatografik cho‘qqi yuzasi, $\text{mm}^2$ | 7,5 | 15,1 | 45,0 | 75,1 | 105 |

Xaydash uchun kolbaga 100 g qimiz olinib, tarkibidagi SO<sub>2</sub> gazi ajratilgandan so‘ng hajmi 50 ml bo‘lgan kolbaga haydaldi. Eritmadagi etanol miqdorini aniqlash maqsadida olingan xromatogrammaning yuzasi  $40,0 \text{ mm}^2$  ni tashkil etdi. Qimiz tarkibidagi etanol konsentratsiyasini aniqlang.

*Javob:* 13,3%.

17-*masala.* Havo atmosferasidagi formaldegid miqdorini aniqlash maqsadida hajmi 1000 l bo‘lgan havo yutib olish xususiyati 80% bo‘lgan 1 l absorberdan o‘tkazildi. Olingan eritmadan 1mkl hajmda

xromatografga yuborildi. Formaldegidga taalluqli xromatografik cho‘qqining yuzasi  $234 \text{ mm}^2$  ni tashkil etdi.

Darajalash chizig‘ini to‘zish uchun formaldegidning konsentratsiyalari 0.01, 0.2, 0.3, 0.4 va 0.5 mg/l bo‘lgan standart eritmaları olinib, har biridan xromatografga 0,1 mkl hajmda yuborildi. Hosil bo‘lgan xromatogramma yuzalari mos ravishda 13, 27, 38, 50 va  $67 \text{ mm}^2$  ni tashkil etdi. Havo tarkibidagi formaldegid konsentratsiyasini aniqlang.

*Javob:*  $16,1 \cdot 10^{-5} \%$  hajmiy.

18- *masala.* Gazlar aralashmasi analiz qilinganda 2-metilpentan, metilamin, 2-metilbutan va propan mavjudligi aniqlandi. Ularga mos keluvchi xromatografik cho‘qqilar yuzasi mos ravishda 132, 84, 219 va  $114 \text{ mm}^2$  ga teng ekanligi tasdiqlandi. Aralashmaga standart modda sifatida konsentratsiyasi 10 mg/l bo‘lgan geksan qo‘shildi. Uning xromatografik cho‘qqi yuzasi  $126 \text{ mm}^2$  tashkil etdi. 2-metilpentan, metilamin, 2-metilbutan va propanning  $f_i$  qiymatlari mos ravishda 1,13; 1,26; 1,32 va 1,48 teng ekanligini e‘tiborga olib, komponentlarning namunadagi konsentratsiyalarini aniqlang.

*Javob:* 32,0 mg/l; 8,3mg/l; 22,9mg/l; 13,3mg/l.

19-*masala.* 10 ml aniqlanadigan aralashmaga standart modda sifatida konsentratsiyasi 20 mg/l bo‘lgan 1 ml butanol-1 qo‘shildi. Aralashma analiz qilinganda izo-propanol, n-butanola izo-pentanol, propilatsetat va metilmetakrilat borligi aniqlandi. Ularga mos keluvchi xromatografik cho‘qqilar yuzasi mos ravishda 92; 48; 15; 22 va  $34 \text{ mm}^2$  ga teng ekanligi tasdiqlandi. Ularga mos keluvchi  $f_i$  qiymatlari 0.87; 1.04; 1.17 va 1.22 ga teng. Komponentlarning namunadagi konsentratsiyalarini aniqlang.

*Javob:* 4,23%; 2,64%; 0,93%; 1,42%.

20- *masala.* Xromatografga konsentratsiyalari mos ravishda 10, 15, 20, 10 va 5 mg/l ga teng 2-metilpentan, 3-metilgeksan, 2-metilgeksan, 3-etilgeksan va heptan aralashma namunasi yuborildi. Xromatografik cho‘qqilari yuzalari mos ravishda 105, 144, 197, 99 va  $50 \text{ mm}^2$  ga teng xromatogramma olindi. Keyin noma’lum aralashmaga 115 mkmol

geptan standart modda sifatida qo‘shildi. Xromatogrammada yuzalari 218; 33; 20; 116 va 47 mm<sup>2</sup> teng 2-metilpentan, 3-metilgeksan, 2-metilgeksan, 3-etilgeksan va geptanga taalluqli xromatografik cho‘qqilar olindi. Aralashma tarkibidagi moddalarning konsentratsiyalarini aniqlang.

21- *masala*. Havo tarkibidagi poliaromatik birikmalarni aniqlash maqsadida 1000 l havo yutilish xossasi 82% bo‘lgan 1 l absorberdan o‘tkazildi. Absorber o‘z navbatida 94% yutish xossasiga ega, adsorbent bilan to‘ldirilgan kartrijdan o‘tkazildi. Kartridjda yutilib qolgan moddalar 10 ml pentanda eritib olindi (desorbsiya). Olingan mahsulotga standart modda sifatida konsentratsiyasi 10 mg/ml bo‘lgan 1 ml hajmda naftalin eritmasi qo‘shildi. Namuna analiz qilinganda xromatogrammada xromatografik cho‘qqilarning yuzasi mos ravishda 13, 18, 54, 162, 178, 74, 102 va 42 mm<sup>2</sup> teng. 1,4-digidronaftalin, indol, atsenafren, fenantren, antratsen, naftalin, fluoranten va benzofenantren borligi ma’lum bo‘ldi.  $f_i$  qiymati mos ravishda 1,01; 1,17; 1,28; 1,34; 1,32; 1,0; 1,46 va 1,58 teng bo‘lgan yuqorida ko‘rsatilgan aromatik uglevodorodlarning havodagi konsentratsiyasini aniqlang.

22- *masala*. Reyn daryosi suvlaridagi mavjud pestitsidlar miqdorini aniqlash maqsadida 100 ml hajmda olingan namuna sorbent (yutilish darajasi 97%) bilan to‘ldirilgan forkolonka orqali o‘tkazildi. Yutilib qolgan komponentlarni eritish uchun (desorbsiya) 10 ml hajmdagi erituvchi ishlatildi. Ushbu eritmaga konsentratsiyasi 0,1 mg/ml bo‘lgan 1 ml anilin eritmasi standart modda sifatida qo‘shildi. Analiz yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usuli bilan amalga oshirildi va quyidagi natijalar qayd etildi:

| modda       | $S_{cho'qqi}, mm^2$ | modda        | $S_{cho'qqi}, mm^2$ |
|-------------|---------------------|--------------|---------------------|
| anilin      | 29                  | metabromuron | 262                 |
| karbendazim | 135                 | metezexlor   | 13                  |
| metamitron  | 78                  | propazin     | 15                  |

|                     |      |                    |     |
|---------------------|------|--------------------|-----|
| xlordiazon          | 26   | varfarin           | 82  |
| dimetoat            | 14   | 3,3-dixlorbenzidin | 27  |
| monometilmetoksuron | 8    | barban             | 19  |
| aldikarb            | 81   | alaxlor            | 10  |
| bromatsil           | 54   | nitralin           | 13  |
| sianazin            | 76   | dinoseb            | 11  |
| 2-nitrofenol        | 34   | dinoterb           | 15  |
| xlortoluron         | 28   | foksim             | 8   |
| atrazin             | 10   | nitrofen           | 124 |
| diuron              | 1129 | trifluralin        | 46  |

0,1 mg/l konsentratsiyali standart moddalar analizi quyidagi natijalarni ko'rsatdi:

| modda               | $S_{cho'qqi}, mm^2$ | modda              | $S_{cho'qqi}, mm^2$ |
|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| anilin              | 40                  | metabromuron       | 38                  |
| karbendazim         | 42                  | metezexlor         | 41                  |
| metamitron          | 46                  | propazin           | 39                  |
| xlordiazon          | 38                  | varfarin           | 43                  |
| dimetoat            | 39                  | 3,3-dixlorbenzidin | 48                  |
| monometilmetoksuron | 41                  | barban             | 52                  |
| aldikarb            | 40                  | alaxlor            | 37                  |
| bromatsil           | 45                  | nitralin           | 44                  |
| sianazin            | 42                  | dinoseb            | 56                  |
| 2-nitrofenol        | 40                  | dinoterb           | 54                  |
| xlortoluron         | 44                  | foksim             | 68                  |
| atrazin             | 36                  | nitrofen           | 39                  |
| diuron              | 35                  | trifluralin        | 41                  |

Pestitsidlarning Reyn daryosidagi konsentratsiyalarini (mg/ml) aniqlang.

23- masala. Issiqlik o'tkazuvchanlikka asoslangan detektor-katarometrning propanga nisbatan sezuvchanligi  $10^3 \text{ mV} \cdot \text{sm}^3/\text{mg}$ . Detektorga  $1 \text{ m}^3$  gaz aralashmasida tarkibida quyidagi moddalar bo'lgan namunalar



yuborildi: 1)  $10^{-2}$  mass.% metan; 2)  $1 \text{ m}^3$  gaz aralashmasida 10 mg n-propan; 3)  $1 \text{ dm}^3$  gaz aralashmasida 20 mg n-butan; 4)  $10^{-3}$  mol n-propan. Xromatograf potensimetri qanday kattalikdagi analitik signallar beradi.

24-masala. Katarometr-detektorli xromatografda 2-metilfenol xromatografik cho‘qqi yuzasi  $135 \text{ mm}^2$ . Gaz oqimi tezligi 30 ml/min, potensimetr sezuvchanligi 50 mV, diagramma tasmasi tezligi 40 mm/soat. Konsentratsiyasi 0,1 mol/l bo‘lgan va namuna hajmi 1 mkl bo‘lgan holat uchun detektorning 2-metilfenolga nisbatan sezuvchanligini toping.

25-masala. Katarometr-detektorli xromatografda benzol xromatografik cho‘qqining yuzasi  $135 \text{ mm}^2$ . Gaz oqimi tezligi 60 ml/min, potensimetr sezuvchanligi 10 mV, diagramma tasmasi tezligi 1,5 sm/minut. Namuna hajmi 0,5 mkl bo‘lgan holat uchun detektorning benzolga nisbatan sezuvchanligini toping.

26-masala. Ion-alanga detektorli xromatografda 2,3 -dimetiloktan xromatografik cho‘qqi yuzasi  $120 \text{ mm}^2$ . Detektorning moddaga nisbatan sezuvchanligi 84 mV. Potensimetr sezuvchanligi 5 mV, diagramma tasmasi tezligi 0,25 mm/sekund. Gaz oqimining tezligi 45 ml/minut holat uchun katarometr ishlatilganda olinadigan xromatografik cho‘qqi yuzasini hisoblang. 2,3 –dimetiloktan uchun ushbu detektorning sezuvchanligi 340 mV ga teng.

27- masala. Katarometr-detektorli xromatografda pirrolidon xromatografik cho‘qqi yuzasi  $264 \text{ mm}^2$ . Detektorning moddaga nisbatan sezuvchanligi 290 mV. Agar katarometr o‘rniga alanga-ionizatsion detektor ishlatilsa, pirrolidon xromatografik cho‘qqisining yuzasi qanday bo‘lishini hisoblang. Gaz oqimining tezligi 30 ml/minut , pirrolidon uchun ushbu detektorning sezuvchanligi 113 mVga teng.

28-32 masala. Quyidagi ma’lumotlar asosida komponentlarning gaz aralashmasidagi massa ulushini aniqlang.

| Komponent | 28 |   | 29 |   | 30 |   | 31 |   | 32 |   |
|-----------|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|
|           | S  | k | S  | k | S  | k | S  | k | S  | k |

|             |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |
|-------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| Propan      | 175 | 0,68 | 216 | 1,13 | 155 | 0,68 | 300 | 1,13 | 205 | 0,68 |
| Butan       | 203 | 0,68 | 312 | 1,11 | 216 | 0,68 | -   | -    | 97  | 0,68 |
| Pentan      | 182 | 0,69 | 22  | 1,11 | 198 | 0,69 | 206 | 1,11 | -   | -    |
| Siklogeksan | 35  | 0,85 | 34  | 1,08 | 28  | 0,85 | 18  | 1,08 | 48  | 0,85 |
| Propilen    | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -   | -    | 22  | 0,65 |

33-37 *masala*. Quyidagi ma'lumotlar asosida komponentlarning gaz aralashmasidagi massa ulushini aniqlang .

| Компонент  | 33   |      | 34   |      | 35 |      | 36  |      | 37  |      |
|------------|------|------|------|------|----|------|-----|------|-----|------|
|            | S    | k    | S    | k    | S  | k    | S   | k    | S   | k    |
| Benzol     | 20,6 | 0,78 | 16,7 | 0,82 | 85 | 1,00 | 175 | 0,68 | 300 | 1,13 |
| Toluol     | 22,9 | 0,79 | 20,3 | 0,81 | 27 | 1,11 | 203 | 0,68 | 97  | 0,68 |
| Etilbenzol | 30,5 | 0,82 | 8,5  | 0,81 | 34 | 1,08 | 182 | 0,69 | 18  | 1,08 |
| Kumol      | 16,7 | 0,84 | 30,4 | 0,82 | 11 | 1,77 | 35  | 0,85 | 48  | 0,85 |

38-47 *masala*. Qog'oz xromatografiyasi usulida nikelni aniqlash uchun (dimetilglioksim bilan shimdirilgan) uchta standart eritma tayyorlandi. Buning uchun ma'lum massali ( $m$ )  $NiCl_2 \cdot 6H_2O$  tuzidan tarozida tortib olib, hajmi 50 ml bo'lgan o'lchov kolbasiga solib eritdik. Keyin ushbu kolbadan 5,0; 10,0; 20,0 mldan olib, hajmi 50 bo'lgan uchta alohida kolbada suyultirdik. Tajribalar natijasida olingan xromatografik dog'larning balandliklari  $h_1$ ;  $h_2$ ;  $h_3$  bo'lib, noma'lum eritmaniki  $h_x$  bo'lganda, namuna tarkibidagi nikel ionining massasini (mg) aniqlang.

| Variant | Massa,(m),<br>gramm | Xromatografik cho'qqi balandligi, mm. |       |       |       |
|---------|---------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|
|         |                     | $h_1$                                 | $h_2$ | $h_3$ | $h_x$ |
| 38      | 0,2000              | 20,5                                  | 36,0  | 66,4  | 33,0  |
| 39      | 0,2040              | 21,0                                  | 38,5  | 72,3  | 43,3  |
| 40      | 0,2820              | 29,0                                  | 42,0  | 68,0  | 47,0  |
| 41      | 0,2946              | 30,0                                  | 45,0  | 78,0  | 54,0  |
| 42      | 0,2480              | 25,5                                  | 37,5  | 61,3  | 49,0  |
| 43      | 0,2284              | 23,5                                  | 31,5  | 47,2  | 37,5  |
| 44      | 0,1950              | 20,0                                  | 35,0  | 65,0  | 53,0  |
| 45      | 0,3720              | 38,0                                  | 50,5  | 76,0  | 59,0  |

|    |        |      |      |      |      |
|----|--------|------|------|------|------|
| 46 | 0,2200 | 22,5 | 39,0 | 71,5 | 65,0 |
| 47 | 0,2780 | 28,5 | 42,3 | 70,0 | 47,5 |

48-masala. Uzunligi 30 sm bo'lgan xromatografik kolonkada namuna yuborilgan so'ng xromatografik cho'qqigacha bo'lgan masofa 5 sm ni, xromatografik cho'qqi asosining eni esa 0,5 sm ni tashkil etdi. Kolonkaning nazariy tarelkalar soni va nazariy tarelkalar samarador balandligini (NTSB) aniqlang.

49-masala. Kolonkaning nazariy tarelkalar soni  $10^5$  qiymatga ega. Tutilish vaqtlari 100, 1000 va 104 holatlar uchun xromatografik cho'qqilar asosi enini hisoblang.

50-59 masalalar. Xromatograf detektorining o-ksilol, m – ksilol va p –ksilolga nisbatan sezuvchanligi amalda bir xil. Har birining aralashmadagi massa ulushini (foizlarda) aniqlang. Xromatografik cho'qqilarning kattaliklari jadvalda keltirilgan.

| Aralashma<br>a<br>raqami | O-ksilol |                  | M- ksilol |                  | P-ksilol |                  |
|--------------------------|----------|------------------|-----------|------------------|----------|------------------|
|                          | h, mm    | $\mu_{0,5}$ , mm | h, mm     | $\mu_{0,5}$ , mm | h, mm    | $\mu_{0,5}$ , mm |
| 50                       | 70       | 12               | 95        | 15               | 30       | 17               |
| 51                       | 72       | 11               | 80        | 13               | 35       | 19               |
| 52                       | 74       | 12               | 75        | 16               | 40       | 12               |
| 53                       | 70       | 12               | 80        | 13               | 35       | 19               |
| 54                       | 70       | 12               | 75        | 16               | 40       | 20               |
| 55                       | 72       | 11               | 95        | 15               | 30       | 17               |
| 56                       | 72       | 11               | 75        | 16               | 40       | 20               |
| 57                       | 74       | 12               | 95        | 15               | 30       | 17               |
| 58                       | 74       | 12               | 84        | 13               | 35       | 19               |
| 59                       | 70       | 12               | 95        | 15               | 35       | 19               |

60- masala. Texnologik jarayonlarni nazorat qilishdan oldin, tarkibida 1,5% (hajmiy) azot, 0,3% kislorod va 1,2% metan (qolganlari geliy) bo'lgan sun'iy aralashma xromatogrammalari olindi. Jadvalda olingan qiymatlarning o'rtacha qiymatlari keltirilgan. 1- jadvalda keltirilgan qiymatlardan foydalanib, texnologik jarayonlardagi azot,

kislorod va metan miqdorini aniqlang. Komponentlar xromatografik cho‘qqilarining yuzalari qiymatlari jadvalda keltirilgan.

| Namuna hajmi, ml | Xromatografik cho‘qqilarning yuzalari , mm <sup>2</sup> |          |       |
|------------------|---------------------------------------------------------|----------|-------|
|                  | azot                                                    | kislorod | metan |
| 1                | 1142                                                    | 234      | 920   |
| 2                | 2372                                                    | 472      | 1833  |
| 3                | 3546                                                    | 706      | 2791  |

| Namuna raqami | Namuna hajmi, ml | Xromatografik cho‘qqilar yuzasi, mm <sup>2</sup> |          |       |
|---------------|------------------|--------------------------------------------------|----------|-------|
|               |                  | azot                                             | kislorod | metan |
| 1             | 1                | 1080                                             | -        | 1272  |
| 2             | 1                | -                                                | 561      | 1490  |
| 3             | 2                | 2150                                             | -        | 3005  |
| 4             | 2                | 2093                                             | 640      | -     |
| 5             | 3                | -                                                | -        | 2982  |
| 6             | 3                | -                                                | 824      | 746   |
| 7             | 1                | 506                                              | 319      | -     |
| 8             | 1                | 1043                                             | 278      | -     |
| 9             | 2                | 2089                                             | -        | 1516  |
| 10            | 2                | -                                                | 565      | 2087  |

61- *masala.* Katarometr detektorining propanga nisbatan sezuvchanligi  $1 \cdot 10^3$  mV ml/mg. Quyidagi holatlar uchun katarometr beradigan signallarni aniqlang: a)  $10^{-2}$  % metan; b)  $1 \text{ m}^3$  hajmdagi gaz aralashmasida 10 mg propan bo‘lsa; v) 1 l hajmdagi gaz aralashmasida 20 mkg butan bo‘lsa; r) 1 l hajmdagi gaz aralashmasida  $1 \cdot 10^3$  mol propan bo‘lsa; d) 2 l hajmdagi gaz aralashmasida 2 mkg etan bo‘lsa.

62-*masala.* Ion-alanga detektorining propanga nisbatan sezuvchanligi  $2 \cdot 10^{-8}$  mg/s. Ushbu detektor orqali namuna hajmi 2 ml bo‘lganda quyidagi holatlar uchun analitik signal olish mumkinmi ?

a)  $10^{-3}$  (hajmiy) etan; nazariy tarelkalar soni 1200; tutilish vaqti 1 minut;

б) 10 mkg benzol; nazariy tarelkalar soni 1380; tutilish vaqti 3 minut;

в) 0,1 ml propan  $10 \text{ m}^3$  havoda; nazariy tarelkalar soni 1320; tutilish vaqti 1,5 minut;

г)  $1 \text{ m}^3$  havoda  $10^{-4}$  mol butan, nazariy tarelkalar soni 1270; tutilish vaqti 2 minut;

д)  $1 \text{ m}^3$  havoda 1 g geksan, nazariy tarelkalar soni 1300; tutilish vaqti 2,5 minut.

63- masala. 2,10-2 % hajmiy foizli propan aralashmasi analiz qilin-ganda 0,5 mV signal olingan holat uchun detektorning sezuvchanligini hisoblang.

64-masala. Ion-alanga detektorining propanga nisbatan sezuvchanligi  $10^{-8}$  mg/s teng. Benzolning tutilish vaqti 150 s. Kolonkaning nazariy tarelkalar soni 3600 ga teng. Ushbu sharoitlarda benzolning  $5 \text{ mg/m}^3$  konsentratsiyaini aniqlash mumkinmi ?

Gazoxromatografik analiz paytida olingan quyidagi qiymatlarga asoslangan holda , gaz aralashmasidagi metan va etan moddalarining massa ulushini aniqlang.

| Komponent                     | Metan | Etan |
|-------------------------------|-------|------|
| Cho‘qqi yuzasi, $\text{mm}^2$ | 207   | 4    |
| Tuzatish koeffitsiyenti       | 1.23  | 1.15 |

Javob: 98.23%, 1.77%.

65-masala. Etil spirt miqdorini topish uchun 15,26 g aralashma gaz-suyuqlik xromatografiyasi usuli qo‘llanilganda ichki standart modda sifatida 1.09 g butil spirti ishlatilgan. Keltirilgan qiymatlar asosida etil spirtining massa ulushini aniqlang.

| Etil spirti cho‘qqisi |                              | n-butil spirti cho‘qqisi |                              |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Balandligi h          | Yarim balanlik eni $M_{0,5}$ | Balandligi h             | Yarim balanlik eni $M_{0,5}$ |
| 35 mm                 | 3 mm                         | 52 mm                    | 2 mm                         |

Javob: 7.21%

66 -masala. Furfurolni gaz xromatografiyasi usulida aniqlayotganda , uning xromatografik cho‘qqi yuzasini ichki standart modda qilib olingan o-ksilol yuzasi bilan bilan taqqoslandi. Tarkibida 25% furfurol bo‘lgan standart aralashma va tekshirilayotgan aralashma (ikkalasining ham massalari bir xil) analiz qilinganda quyidagi natijalar olindi:

| Kattaliklar                                   | Standart namuna |          | Tekshirilayotgan namuna |          |
|-----------------------------------------------|-----------------|----------|-------------------------|----------|
| Komponentlar                                  | furfurol        | o-ksilol | furfurol                | o-ksilol |
| Xromatografik cho‘qqi yuzasi, mm <sup>2</sup> | 11              | 25       | 18,5                    | 22,0     |

\* Tuzatish koeffitsiyentlarining qiymatini ikki modda uchun ham bir deb qabul qilindi. Namuna tarkibidagi furfurolning massa ulushini (%) aniqlang.

Javob: 47.78 %.

67 –masala. Gaz xromatografiyasi usulida olingan quyidagi ma’lumotlar asosida, aralashma tarkibidagi dinitrobenzol va benzolning massa ulushini (%) aniqlang.

| Kattaliklar                                   | dinitrobenzol | benzol |
|-----------------------------------------------|---------------|--------|
| Xromatografik cho‘qqi yuzasi, mm <sup>2</sup> | 305           | 12     |
| Tuzatish koeffitsiyenti                       | 1.22          | 1.07   |

68-masala. Xromatografik cho‘qqilari va cho‘qqi yarim balandlikdagi enlari mos ravishda 90 mm va 2 mm; 80 mm va 3 mm; 120 mm va 3 mm teng bo‘lgan benzol, geksan va propilenning aralashmadagi massa ulushlarini (%) aniqlang.

Javob: 23.08%, 30.77%, 46,15%

69- masala. Metiletilketon miqdorini topish uchun 15,26 g aralashma gaz-suyuqlik xromatografiyasi usuli qo‘llanilganda ichki standart modda sifatida 1.09 g atseton ishlatilgan. Keltirilgan qiymatlar asosida metiletilketonning massa ulushini aniqlang.

| Komponent                       | Metiletilketon | Atseton |
|---------------------------------|----------------|---------|
| Cho‘qqi yuzasi, mm <sup>2</sup> | 108            | 128     |

|                            |      |      |
|----------------------------|------|------|
| Tuzatish<br>koeffitsiyenti | 1.79 | 0.82 |
|----------------------------|------|------|

*Javob:* 13.16 %.

70- *masala.* Toluolning nitrolash reaksiyasining og'irligi 12.7500 g bo'lgan mahsuloti gaz-suyuqlik xromatografiyasi usuli bilan analiz qilinganda ichki standart modda sifatida 1,25 g etilbenzol ishlatildi. Quyida keltirilgan qiymatlar asosida reaksiyaga kirishmay qolgan toluolning mahsulotdagi massa ulushini (%) aniqlang.

| Komponent                                     | Toluol | Etilbenzol |
|-----------------------------------------------|--------|------------|
| Xromatografik cho'qqi yuzasi, mm <sup>2</sup> | 307    | 352        |
| Tuzatish koeffitsiyenti                       | 1.01   | 1.02       |

*Javob:* 8.47%

71- *masala.* Xromatografik cho'qqilari va cho'qqi yarim balandlikdagi enlari mos ravishda 60 mm va 2 mm; 90 mm va 3 mm teng bo'lgan atseton va etanolning aralashmadagi massa ulushlarini (%) aniqlang.

*Javob:* 30,77% , 69,23%.

72- *masala.* Etanolni gazoxromatografik usulida aniqlashda darajalash egri chizig'i yordamida quyidagi natijalar olindi:

|                        |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| Spirt miqdori , mg     | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 |
| Cho'qqi balandligi, mm | 18   | 37   | 48   | 66   | 83   |

0,02 ml hajmdagi namuna uchun 70 mm balandlikdagi xromatografik cho'qqi olindi. Eritmaning zichligi 0,25 g/sm<sup>3</sup> ga teng ekanligini inobatga olgan holda, tekshirilayotgan namuna tarkibidagi etil spirtining massa ulushini (%) aniqlang.

*Javob:* 14%.

73-*masala.* 25,1600 gramm massali aralashma tarkibidagi benzolni gazoxromatografik usulda aniqlashda 1,28 gramm toluol ichki standart modda sifatida ishlatildi. Quyidagi keltirilgan qiymatlar asosida benzolning massa ulushini aniqlang.

| Komponent | benzol | toluol |
|-----------|--------|--------|
|-----------|--------|--------|

|                                               |      |      |
|-----------------------------------------------|------|------|
| Xromatografik cho‘qqi yuzasi, mm <sup>2</sup> | 80   | 109  |
| Tuzatish koeffitsiyenti                       | 0.79 | 0.82 |

*Javob:* 3,60%.

74 –masala. Mutloq darajalash usulida atsetonni aniqlashda quyidagi natijalar olindi.

|                         |      |      |      |      |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Atseton miqdori, mg     | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 |
| Cho‘qqi balandligi , mm | 20   | 40   | 60   | 80   |

0,02 ml analiz qilinayotgan eritma uchun balandligi 50 mm bo‘lgan xromatografik cho‘qqi olindi. Boshlang‘ich eritmaning zichligi 0,25 g/sm<sup>3</sup> ga teng ekanligini hisobga olib, aralashma tarkibidagi atsetonning massa ulushini aniqlang.

*Javob:* 10%.

75-masala. Benzolni sulfolash reaksiyasi natijasida olingan 10,5000 gramm massali reaksiyon aralashmani gazoxromatografik usulda aniqlashda 1,5000 gramm toluol ichki standart modda sifatida ishlatildi. Quyidagi keltirilgan qiymatlar asosida reaksiyaga kirishmay qolgan benzolning massa ulushini aniqlang.

|                                               |        |        |
|-----------------------------------------------|--------|--------|
| Komponent                                     | benzol | toluol |
| Xromatografik cho‘qqi yuzasi, mm <sup>2</sup> | 325    | 380    |
| Tuzatish koeffitsiyenti                       | 0.80   | 1.01   |

*Javob :* 9,67%.

76- masala. 2,0342 gramm massali aromatik uglevodorodlar aralashmasi gazoxromatografik usulda aniqlashda 0,4168 gramm n-oktan ichki standart modda sifatida ishlatildi. Quyidagi keltirilgan qiymatlar asosida aromatik uglevodorodlarning massa ulushini aniqlang.

|                                               |     |     |    |         |
|-----------------------------------------------|-----|-----|----|---------|
| Aralashma komponentlari                       | 1   | 2   | 3  | H-OKTAN |
| Xromatografik cho‘qqi yuzasi, mm <sup>2</sup> | 120 | 234 | 84 | 146     |



Javob:16,84 %, 32,84 %, 11,79 %.

77-masala. Gazoxromatografik analiz qilinganda aralashma tarkibidagi propil spirti va ichki standart sifatida ishlatilgan butil spirtining xromatogramma yuzalari mos ravishda  $18,5 \text{ mm}^2$  va  $22 \text{ mm}^2$  tashkil etdi. Standart aralashmada (aralashmadagi moddalarning massalari teng) tarkibidagi propil spirti butil spirtining xromatogramma yuzalari mos ravishda  $11 \text{ mm}^2$  va  $25 \text{ mm}^2$  tashkil etdi. Ikkala moddalarning tuzatish koeffitsiyentlarini qiymatini birga teng qilib olamiz. Aralashma tarkibidagi propil spirtining massa ulushini (%) aniqlang.

Javob:47,78 mm.

78-masala. Xromatogrammada geksan, propilen va etanolga mos keluvchi xromatografik cho'qqilar yuzalari mos ravishda  $27 \text{ mm}^2$ ,  $34 \text{ mm}^2$  va  $11 \text{ mm}^2$  teng bo'lsa, har bir komponentning aralashmadagi massa ulushlarini aniqlang.

Javob: 37,5%, 47,2%, 15,3%

79-masala. 10,5600 gramm massali aralashmani gazoxromatografik usulda aniqlashda 1,0500 gramm metiletilketon ichki standart modda sifatida ishlatildi. Quyidagi keltirilgan qiymatlar asosida atsetonning massa ulushini aniqlang.

| Komponent                                   | atseton | metiletilketon |
|---------------------------------------------|---------|----------------|
| Xromatografik cho'qqi yuzasi, $\text{mm}^2$ | 100     | 95             |
| Tuzatish koeffitsiyenti                     | 0,82    | 1,79           |

Javob:4,79 %.

80 masala. Benzol va toluollarning xromatogrammadagi xromatografik cho'qqining yarim balandlik eni va balandliklari mos ravishda 2 mm va 22 mm; 3 mm va 48 mm. Aralashmadagi moddalarning massa ulushlarini hisoblang.

Javob: 23,40%; 76,60%.

81-masala. Etanol, propanol va butanollarning xromatogrammadagi xromatografik cho'qqi yarim balandliklarining eni va balandliklari mos ravishda 2 mm va 80 mm; 3 mm va 60 mm. hamda

3 mm va 100 mm teng bo'lsa, aralashmadagi massa ulushlarini hisoblang.

*Javob:* 25,00%; 28,13%; 46,87%.

82-masala. Gazoxromatografik usul bilan xloroformni mutloq darajalash usulida aniqlash davrimizda quyidagi natijalar olindi:

|                                      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Xloroforma miqdori, mg               | 0,15 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,75 |
| Xromatografik cho'qqi balandligi, mm | 15   | 30   | 45   | 60   | 75   |

0,05 ml analiz qilinayotgan eritma uchun balandligi 50 mm bo'lgan xromatografik cho'qqi olindi. Eritmaning zichligi  $0.25 \text{ g/sm}^3$  tengligini hisobga olgan holda, namuna tarkibidagi xloroformning massa ulushini (%) aniqlang.

*Javob:* 4 %.

83-masala. Propan, butan va siklogeksandan iborat aralashma xromatografik analiz qilinganda ularga mos ravishda quyidagi qiymatlarda xromatografik cho'qqi yuzalari hosil bo'ldi:  $175 \text{ mm}^2$ ;  $203 \text{ mm}^2$ ;  $35 \text{ mm}^2$ . Ularga mos ravishda tuzatish koeffitsiyent qiymatlari ham mavjud: 0,68; 0,68; 0,85. Gazlar aralashmasidagi har bir komponentning massa ulushini (%) aniqlang.

*Javob:* 41,49%; 48,13%; 10,37%.

84-masala. 10,5600 g namuna tarkibidagi atsetonni aniqlash uchun o'tkazilgan xromatografik tajribada massasi 1,0500 g metiletilketon ichki standart modda sifatida ishlatildi va quyidagi natijalar olindi:

|                                             |         |                |
|---------------------------------------------|---------|----------------|
| Komponent                                   | atseton | metiletilketon |
| Xromatografik cho'qqi yuzasi, $\text{mm}^2$ | 100     | 95             |
| Tuzatish koeffitsiyenti                     | 0,82    | 1,79           |

Namuna tarkibidagi atsetonning massa ulushini aniqlang.

*Javob:* 4,79 %.

85-masala. Agar olingan xromatogrammada atseton va etanolga tegishli xromatografik cho'qqi balandligi va uning yarim balandlik eni

mos ravishda 60 mm va 2 mm; 90 mm va 3 mm teng bo'lsa, ularning aralashmadagi massa ulushlarini (%) aniqlang.

*Javob:* 30.77%, 69.23%.

86-masala. Quyidagi ma'lumotlarga ko'ra gaz aralashmasi tarkibiga kiruvchi moddalarning massa ulushlarini (%) hisoblang:

| Gaz                | Propan | Butan | Pentan | Siklogeksan |
|--------------------|--------|-------|--------|-------------|
| S, mm <sup>2</sup> | 205    | 170   | 165    | 40          |
| $f_i$              | 0,63   | 0,65  | 0,69   | 0,85        |

*Javob:*propan-33,32%; butan-28,52%; pentan-29,38%; siklogeksan-8,77%.

87-masala. Quyidagi ma'lumotlarga ko'ra gaz aralashmasi tarkibiga kiruvchi moddalarning massa ulushlarini (%) hisoblang:

| Gaz                | Etan | Propan | Butan | Pentan |
|--------------------|------|--------|-------|--------|
| S, mm <sup>2</sup> | 5    | 7      | 5     | 4      |
| $f_i$              | 0,60 | 0,77   | 1,00  | 1,11   |

*Javob:* etan-16,8%; propan-30,20%; butan-28,00%; pentan-24,90%.

88-masala. o-, m-, p-ksilollarga nisbatan xromatograf detektori sezgirligi deyarli bir xil. Quyidagi xromatografik cho'qqi qiymatlari asosida aralashama tarkibiy qismlarining massa ulushlarini toping:

| Modda    | Cho'qqi balandligi, mm | Cho'qqi eni, mm |
|----------|------------------------|-----------------|
| o-ksilol | 70                     | 12              |
| m-ksilol | 95                     | 15              |
| p-ksilol | 38                     | 17              |

*Javob:* o-ksilol -28,86%; m-ksilol -48,95%; p-ksilol -22,19%.

89-masala. Gazoxromatografik usulda tozalangan modda tarkibidagi metiletilketonni aniqlash uchun ichki standart modda sifatida

uchlamchi-butylbenzol ishlatildi. Boshida tarkibida massa jihatdan 0,05% MEK va учламчи-ВВ bo'lgan standart aralashma analiz qilindi. Bunda mos ravishda balandligi 3,20 va 4,20 sm bo'lgan xromatografik cho'qqilar olindi. Namuna analiz qilinayotgan paytda, namunaga 0,045% ( massa jihatdan) standart modda qo'shildi. Analiz qilinganda MEK va uchlamchi-ВВ lar uchun xromatografik cho'qqi balandliklari mos ravishda 3,70 sm va 4,11 sm ga teng bo'ldi. Namuna tarkibidagi MEK massa ulushi (%) qiymati nechaga teng.

*Javob:* 0,053%.

90-masala. Qon tarkibidagi etanol alanga-ionli detektorli xromatografda ichki standart qo'llash usuli bilan aniqlandi. Ichki standart modda sifatida etilbenzol ishlatildi. Dastavval 2 mg/ml dan etanol va etilbenzol saqlagan eritma analiz qilinganda mos ravishda 401 mm<sup>2</sup> va 859 mm<sup>2</sup> yuzaga ega xromatografik cho'qqilar hosil bo'ldi. Etanolni aniqlash uchun 1 ml qon na'munasiga 2 mg etilbenzol qo'shildi va etanol-425 mm<sup>2</sup>, etilbenzol-1230 mm<sup>2</sup> yuzaga ega xromatografik cho'qqilar hosil qildi. Qondagi etanolning konsentratsiyasini(mg/ml) aniqlang.

*Javob:* 1,48 mg/ml.

91-masala. 15,26 g toluolni nitrolash reaksiya aralashmasi gaz-suyuqlik xromatografiyasining ichki standart qo'llash usuli bilan analiz qilindi. Ichki standart sifatida 1,09 g etilbenzol olindi. Xromatogrammada toluol bilan etilbenzolning xromatografik cho'qqilari yuzalari mos ravishda 108 mm<sup>2</sup> va 158 mm<sup>2</sup> teng bo'lsa, reaksiyaga kirishmagan toluolning massa ulushini aniqlang. Toluol uchun tuzatish koeffitsiyenti 0,79.

*Javob:* 3,9%.

### **Nazorat savollar.**

1. Gaz xromatografiyasida miqdor analiz asosan qaysi kattaliklar orqali amalga oshiriladi .
2. Planar xromatografiyasida miqdor analiz asosan qaysi kattaliklar orqali amalga oshiriladi .

3. Xromatogrammaning yuzasining xisoblash tenglamasini yozing .
4. Miqdor analizning turlarini ko'rsating.
5. Chiziqli graduировка usulining mohiyatini tushuntiring.
6. Ichki normallashtirish usulining mohiyatini tushuntiring.
7. Ichki standartlar usulining mohiyatini tushuntiring.
8. Tuzatish koeffitsiyenti nima va uning qiymati amaliyatda qanday aniqlanadi .
9. Detektorlarning sezuvchanligi nima sababdan turli sinf moddalariga to'g'ri.

## IV BOB. ION-ALMASHININSH XROMATOGRAFIYASI

### 4.1. Ion –almashinish xromatografiyasining nazariy asoslari

Ion-almashinish xromatografiyasi harakatli faza tarkibidagi ionlarning stexiometrik nisbatda harakatsiz faza tarkibidagi ionlar bilan almashinish hodisasiga asoslangan. Harakatsiz faza sifatida qattiq yoki suyuq moddalar ishlatilishi mumkin. Ionitlar yoki ion-almashuvchilar deb, harakatchan ionlarni almashinuvchi xossaga ega bo'lgan moddalarga aytiladi. Ionitlarda asosiy jarayon ion-almashinish hisoblanadi, lekin shu bilan birga adsorbsiya hodisasi ham bo'lishi mumkin.

Birinchi sintetik ionitlar 1930 yillarda ishlab chiqildi. Birinchi marotaba ionlarning ion-almashinish xromatografiyasi yordamida ajratish 1947 yil T.B.Gapon, E.N. Gapon va F.M. Shemyakinlar tomonidan amalga oshirildi.

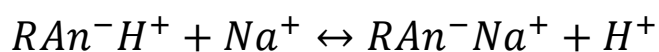
Almashinuvchi ionlarning zaryadiga qarab kationitlar (kation-almashinuvchilar) va anionitlar (anion-almashinuvchilar)ga bo'linadi. Amfoter ionitlar tarkibida ham kislota va ham asos xossasiga ega bo'lgan guruhlar mavjud bo'ladi. Monofunksional ion-almashuvchi tarkibida faqat bir xil (kislota yoki asos) ko'p funksional ion-almashuvchida esa turli kislotali (masalan  $-SO_3H$ ,  $-OH$ ) yoki asosli guruhlar mavjud bo'ladi.

#### Ionitlar

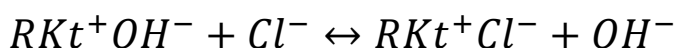
Ionitlar odatdagi sharoitda qarama-qarshi ionlar hisobiga elektroneytral hisoblanadi. Tarkibdagi tutib turiluvchi kislotali yoki asosli xossaligi guruhlarining mavjudligi ionit zaryadini belgilaydi.

Qarama-qarshi ionlarning harakati ushbu ionitning ion-almashinish hossasini belgilaydi. Statik sharoitda ionit va eritma o'rtasida yuzaga keluvchi ion-almashinish jarayonini quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

Kation –almashinish



Anion –almashinish



$R$  – ionit matritsasi;  $An^-$ ,  $Kt^+$  -matritsaning yuzasidagi bogʻlangan ionlar.

Ionlarning eritma va ionit oʻrtasidagi taqsimlanishi taqsimlanish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi:

$$D^{Na^+} = [RAn^-Na^+]/[Na^+]$$

$$D^{Cl^-} = [RKt^+Cl^-]/[Cl^-]$$

Taqsimlanish koeffitsiyentlari qiymatlari statik yoki dinamik sharoitlarda aniqlanib, ajralayotgan ionlarning tutilish hajmlarini quyidagi tenglama bilan aniqlashda ishlatiladi :

$$V_R = V_m + DV_s$$

Yuqorida keltirilgan kation-almashinish jarayoni uchun muvozanat konstantasini hisoblash tenglamasi quyidagi koʻrinishda boʻladi:

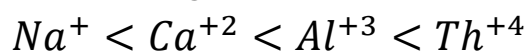
$$K^0 = [a_{H^+}a_{RAn^-Na^+}]/[a_{Na^+}a_{RAn^-Na^-}]$$

$a$  – zarrachaning faolligi;

Odatda konsentratsion muvozanat konstantasi qiymatidan foydalanadi:

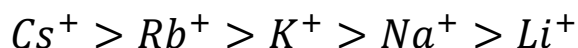
$$K_{H^+/Na^+} = [RAn^-Na^+] \cdot [H^+]/[RAn^-H^+] \cdot [Na^+]$$

Ion-almashinishing konsentratsion muvozanat konstantalari qiymatlari asosida kationlarning ionitga nisbatan moyillik qatorlari aniqlangan. Ushbu qatorlar mavjud ionitda kationlarning ajralish jarayonlarini bashorat qilish imkoniyatini yaratadi. Ionlarning zaryadi oshib borishi bilan, ularning ionitlarga moyilligi oshib borish qonuniyati oʻrnatilgan, yaʼni, kationlarning sorbsion xossalari



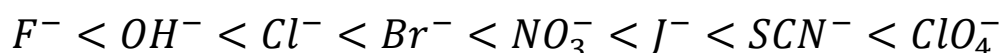
qatorda ortib boradi.

Bir xil zaryadli gidratlangan ionlarning



qatorida kation-almashuvchiga moyillik kamayib boradi.

Anion-almashuvchilar uchun ham moyillik qatori oʻrnatilgan:



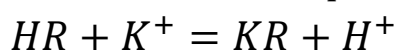
Ionitning selektivligi uning tabiatiga, matritsasining tuzilishiga va tajriba shart-sharoitlariga ( muhitning pH qiymatiga, haroratga va

boshqalarga) bogʻliq. Suyultirilgan eritmalar ishlatilganda zaryadi kattaroq ionlar, konsentrlangan eritmalar ishlatilganda esa zaryadi kichik ionlar koʻproq almashinadi. Harorat koʻtarilishi bilan odatda selektivlik kamayadi.

Jarayonning selektivligini harakatli fazani tanlash (tarkib, pH, ion kuchi, organik erituvchini qoʻllash), sorbent gʻovakliligini oʻzgartirish yoki ionogen guruhlarining tabiati va joylashish joyini oʻzgartirish usuli bilan oshirish mumkin. Sorbent tarkibiga organik moddalarni (ditizon, dimetilglioksim, 8-oksixinolin, kraun-efir) joylashtirish orqali jarayon selektivligini yuqoriga koʻtarish mumkin.

Ion-almashinish xromatografiyasi odatda ionlarni ajratishda qoʻllaniladi. Ajratilgan moddalarni kimyoviy yoki fizik-kimyoviy usullar bilan miqdoriy aniqlash mumkin. Ion-almashinish xromatografiyasi yordamida xossalari bir-biriga juda yaqin ionlarni; masalan, natriy va kaliyni, sirkoniy va gafniyni, lantanoidlarni bir-biridan ajratish mumkin.

Ion-almashinish jarayoni eritmadagi barcha kation yoki anionlarning umumiy miqdorini aniqlashga asoslangan. Masalan, tarkibida KCl boʻlgan eritmani kationitning  $H$  formasi orqali oʻtkazganimizda, eritmada ekvivalent miqdorda  $H^+$  ionlari hosil boʻladi:



Titrimetrik usul bilan vodorod ionlari konsentratsiya aniqlanadi va shu asosda boshlangʻich eritmadagi kaliy ionlarining miqdori aniqlanadi.

Suvni turli minerallardan tozalash ion-almashinish jarayoniga asoslangan. Tozalanayotgan suv kationitning  $H^+$  va anionitning  $OH^-$  formalari orqali oʻtkaziladi. Jarayon natijasida  $H^+$  va  $OH^-$  ionlari hosil boʻlib, ular suv molekulasiga aylanadi.

Ion-almashuvchi membranalar orqali toza holda kislota va ishqorlar eritmalarini olish mumkin. Ion-almashuvchi membranalarining ion-almashish selektivligi juda yuqori: kationit membranadan faqat kationlar, anionit membranalaridan esa faqat anionlar oʻtadi. Masalan:



natriy sulfat suvli eritmasi elektroliz qilinganda toza sof holda natriy ishqori va sulfat kislota olinadi.

Ionitlar sifatida tabiiy va sintetik moddalar ishlatiladi.

Seolitlar – kationlar bilan almashinuvchi tabiiy ionitlar. Bu birikmalarda qarama-qarshi ionlari rolini ishqoriy va ishqoriy –yer metallari kationlari bajaradi. Seolitlarda elak effekti mavjud, shuning uchun ularning ichkari qismiga katta hajmli kation yoki molekulalar kira olmaydi.

Toshko‘mirni sulfat kislota bilan sulfolaganda va oksidlaganda, ko‘mir tarkibiga sulfo va karboksil guruhlari kiritiladi. Bunday ko‘mirlar ion-almashuvchi sifatida ishlatiladi. Oksidlangan ko‘mirning yuqori selektivligi zaryadlari bir xil bo‘lgan kationlarni (kalsiy va magniy kationlari) bir-biridan ajratishga imkon beradi.

Sintetik polimer moddalardan sintetik ion-almashuvchi smolalar keng qo‘llaniladi. Ular yuqori mexanik va kimyoviy mustahkamlikka, almashinish hajmiga va selektivlikka ega.

Qattiq ion-almashuvchilar ip yoki karkas tuzilishiga ega bo‘lib, ion-almashuvchi guruhlarga ega bo‘lgan makromolekulalardan tashkil topgan.

Sintetik ion-almashuvchi smolalarning gidrofob matritsalarida zaryadga ega bo‘lgan guruhlari mavjud. Kationlar uchun bunday guruhlarga

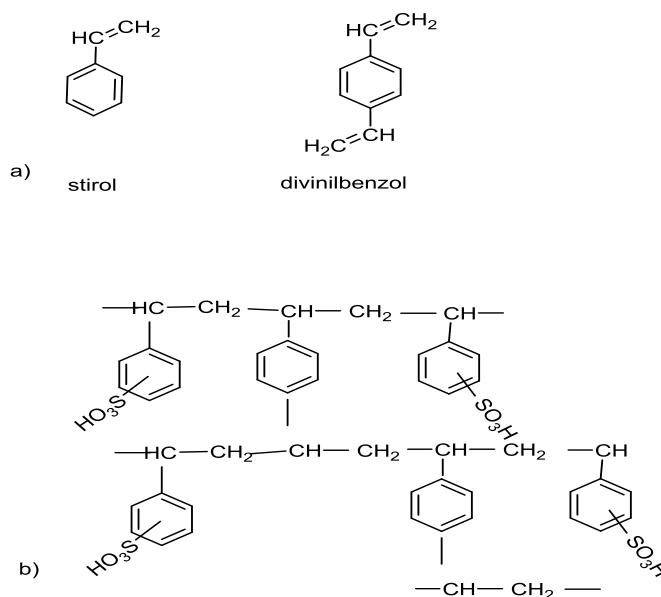
$-SO_3^-$ ,  $-COO^-$ ,  $-PO_3^{2-}$ ,  $-As_3^{2-}$  va anionlar uchun  $-NH_3^+$ ,  $=NH_2^+$  guruhlari kiradi.

Ionitlar C-C mustahkam bog‘ini buza olmaydigan suv va boshqa organik erituvchilarda erimaydi. Ion almashuvchi ionit kristall tuzilishida ko‘pgina kanal va g‘ovaklar bo‘lganligi uchun bo‘kish xossasiga ega.

Ion-almashinish smolalarining asosiy sintez qilish reaksiyalari – polikondensatsiya va polimerizatsiya reaksiyalaridir.

Ularini sintez qilishda boshlang‘ich modda sifatida formaldegid va para-o‘rinbosar fenollar, stirol va divinil benzol, etilendiamin, etilenglikol va stirol efirlari ishlatiladi.

Polimerizatsiya reaksiyasi orqali mono-, polikondensatsiya reaksiyasi orqali polifunksional ion almashuvchi smolalar olinadi. Stirol asosida kation almashuvchi ionitlar olishda birlashtiruvchi (bog'lovchi) modda sifatida asosan divinilbenzol (rasm. .) ishlatiladi.



18- rasm. Stirol va divinilbenzol strukturasi (a) va ular asosida olingan kislotali kationalmashuvchi ionit strukturasi (b).

Bunday sorbentlarning ionalmashinish sig'imi silikagel asosida olingan sorbentlarnikiga nisbatan 5-10 marta kattadir( 2-jadval).

Organik sintetik xossalari ular matritsasining tuzilishi, harakatli ionlar va qarama-qarshi ionlar, yutilayotgan ionlarning soni va turi bilan aniqlanadi.

Qarama-qarshi ionlarning harakati matritsa tarkibidagi gidrofil guruhlarning soni va ko'ndalang bog'larning soni bilan aniqlanadi.

Organik birikmalarning (biokimyoviy aralashmalar) ionalmashinish jarayonida asosan modifikatsiya qilingan sellyuloza-karboksimetil sellyuloza (kuchsiz kislota xossali), dietil-aminosellyuloza (o'rta asosli) va dekstrinning gidrofil gellari ishlatiladi.

## Modifikatsiya qilingan silikagel asosidagi ionitlar

| Struktura formulasi                                                                                                                                                                                                                               | Nomi                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| $\text{SiO}_2 \text{---} \text{O---Si} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{---CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N} \begin{matrix} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{CH}_3$      | Diasorb-130-DEAE     |
| $\text{SiO}_2 \text{---} \text{O---Si} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{---CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}^+ \begin{matrix} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{CH}_3$ | Diasorb-130-TA       |
| $\text{SiO}_2 \text{---} \text{O---Si} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{---CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$                                                                                                          | Diasorb-130-Karboksi |
| $\text{SiO}_2 \text{---} \text{O---Si} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{---CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{H}$                                                                | Diasorb-130-Sulfo    |
| $\text{SiO}_2 \text{---} \text{O---Si} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{---CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N} \begin{matrix} \text{H} \\   \\ \text{COOH} \end{matrix} \text{COOH}$      | Diasorb-130-IDK      |

Dekstran qilingan gellar makro g'ovakli ion-almashuvchi smolalarni eslatadi. Xuddi sellulyoza asosidagi ionitlar kabi yuqori gidrofil xossaga ega. Dekstran gellar sharsimon shaklda ishlab chiqariladi. Ulardagi govak diametrining o'lchami ion-almashuvchi smolalarnikiga nisbatan katta. Shuning uchun ular asosan makromolekulalarni ajratishda gel xromatografiyasida qo'llaniladi.

### Ion-almashuvchi smolalar klassifikatsiyasi

Ion-almashuvchi smolalar klassifikatsiyasi ularning kislota-asos xossalriga asoslangan. To'rt xil ionit turlari mavjud.

Birinchi turiga kuchli asos va kislota xossasiga ega bo'lgan ionitlar kiradi. Bu turdagi kationitlarda (KU-2, sulfoko'mir, amberlit IR-120,

daueks -50 va boshqalar) ionogen guruh sifatida qarama-qarshi ion sifatida vodorod ionini saqlagan sulfoguruh  $-SO^3H$  hisoblanadi.

Birinchi turdagi kationitlar kabi, anionitlarning almashinish sigʻimi eritmaning pH qiymatiga bogʻliq emas. Bu turdagi anionitlarning matritsasida eritmadagi anionlarni osonlik bilan gidroksil guruhlariga almashtiruvchi  $-N$ -guruhlar mavjud. Ularga AV-17, amberlit IRA-400, daueks-1 va boshqalar kiradi.

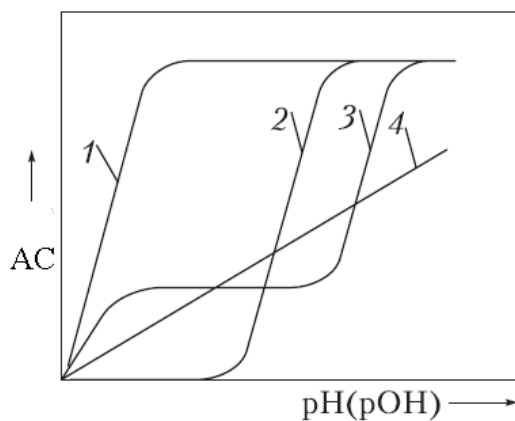
Ikkinchi turdagi ionitlar kuchsiz kislota va asos xossalarini namoyon etadi.

Ikkinchi turdagi kationitlarning almashinish sigʻimi kislotalik muhitda amalda nolga teng. Almashinish sigʻimining qiymati eritmaning pH qiymati oshgan sari ortib, eritma tarkibidagi kationit konsentratsiyasi va uning tabiatiga bogʻliq. Sorbit ionlar sifatida kuchli kislotali muhitda ionlarga ajralmaydigan kuchsiz kislotalarning  $-COOH$  ionlari kiradi. Bunday guruhlarini KB-2, KB-4, ST-1, amberlit IRS-50, vaforit va boshqa ionitlar saqlaydi.

Kuchsiz anionitlarda sorbit guruhlar sifatida  $-NH_3OH, =NH_2OH, =NHOH$  guruhlar ishtirok etadi. Ularning almashinish sigʻimi eritmaning pH qiymatiga bogʻliq. Ikkinchi tur anionitlariga EDE-10P, AN-2F, FN-1, amberlit IR-4B va boshqalar kiradi.

Uchinchi tur ionitlariga kuchli va kuchsiz kislota yoki kuchli va kuchsiz asos aralashmasi xossasini nomayon etadigan ionitlar kiradi. Ularning matritsasida bir vaqtning oʻzida kuchli va kuchsiz kislotali yoki kuchli va kuchsiz asos xossasini nomayon etadigan guruhlar mavjud.

Toʻrtinchi tur ionitlarga xos boʻlgan xususiyat – pH yoki pOH qiymatining koʻtarilishi bilan hajmiy almashinish sigʻimining oshib borishi ( 19 - rasm). Ularning matritsa tarkibida kuchlilik darajasi har xil boʻlgan kislota yoki asoslar qoldiqlari boʻladi. Bunday ionitlarga loy, tuproq yoki baʼzi bir minerallar misol boʻla oladi.



19-rasm. Eritma almashinish sig'iminin eritmaning  $pH$  yoki  $pOH$  qiymatiga bog'liqligi  
1- 1 tur ionitlar; 2- 2 tur ionitlar; 3- 3 tur ionitlar; 4- 4 tur ionitlar

Statik sharoitlarda ( ionit shimdiriladigan eritma bilan chayqaladi) hisoblab chiqilgan almashinish sig'imga statik almashinish sig'imi (SAS) deyiladi. Dinamik sharoitlar ( ionit orqali shimdiriladigan eritma oqimi o'tkaziladi) hisoblab chiqilgan almashinish sig'imga dinamik almashinish sig'imi (DAS) deyiladi. DAS qiymati kolonkadan birinchi bo'lib sizib chiqayotgan shimdirilayotgan ionni aniqlash bilan topiladi.

Ion-almashuvchi ionitlarning yuqori xossalarini sobit ionlarning turi va sonini o'zgartirib yoki bo'lmasa matritsa tuzilishini o'zgartirib amalga oshirish mumkin. Ionitlarni nomlashda umumiy holatlarni ko'rish mumkin: K –kationit, A – anionit, KF – fosforli kationit va hokazo.

Ba'zi bir ionitlarning nomlari ularni sintez qilishda ishlatilgan boshlangich moddalar nomidan kelib chiqqan. Masalan: SDV (St-DVB)-stiroil va divinilbenzol, yoki EDE –etilendiamin va epixlorgidrin. 3 - jadvalda ion-almashinish xromatografiyasida qo'llanilayotgan ba'zi ionitlarning xossalari keltirilgan.

3-jadval

Ba'zi ionitlarning xususiyatlari

| Sorbent        | Asos      | Funksional guruh |
|----------------|-----------|------------------|
| Adsorbosfer AX | Silikagel | Sulfoguruh       |
| Adsorbosfer SX | Silikagel | Ammoniy guruhi   |

|                  |           |                    |
|------------------|-----------|--------------------|
| Alteks OA-100    | St-DVB    | Sulfoguruh         |
| Ionopak          | St-DVB    | Sulfoguruh         |
| Nukleosil A      | Silikagel | Sulfoguruh         |
| Nukleosil V      | Silikagel | Ammoniy guruhi     |
| Nukleosil 11     | Silikagel | Dimetilamino guruh |
| Sinxropak SM-300 | Silikagel | Karboksi kislota   |
| Sferisorb AX     | Silikagel | Ammoniy guruhi     |

### Harakatli fazalar

Ion-almashinish xromatografiyasida harakatli faza sifatida asosan suv ishlatiladi. Suvda ionogen guruhlar gidratlanadi va ionlarga dissotsiyanlanadi. Harakatli fazaning erituvchanlik xossasi eritmaning pH qiymatiga, ion kuchiga, ishlatilgan bufer eritmaning tabiatiga va organik erituvchilarning borligiga bogʻliq.

Harakatli faza suvga organik erituvchilarning (metanol, etanol, atsetonitril, dioksan) qoʻshilishi xuddi suyuqlik xromatografiyasidek taʼsir etadi: dissotsiatsiya darajasi ortadi, komponentlarning tutilishi pasayadi. Kam qutbli erituvchilar uchun kamroq samara beradi. Organik erituvchilarning qoʻshilishi xromatografik jarayonning selektivligiga ham taʼsir etadi.

Kuchli asosli yoki kuchli kislotali ionitlar bilan pHning 2-12 qiymatlarida, kuchsiz asosli ionitlarda pHning 2-6 qiymatlarida, kuchsiz kislotali ionitlarda esa pH ning 5-12 qiymatlarida tajribalar olib boriladi. Kuchsiz kislota va kuchsiz asoslarni ajratishda harakatli fazaning pH qiymati quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$pH = pK_a + 1,5 \text{ (kuchsiz kislotalar)}$$

$$pH = pK_{BH^+} - 1,5 \text{ (kuchsiz asoslar)}$$

Harakatli faza sifatida suvdan tashqari bufer eritmalar (atsetatli, boratli, gidrokarbonatli, fosfatli); mineral (nitrat, sulfat, xlorid, fosfat) va

organik karbon kislotalar (vino, limon, sut, oksalat) eritmalari ham ishlatiladi.

### **Ion xromatografiya**

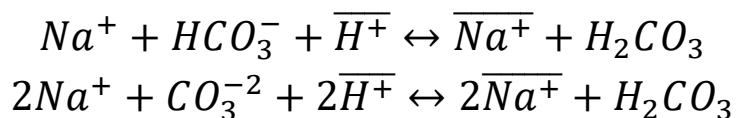
*Ion xromatografiya* – ion–almashinish xromatografiyasining yuqori samarador usulidir. Yuqori samaradorlik maxsus ishlab chiqilgan kam ajratish sig‘imiga va o‘lchamiga ega bo‘lgan sorbentlar va yuqori samarali detektorlarni qo‘llash hisobidan amalga oshadi. Detektorlar sifatida universal (konduktometrik), maxsus selektiv elektrokimyoviy (kulonometrik, polyarografik va boshqalar) va optik (spektrofotometrik, lyuminissensiyali) qo‘llaniladi. Ko‘pchilik holatlarda asosan konduktometrik detektorlar ishlatiladi.

Sorbent sifatida shisha yoki g‘ovak ion-almashuvchi qatlami bilan qoplangan polimer zarrachalar ishlatiladi. Ion xromatografiyasida asosan: ikki va bir kolonkali usul qo‘llaniladi.

Ion-xromatografiyada elyuent tarkibida elektrolitlar bo‘lganligi va shu sababdan uning o‘zining qo‘shimcha elektr o‘tkazuvchanligi namoyon bo‘lganligi sabab detektor sifatida konduktometrlarni qo‘llash ko‘p xatoliklarga olib keladi. Shuning uchun ikki kolonkali usul ishlatilib, birinchi kolonka ajratuvchi, ikkinchi kolonka esa kompensatsion (bosib turuvchi) vazifasini bajaradi.

Anionlarni aniqlashda kation-almashuvchi ionitning  $H^+$  bilan to‘ldirilgan kompensatsion kolonka ajratuvchi kolonkadan keyin turadi. Harakatli faza sifatida kuchsiz kislota tuzlarining, masalan,  $NaHCO_3$ ,  $Na_2CO_3$  eritmalari ishlatiladi.

Birinchi ajratuvchi kolonkadan chiqib kelayotgan harakatli faza ionlari kation-almashuvchi ionitning ionlari bilan almashinadi.

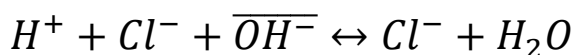


— - ionning ionit fazasida to‘rganligini ko‘rsatadi.

Harakatli fazaning ionlari ion-almashinish reaksiyasi natijasida kam dissotsiatsiyalanadigan karbonat kislota molekulalariga aylanadi.

Eritmaning elektr o'tkazuvchanligi amalda o'zgarmaydi. Shuning uchun ham kompensatsion kolonkaning analitik signalga ta'siri bo'lmaydi.

Kationlarni aniqlashda kompensatsion kolonka anion-almashuvchining  $OH^-$  formasi bilan to'ldiriladi, ajratuvchi birinchi kolonka esa kation-almashuvchi ionit bilan to'ldiriladi. Harakatli faza sifatida xlorid kislota suvli eritmasi ishlatilishi mumkin. Kompensatsion kolonkada quyidagi reaksiya amalga oshadi:



Bunda ham elektr o'tkazuvchanlik faqat namuna tarkibidagi aniqlanayotgan ionlar hisobidan yuzaga keladi, chunki harakatli faza ionlari kam dissotsiyanuvchi suv molekularini hosil qiladi.

Bir kolonkali ion-xromatografiyasi variantida moddalarning topilish chegarasi ikki kolonkaligiga ko'ra odatda yuqoriroq.

Ko'pchilik kompensatsion kolonkalarining ekspluatatsion xizmat qilish vaqtining kamligi sababli, xizmat vaqtini uzaytirish uchun ishlash jarayonida regeneratsiya bo'ladigan membranali susaytiruvchilar qo'llaniladi.

Agar elyuentning elektro'tkazuvchanligi past bo'lsa, almashinish xususiyati kam bo'lgan ionalmashuvchi bilan to'ldirilgan bir kolonkali usulni qo'llash mumkin. Bir kolonkali anion-almashuvchi xromatografiya usulida elyuent sifatida kuchsiz organik kislotalarning (benzoy, ftal, salitsil) kam elektr o'tkazuvchi eritmaları ishlatiladi. Namuna tarkibidagi aniqlanayotgan ionlarning (xlorid, nitrat) elektro'tkazuvchanligi elyuent elektro'tkazuvchanligidan ancha yuqori bo'lganligi uchun kerakli xromatografik cho'qqilar hosil bo'ladi. Agar elyuent sifatida ishqorish metall tuzlari eritmaları ishlatilsa, gidroksid ionnning boshqa ionga almashinishi hisobiga elektr o'tkazuvchanlik pasayib, manfiy xromatogrammlar hosil bo'ladi.

Bir kolonkali kation-almashinish xromatografiyasida elyuent sifatida xlorid va nitrat kislota eritmaları qo'llaniladi. Harakatchan vodorod ionlarining o'rniga boshqa ionlarning paydo bo'lishi ham manfiy xromatogrammlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladi.



Ion-xromatografiyada ishlatiladigan sorbentlarning ko'pchiligi silikagel yoki stirol va divinil benzol asosida tayyorlangan polimer qoplangan matritsadan iboratdir (4-jadval).

4-jadval

*Ion-xromatografiyasida ishlatiladigan ba'zi sorbentlar*

| Sorbent        | Asos      | Ajraladigan ionlar          |
|----------------|-----------|-----------------------------|
| Alteks IC-1000 | ASt       | Anionlar                    |
| Alteks IC-5000 | PSt       | Kationlar                   |
| Veskan A       | Silikagel | Organik va noorganik ionlar |
| Veskan VM      | St-DMB    | Organik va noorganik ionlar |
| Vidak 300 IC   | Silikagel | Anionlar                    |
| Vidak 400 IC   | Silikagel | Kationlar                   |
| Xamilton       | St-DMB    | Anionlar                    |

St –akrilostirol PSt – polistirol

Ion-xromatografiyasining eng asosiy yutuqlaridan biri, boshqa xromatografik usullar bilan aniqlashning iloji bo'lmagan, suvda yaxshi erib, osonlik bilan ionlarga aylanadigan organik birikmalar (kislotalar, aminlar va boshqalar) ni bir-biridan ajratib, miqdor va sifat analizini o'tkazishdir.

**Ion-juft xromatografiyasi.**

Ion-juft xromatografiyasida silikagelga  $S_8$ - $S_{18}$  alkil radikallari ulangan moddalar sorbent sifatida ishlatiladi. Ionlarga ajralgan moddalar namuna komponentlari qutbli erituvchilarda yaxshi erib, kolonkadan o'tayotgan paytda silikagelning modifikatsiya qilingan qutbsiz yuzasida yomon ushlanib, bir-biridan ajraladi.

Qutbsiz harakatsiz fazani modifikatsiya qilish uchun harakatli fazaga ion-juft modda (alkilamin, alkilsulfonat, alkilsulfat va boshqa ionogen sirt aktiv moddalar) kiritiladi. Ion-juft reagent asosan organik

qismdan iborat bo'lganligi uchun, qutbsiz harakatsiz fazada (alkillangan silikagel) yaxshi yutiladi. Shunday modifikatsiyadan keyin sorbent yuzasi ion-almashuvchi moddaga aylanadi.

Ion-juft reagentning tabiatiga qarab, modifikatsiya qilingan sorbent kation-almashuvchi yoki anion-almashuvchi sorbentga aylanadi. Masalan: perxlorat va alkilsulfat  $RSO_4^-$  ionlari bilan modifikatsiya qilingan sorbent kation-almashuvchi sorbent bo'ladi. Harakatli fazaga tetrabutylammoniy gidrosulfat kiritilishi harakatsiz fazani anion-almashuvchiga aylantiradi. Ushbu sorbent yordamida sianid anioni sifatida qaralgan kumush, mis, nikel, kobalt, oltin ionlarini bir-biridan ajratish mumkin.

Ionli birikmalar ajralishining boshqa mexanizmlari ham ma'lum. Agar ajralayotgan komponentlar ion-juft reagent bilan ion assotsiatlari hosil qilsa, silikagel yuzasida qanday qonuniyatlar bilan tutilgan bo'lsa, xuddi shunday ajralishlar yuzaga keladi.

### **Ligand- almashinish xromatografiyasi**

1961 yili F. Gelferix diamin ajratib olish uchun ligand-almashinish xromatografiya usulini taklif etdi. Ion-almashuvchi va mis ammiakatining to'yingan eritmasi bilan to'ldirilgan kolonka orqali diaminnning aniqlanayotgan eritmasi o'tkazildi. Bunda diaminning bitta molekulasini ikki molekula ammiak molekulasini siqib chiqaradi. Keyin kolonkani ammiakning to'yingan eritmasi bilan yuvilganda, kolonkadan toza diaminni siqib chiqarish mumkin.

Ligand-almashinish xromatografiyasida harakatli va harakatsiz fazalar kompleks hosil qiluvchi metallarni saqlashi mumkin. Metall ionini mustahkam ushlab turuvchi ion-almashtiruvchi tanlab olinadi. Bunday holatda moddalarning bir-biridan ajratishning eng asosiy talablari : kompleks hosil qilish konstantalarining va moddalarning harakatli va harakatsiz fazalar o'rtasidagi taqsimlanish ko'effitsiyentlarining bir-biridan farq qilishidir. Ligand sifatida kompleks hosil qiluvchi ion bilan koordinatsion bog' hosil qiluvchi molekula yoki anion bo'lishi mumkin.

Asosan ajratuvchi agent sifatida ko‘pchilik hollarda mis (II), rux va nikelning L-prolin, L-gidrooksiprolin yoki L-fenil-alanin hamda kadmiy, simob (II) va kumush (I) ning ligandlari qo‘llaniladi.

Ligand-almashuvchi xromatografiya asosan aminokislotalarning atsemik aralashmalarini ajratishda katta samara beradi. Bu ajratishda ion-almashinish, ion-juft va teskari-fazali variantlari bo‘lishi mumkin.

Ligand-almashuvchi xromatografiyada sorbent sifatida organik va noorganik sorbentlar hamda organik va noorganik moddalar kombinatsiyalari ( alkil radikallari bilan modifikatsiya qilingan silikagel) qo‘llaniladi. Harakatli faza sifatida atsetonitrilning ammiak yoki piridin bilan aralashmasi qo‘llaniladi. Ba’zi bir hollarda harakatli fazaga kompleks hosil qiluvchi metall tuzlari qo‘shiladi. Masalan, aminokislotalarni sulfolangan polistirolida ajratishda harakatli faza sifatida rux ionlari qo‘shilgan pH qiymati 4,1 bo‘lgan bufer eritmalar ishlatiladi.

Ligand-almashuvchi xromatografiyasi aminokislotalarni, peptidlarni, fenollarni, nitrofenollarni aniqlashda ishlatiladi.

### **Ion-xromatografiyasi mavzusi bo‘yicha masalalar yechish usullari**

1- *masala*. 5,0 g kationit saqlagan kolonka orqali 250,0 ml 0,050 M  $ZnSO_4$  eritmasi o‘tkazildi. Kolonkadan chiqayotgan eritmani 50 ml miqdorida bulaklab oldik. Olingan har bir 50 ml bulakdagi rux ionlarining miqdorini aniqladik. Tajribalar asosida quyidagi konsentratsiyalarga (mol/l) ega bo‘ldik: 1 – 0,008; 2 – 0,029; 3 – 0,038; 4 – 0,050; 5 – 0,050.

Kationitning to‘liq dinamik sig‘imini (mmol/g) aniqlang.

*Yechish*.1. Kationit tomonidan har bir bulakdagi yutilgan rux kationining ekvivalent miqdorini hisoblaymiz:

$$\frac{0,050 - 0,0080) \cdot 2 \cdot 50 \cdot 1000}{1000} = 4,20 \text{ mmol}(1/2 Zn^{2+});$$

$$\frac{0,050 - 0,029) \cdot 2 \cdot 50 \cdot 1000}{1000} = 2,10 \text{ mmol}(1/2 Zn^{2+});$$

$$\frac{0,050 - 0,038) \cdot 2 \cdot 50 \cdot 1000}{1000} = 1,20 \text{ mmol}(1/2 \text{ Zn}^{2+});$$

Umuman 5 eritmadan jami  $4,20 + 2,10 + 1,20 = 7,50 \text{ mmol } (1/2 \text{ Zn}^{2+})$  yutilgan.

Bundan kationitning to'liq dinamik sig'imi quyidagiga teng:

$$K = 7,50/5 = 1,50 \text{ mmol/g } (1/2 \text{ Zn}^{2+}).$$

2-masala. Kationitning  $H^+$  – formasi orqali 20.00 ml  $KCl$  eritmasi o'tkazildi. Elyuatni titrlashga 15.00 ml 0.1 M  $NaOH$  eritmasi sarf bo'ldi.  $KCl$  ning boshlang'ich eritmadagi konsentratsiyasini aniqlang.

*Yechish.* Kationitning  $H^+$  – formasi orqali  $KCl$  eritmasi o'tkazilganda ( $RH + KCl \rightarrow RK + HCl$ ) reaksiyasi natijasida elyuatda xlorid kislota hosil bo'ladi, uning miqdori tuzning miqdoriga ekvivalent

$(C_H \cdot V)_{HCl} = (C_H \cdot V)_{KCl}$  . Kislotani ishqor eritmasi bilan titrlaganda:

$$(C_H \cdot V)_{HCl} = (C_H \cdot V)_{NaOH} \text{ yoki } (C_H \cdot V)_{KCl} = (C_H \cdot V)_{NaOH}$$

Unda,  $KCl$  ning boshlang'ich eritmadagi massasini hisoblaymiz:

$$m(KCl) = (C_H \cdot V)_{NaOH} \cdot M_E(KCl) = 15 \cdot 0,1 \cdot 74,5 =$$

$$118,8 \text{ mg} = 0,1188 \text{ g}$$

$$M_E(KCl) = 74,5 \text{ g/mol} \cdot \text{ekv}$$

3-masala. 5 g kationitning  $H^+$  – formasi orqali 200.0 ml 0.1 n  $CoCl_2$  eritmasi o'tkazilganda, eritmada qolgan  $Co^{2+}$  ning massasini aniqlang. Kationitning to'liq dinamik almashinish hajmi 1.60 mg ekv/g ga teng.

*Yechish.1.* Kationit orqali  $Co^{2+}$  – ionlarining o'tgan millimol ekvivalent miqdorini aniqlaymiz:

$$n_1 = (C_H \cdot V)_{Co^{2+}} = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ (mg ekv)}.$$

5 g kationit tomonidan almashingan  $Co^{2+}$  –ionlarining millimol ekvivalent miqdorini aniqlaymiz:

$$DAS = \frac{n}{m(\text{ionit}^-)} \left( \frac{\text{mg ekv}}{g} \right); n_2 = 1,6 \cdot 5 = 8 \text{ (mekv)}$$

Eritmada qolgan  $Co^{2+}$  – ionlarining millimol ekvivalent miqdori:

$$n_3 = n_1 - n_2 = 20 - 8 = 12 \text{ (mg ekv)}$$

Eritmada qolgan  $Co^{2+}$  – ionlarining massasi:

$$m(Co^{2+}) = n_3 \cdot M_E(Co^{2+}) = 12 \cdot 29,47 = 353,60 \text{ mg} \\ = 0,3536 \text{ g.}$$

$$M_E(Co^{2+}) = M(Co^{2+}) \cdot f_{ekv} \\ = 58,93 \cdot 1/2 = 29,47 \text{ (g/mol} \cdot \text{ekv)}.$$

4- *masala*. Kationing to‘liq dinamik almashinish sig‘imini aniqlash uchun 5 g kationitning  $H^+$  – formasi orqali 350 ml 0.05 n  $CaCl_2$  eritmasi o‘tkazildi. Elyuatdagi har bir 50 ml hajmdagi bulaklardagi  $Ca^{2+}$  konsentratsiyasining quyidagi qiymatlari olindi: 0.0030; 0.0080; 0.0150; 0.0250; 0.0400; 0.0500 va 0.0500 mol·ekv/l. Kationitning kalsiy bo‘yicha TDAS toping.

*Yechish.* 1. Kationit orqali o‘tgan  $Ca^{2+}$  – ionlarining ekvivalent miqdorini topamiz (millimol):  $n_1 = (C_H \cdot V)_{Ca^{2+}} = 350 \cdot 0,05 = 17,50 \text{ (mg ekv)}$

2. Elyuat tarkibidagi  $Ca^{2+}$  – ionlarining ekvivalent miqdorini topamiz(millimol):

$$n_2 = \sum_{i=1}^n (C_H \cdot V)_i$$

$$n_2 = 0,003 \cdot 50 + 0,008 \cdot 50 + 0,015 \cdot 50 + 0,025 \cdot 50 + 0,04 \cdot 50 \\ + 0,05 \cdot 50 = 10,90 \text{ (mg ekv)}$$

3. Kationit tomonidan almashingan  $Ca^{2+}$  – ionlarining ekvivalent miqdorini topamiz(millimol):

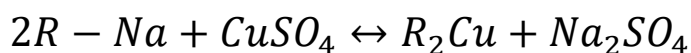
$$n_3 = n_1 - n_2 = 17,50 - 10,90 = 6,6 \text{ (mekv)}$$

1. Kationitning to‘liq almashinish sig‘imi:

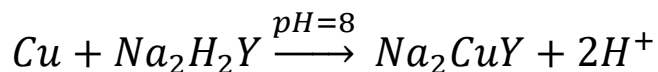
$$TDAS = \frac{n_3}{m(ionit)} = \frac{6,60}{5} = 1,32 \text{ (mek v/g)}.$$

5-*masala*. 0,5 g  $Na^+$  formaga o‘tkazilgan kationit ustiga 100 ml 0,05 n  $CuSO_4$  eritmasi qo‘shildi. Muvozanat o‘rnatilgandan so‘ng, eritmadan 10 ml alikvot qism olinib titrlanganda 5,00 ml 0,012 n Trilon B eritmasi sarf bo‘ldi. Kationitning almashinish hajmini aniqlang.

*Yechish.*  $CuSO_4$  eritmasi kationit bilan quyidagi reaksiya orqali ta’sirlashadi:



Trilon B eritmasi bilan reaksiya tugagandan keyin reaksiyaga kirishmay qolgan mis ionlari ta'sirlashadi.



Boshlang'ich eritma tarkibidagi mis tuzining umumiy mollar sonini aniqlaymiz:

$$n_{Cu^{2+}}^{nat} = \frac{C_{(Cu^{2+})} \cdot U_{(Cu^{2+})}}{1000} = 0,05 \cdot 0,1 = 5,0 \text{ mmol}$$

Trilon B bilan ta'sirlashgan 10 ml alikvot qismdagi mis tuzining mol miqlorini topamiz:

$$\begin{aligned} n(Cu^{2+}) &= n(ETDA) = C(ETDA) \cdot V(ETDA) = 0,012 \cdot 0,005 \\ &= 0,06 \cdot 10^{-3} \text{ mmol} = 0,06 \text{ mol} \end{aligned}$$

Reaksiyaga kirishmay qolgan mis tuzining mol miqdorini topamiz:

$$n_{Cu^{2+}} = n_{Cu^{2+}} \cdot \frac{100}{10} = 0,06 \cdot 10 = 0,6 \text{ mmol}$$

Ion-almashinish reaksiyasiga kirishgan mis tuzining miqdorini topamiz:

$$n_{Cu^{2+}}^{bosh} = n_{Cu^{2+}} - n_{Cu^{2+}}^{qolg} = 5,0 - 0,6 = 4,4 \text{ mol}$$

Kationitning almashinish sig'imini hisoblaymiz:

$$AS = 4,4 \cdot 1/0,5 = 8,8 \text{ mmol/gramm}$$

6-masala. Tarkibida 12,0% namlik bo'lgan  $H^+$  formaga o'tkazilgan 2,5 gramm kationitga 100 ml 0,1 n kalsiy xlorid eritmasi qo'shildi. Muvozanat qaror topgandan so'ng, 25 ml alikvot qism titrlanganda 0,1 n  $NaOH$  eritmasidan 13,00 ml (tuzatish koeffitsiyenti 0,97) sarf bo'ldi. Kationitning almashinish sig'imini aniqlang.

$$m_{quruq} = \frac{m \cdot (100 - W)}{100}$$

$$m_{quruq} = \frac{2,5000 \cdot (100 - 12)}{100} = 2,200 \text{ g};$$

$CuCl_2$  eritmada kationit bilan quyidagi ion-almashinish jarayonida ishtirok etadi:



Reaksiyaga amalda kirishgan kalsiy ionlari miqdorini topamiz:

$$n_{Ca^{2+}}^{kirish} = \frac{C_{(NaOH)} \cdot V \cdot 100}{25} = \frac{0,09700 \cdot 13 \cdot 100}{25} = 5,044 \text{ mol}$$

Kationitning almashinish sig'imini hisoblaymiz:

$$AC = 5,044 \cdot 1 / 2,2 = 2,29 \text{ mmol/gramm.}$$

### Ion almashinish xromatografiyasi bo'yicha mustaqil masalalar yechish

1- *masala*. Ion almashinish xromatografiyasi usulida eritma tarkibidagi tuz konsentrasiyasini aniqlash uchun aniqlanadigan eritmaning alikvot qismi  $V_{(x)}$   $H^+$  formaga o'tgan kationning KU-2 orqali o'tkaziladi. Xromatografik kolonka keyinchalik suv bilan yuvilib, hosil bo'lgan elyuent konsentrasiyasi aniq bo'lgan  $C_{(NaOH)}$  eritmasi bilan bilan titrlanadi  $V_{(NaOH)}$ . Tajribada olingan natijalar jadvalda keltirilgan.

| Variant | Tuz eritmasi | $V_{(x)}, ml$ | $C_{(NaOH)}, mol/l$ | $V_{(NaOH)}, ml$ |
|---------|--------------|---------------|---------------------|------------------|
| A       | $CaCl_2$     | 10.00         | 0.1022              | 10.05            |
| B       | $AlCl_3$     | 10.00         | 0.1005              | 16.35            |
| V       | $CuSO_4$     | 10.00         | 0.1000              | 11.95            |
| G       | $NiSO_4$     | 5.00          | 0.1204              | 15.20            |
| D       | $ZnSO_4$     | 5.00          | 0.1155              | 12.45            |

Jadvalda keltirilgan qiymatlar asosida har bir tuzning titrini hisoblang.

2-*masala*. Namuna tarkibidagi  $Na^+$  ionini aniqlash uchun kationit KU-2 ning  $H^+$  formasi qo'llaniladi. m massaga ega bo'lgan namuna  $V_k$  hajmga ega bo'lgan o'lchov kolbasiga eritildi. Undan alikvot qism ( $V_A$ ) olinib xromatografik kolonkadan o'tkazildi. Kolonka distillangan suv

bilan yuvildi, hosil bo'lgan elyuent konsentratsiyasi aniq ( $C_{(NaOH)}$ ) bo'lgan eritmasi bilan titrlandi ( $V_{(NaOH)}$ ).

Tajribada olingan natijalar jadvalda keltirilgan.

| Vari-<br>ant | Tuz namunasi            | m, g   | $V_{kolba}(X)$ ,<br>ml | $V_{alikkvot}(X)$ ,<br>ml | $(C_{(NaOH)})$<br>mol/l | $V_{(NaOH)}$ ,<br>ml |
|--------------|-------------------------|--------|------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|
| A            | $NaCl$                  | 1,0004 | 100                    | 10.0                      | 0.1002                  | 17.08                |
| B            | $NaBr$                  | 1,1015 | 100                    | 10.00                     | 0.09500                 | 11.27                |
| V            | $NaNO_3$                | 0.9598 | 100                    | 10.00                     | 0.1124                  | 10.05                |
| G            | $Na_2SO_4$              | 1.6888 | 50                     | 5.00                      | 0.09802                 | 12.12                |
| D            | $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ | 2.2600 | 50                     | 10.00                     | 0.1035                  | 13.57                |

Jadvalda keltirilgan qiymatlar asosida har bir tuzning tarkibidagi  $Na^+$  ionining miqdorini aniqlang.

3-masala. Laboratoriyada kumush nitrat eritmasining standart eritmasi yo'qligi uchun, galogenlarni aniqlashda anionit AB-17 ning  $OH^-$  formasi ishlatiladi.

Aniqlanadigan galogen eritmasining alikvot qismi  $V_{(x)}$  xromatografik kolonkadan o'tkazilib distillangan suv bilan yuviladi. Hosil bo'lgan elyuent konsentratsiyasi aniq bo'lgan  $C_{(HCl)}$  bilan titrlandi  $V_{(HCl)}$ .

Tajribada olingan natijalar jadvalda keltirilgan.

| Variant | Galogenid-<br>ion | $V_{alikkvot}$ , ml | $C_{(HCl)}$ , mol/l | $V_{(HCl)}$ , ml |
|---------|-------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| A       | $Cl^-$            | 10.00               | 0.09045             | 12.34            |
| B       | $Cl^-$            | 5.00                | 0.08710             | 8.05             |
| V       | $Cl^-$            | 5.00                | 0.1100              | 9.00             |
| G       | $Br^-$            | 10.00               | 0.1044              | 14.95            |
| D       | $Br^-$            | 5.00                | 0.09315             | 10.22            |



Jadvalda keltirilgan qiymatlar asosida har bir namuna tarkibidagi galogenlarning titrini aniqlang.

4-masala.  $Cu^{+2}$  ionini  $Fe^{+3}$  ionidan ajratish uchun  $H^+$  formaga o'tkazilgan kationit KU-2 dan foydalandik.

Tarkibida  $Cu^{+2}$  va  $Fe^{+3}$  ionlari mavjud bo'lgan eritmaga sulfosalistil kislota ( $H^3L$ ) va  $NH_3$  qo'shildi. Bunda eritma tarkibidagi  $Cu^{+2}$  ionlari  $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$  shakliga o'tdi.  $Fe^{+3}$  ionlari  $[FeL_3]^{-6}$  kation yutadigan anion tarkibiga o'tdi.  $[FeL_3]^{-6}$  anioni kationitda yutilmaydi.

Hosil bo'lgan eritma kationit bilan to'ldirilgan kolonka orqali o'tkazildi.  $Fe^{+3}$  ionini to'la o'tkazish uchun kolonka sulfosalistil kislota va ammiak eritmasi bilan yuvildi. Yutilgan mis ionlarini kolonkadan chiqarish uchun xlorid kislota eritmasi bilan yuvildi. Olingan elyuentning hajmi  $V_k$  o'lchov kolbasiga yig'ib olindi.

Mis ionlarining miqdorini aniqlash uchun bilvosita yodometrik titrlash usuli qo'llanildi. Bunda mis eritmasining alikvot qismini  $V_A(Cu)$  titrlashga konsentratsiyasi aniq bo'lgan  $C_{(Na_2S_2O_3)}$  eritmadan  $V_{(Na_2S_2O_3)}$  hajm sarflandi. Titrlashda ishlatilgan reaksiyalar tenglamalarini yozing.

Tajribada olingan natijalar jadvalda keltirilgan.

| Variant | $V_{kolba(Cu)},$<br>ml | $V_{alivkot(Cu)},$<br>ml | $C_{(Na_2S_2O_3)},$<br>mol/l | $V_{(Na_2S_2O_3)},$<br>ml |
|---------|------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|
| A       | 50                     | 10.00                    | 0.03041                      | 6.70                      |
| B       | 100                    | 25.00                    | 0.04031                      | 5.42                      |
| V       | 100                    | 25.00                    | 0.03525                      | 7.35                      |
| G       | 50                     | 10.00                    | 0.03474                      | 5.20                      |
| D       | 100                    | 25.00                    | 0.04100                      | 6.15                      |

Jadvalda keltirilgan qiymatlar asosida namuna tarkibidagi  $Cu^{+2}$  ionlari miqdorini hisoblab toping.

5-masala. 5 g kationit saqlagan kolonka orqali 250,0 ml 0,05 M  $ZnSO_4$  eritmasi o'tkazildi. Kolonkadan chiqayotgan eritmani hajmi 50 ml bo'lgan porsiyalar sifatida yig'ildi. Har qaysi porsiyada ruxning miqdorini aniqlaganda quyidagi natijalar olindi: mol·ekv/l: 1 –

0,016; 2– 0,058; 3 – 0,076; 4 – 0,100; 5 – 0,100. Kationitning to‘liq dinamik hajmiy almashinish sig‘imini toping.

*Javob:* 1.50 mg•ekv/l.

6-masala. 100,0 ml hajmli namunadan 10,00 ml kationitning  $H^+$  – formasi bilan to‘ldirilgan xromatografik kolonkadan o‘tkazildi. Agar eleyuatni titrlash konsentratsiyasi 0,56 g/ml bo‘lgan 10,0 ml  $KOH$  eritmasi sarf bo‘lgan bo‘lsa, boshlang‘ich eritmada qaysi tuz ( $NaCl$  yoki  $KCl$ ) bo‘lganligini aniqlang. Boshlang‘ich eritmada 74,5 g tuz bo‘lgan.

7-masala. 5 g kationit saqlagan  $H^+$  formadagi kolonka orqali 200,0 ml 2,35 gramm texnik mis kuporosi saqlagan eritma o‘tkazildi. Kolonkadan chiqayotgan eritmaning hajmidan 50 ml bo‘lgan porsiya olinib, uni neytraliash uchun 0,092 M  $KOH$  eritmasi sarf bo‘ldi. Eritilgan mis kuporosi tarkibidagi misning massa ulushini aniqlang.

*Javob:* 23,63%

8-masala. 10 g kationit saqlagan  $H^+$  formadagi kolonka orqali 500,0 ml titri 0,01399 g/ml bo‘lgan nikel nitrat eritmasi o‘tkazildi. Kationitning to‘liq dinamik almashinish sig‘imi 5,00 mg•ekv/l. Kolonkadan o‘tgan eritma tarkibida qolgan nikelning massasini aniqlang.

9-masala. 10 g kationit saqlagan  $H^+$  formadagi kolonka orqali 250,0 ml 0,08 M mis sulfat eritmasi o‘tkazildi. Kolonkadan chiqayotgan eritmaning hajmi 50 ml bo‘lgan porsiyalar sifatida yig‘ildi va 0,1 n natriy tiosulfat eritmasi bilan titrlandi. Tajribalarda quyidagi natijalar olindi (ml) : 1 – 0; 2– 12,00; 3 – 25,00; 4 – 39,20; 5 – 39,20. Mis bo‘yicha kationitning dinamik almashinish sig‘imini aniqlang.

*Javob:* 2,85 mg•ekv/l.

10-masala. 5 g kationit saqlagan  $H^+$  formadagi kolonka orqali 200,0 ml molyar konsentratsiyasi 0,05 mol/l bo‘lgan  $CoSO_4$  eritmasi o‘tkazildi. Kationitning to‘liq dinamik almashinish sig‘imi 1,6 mg•ekv/l. Kolonkadan o‘tgan eritma tarkibida qolgan kobaltning massasini aniqlang.

*Javob:* 0,3540 g.

11-masala. Tarkibida  $NaNO_3$  tuzi bo'lgan 2,00 gramm namuna 100 ml suvda eritildi. Hosil bo'lgan eritmadan 10 ml olinib,  $H^+$  formadagi kolonka orqali o'tkazildi. Elyuatni to'liq titrlash uchun konsentratsiyasi  $4 \cdot 10^{-3}$  g/ml bo'lgan 15,00 ml hajmdagi  $NaOH$  eritmasi sarf bo'ldi. Namuna tarkibidagi  $NaNO_3$  ning massa ulushini (%) aniqlang.

12-masala. 75 ml 0.05 n  $Ni(NO_3)_2$  eritmasiga 5 g  $H^+$  – formadagi kationit qo'shildi. Muvozanat o'rnatilganda eritmaning konsentratsiyasi 0,008 n gacha kamaydi. Kationitning statik almashinish sig'imini aniqlang.

Javob: 0,63 mg-ekv/l

13-masala. 200 ml hajmdagi kolbadan 20,00 ml  $NaCl$  eritmasini olib, kationit KU-2 ning  $H^+$  – formasidan o'tkazildi. Elyuat 5,00 ml  $NaOH$  ning  $T_{(NaOH/HCl)} = 0,003580$  g/ml eritmasi bilan to'liq titrlandi. Analiz qilingan eritmadagi tuzning massasini aniqlang.

Javob: 0,2869 g.

14- masala. 10 g kationit saqlagan  $H^+$  formadagi kolonka orqali 500,0 ml molyar konsentratsiyasi 0,05 mol/l bo'lgan  $CoSO_4$  eritmasi o'tkazildi. Kationitning to'liq dinamik almashinish sig'imi 1,6 mg•ekv/l. Kolonkadan o'tgan eritma tarkibida qolgan kobaltning massasini aniqlang.

Javob: 1,0030 g

15-masala. Tarkibida  $ZnSO_4$  va turli organik moddalar bo'lgan 2,00 g namuna 100 ml suvda eritildi. Ushbu eritmadan 10 ml olinib,  $H^+$  formadagi kolonka orqali o'tkazildi. Kolonkadan o'tgan elyuatni to'liq titrlash uchun konsentratsiyasi 4,44 mg/ ml bo'lgan 15.00 ml  $NaOH$  ning eritmasi sarf bo'ldi. Namuna tarkibidagi rux ionining massa (%) ulushini aniqlang.

Javob: 27,22%.

16-masala. 75 ml 0.05 M  $NaCl$  eritmasiga  $H^+$  – formadagi kationit qo'shildi. Muvozanat o'rnatilganda eritmaning konsentratsiyasi 0,006 mol/l gacha kamaydi. Kationitning statik almashinish sig'imi 1,65 mg•ekv/l. Eritmaga qancha massada kationit qo'shilgan.

*Javob:* 2,00 g.

17-masala. Tarkibida  $MgCl_2$  bo'lgan 1,50 g namuna 200 ml suvda eritildi. Ushbu eritmadan 20 ml olinib,  $H^+$  formadagi kationit bilan to'ldirilgan xromatografik kolonka orqali o'tkazildi. Kolonkadan o'tgan elyuatni to'liq titrlash uchun konsentratsiyasi 5,6 g/ ml bo'lgan 12,50 ml  $KOH$  ning eritmasi sarf bo'ldi. Namuna tarkibidagi magniy ionining massa (%) ulushini aniqlang.

*Javob:* 10,13 %.

18-masala. 1 l 0.05 M  $CaCl_2$  eritmasi tarkibidagi  $Ca^{2+}$  – ionlarini to'liq almashtirish uchun qancha KU-2 kationiti kerakligini hisoblab chiqing. Kationitning statik almashinish sig'imi 0.05 M  $CaCl_2$  eritmasi bo'yicha 4,5 mg•ekv/l..

*Javob:* 22,22 g.

19-masala. Kationitning  $H^+$  formasi bilan to'ldirilgan xromatografik kolonka orqali 200,0 ml 2,00 gramm  $MgCl_2$  saqlagan eritma o'tkazildi. Kolonkadan chiqayotgan eritmaning hajmidan 20 ml bo'lgan porsiya olinib, uni neytralizatsiya qilish uchun 0,1 M  $KOH$  eritmasidan 15,00 ml sarf bo'ldi.  $MgCl_2$  ning namunadagi massa ulushini (%) aniqlang.

*Javob:* 35,25%.

20-masala. 100 ml KU-2 kationiti bilan to'ldirilgan xromatografik kolonka orqali qattiqligi 12,4 mekv/litr bo'lgan suv o'tkazildi.  $Ca^{2+}$  – ionlarining elyuetda paydo bo'lishigacha o'tgan suvning miqdori 12 litr. Kationitning dinamik almashinish sig'imini aniqlang.

*Javob:* 1,49 mg•ekv/l.

21- masala. Dinamik almashinish sig'imi 1200 mekv/l bo'lgan 100 ml KU-2 kationitning  $H^+$  – formasi orqali qancha hajm 0,07 n  $MgCl_2$  eritmasidan o'tkazish mumkinligini hisoblab chiqing.

*Javob:* 1715 ml.

22- masala. 5 g  $H^+$  – formaga o'tkazilgan kationit saqlagan kolonka orqali 300 ml titri 0,008000 g/ml teng  $CuSO_4$  eritmasi o'tkazildi. Kolonkadan chiqayotgan eritmani hajmi 50 ml bo'lgan porsiyalar yodometrik titrlandi. Birinchi porsiyada mis yo'qligi

aniqlandi. Keyingi porsiyalar uchun 0,02 mol/l konsentratsiyali natriy tiosulfat eritmasidan 5,12 ml; 17,6 ml; 20,00 ml; 26,20 ml va 26,20 ml dan sarflandi. Kationitning to'liq dinamik hajmiy almashinish sig'imini toping

*Javob:* 5,62 mg•ekv/l.

23-masala. 100,0 ml  $\text{CaCl}_2$  eritmasi  $\text{H}^+$ – formaga o'tkazilgan kationit orqali o'tkazildi va konsentratsiyasi 1,12 mg/ml bo'lgan 10,00 ml  $\text{KOH}$  eritmasi bilan to'liq titrlandi. Boshlang'ich eritma tarkibidagi tuzning massasini toping.

*Javob:* 0,0111 gramm.

24-masala. 10 g  $\text{H}^+$  – formaga o'tkazilgan kationit saqlagan kolonka orqali 500 ml titri 0,01399 g/ml teng  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  eritmasi o'tkazildi. Kationitning to'liq dinamik almashinish sig'imi 5,00 mg•ekv/l. grammga teng. Kolonkadan o'tgan eritma tarkibida qancha nikel qolganini aniqlang.

*Javob:* 0,7792 g.

25-masala. Konsentratsiyasi 1 mg/ml bo'lgan 50 ml  $\text{CaCl}_2$  bo'lgan eritmaga  $\text{H}^+$ – formadagi 1 gramm kationit qo'shildi. Muvozanat o'rnatilgandan keyin 25 ml hajmdagi eritma tarkibidagi kalsiyni titrlash uchun 0,01 n 13,60 ml Trilon B eritmasi sarf bo'ldi. Kationitning statik almashinish sig'imini aniqlang.

*Javob:* 0,63 mg•ekv/g.

26-masala. 10 g  $\text{H}^+$  – formaga o'tkazilgan kationit saqlagan kolonka orqali 300 ml 0,1 M  $\text{CoSO}_4$  eritmasi o'tkazildi. Kationitning to'liq dinamik almashinish sig'imi 1,6 0 mekv/grammga teng. Kolonkadan o'tgan eritma tarkibida qancha kobalt qolganini aniqlang.

*Javob:* 1,2967.

27 –masala. 5 g kationit saqlagan  $\text{H}^+$  formadagi kolonka orqali 500,0 ml 0,05 M  $\text{CaCl}_2$  eritmasi o'tkazildi. Kolonkadan chiqayotgan eritmani hajmi 50 ml bo'lgan porsiyalar sifatida yig'ildi va  $\text{CaCl}_2$  ning quyidagi konsentratsiyalari eritmaları olindi: 0,003; 0,008; 0,015; 0,025; 0,040; 0,050 va 0,050 mol/l. Kationitning dinamik almashinish sig'imini aniqlang.

*Javob:* 6,18 mg•ekv/l.

28-masala. 100,0 ml hajmli namunadan 10,00 ml kationitning  $H^+$  – formasi bilan to‘ldirilgan xromatografik kolonkadan o‘tkazildi. Agar eleyuatni titrlash uchun 8,50 ml  $NaOH$  xlorid kislotaga nisbatan titri 0,003650 g/ml bo‘lgan eritmasi sarf bo‘lgan bo‘lsa, boshlang‘ich eritmada qaysi tuz ( $KCl$  yoki  $KNO_3$ ) bo‘lganligini aniqlang. Boshlang‘ich eritmada 0,6330 g tuz bo‘lgan.

*Javob:*  $KNO_3$

29-masala. 500 ml titri 0,008500 g/ml bo‘lgan  $NaNO_3$  eritmasidagi anionni to‘liq almashtirish uchun kerak bo‘ladigan  $Cl^-$  – formasida o‘tkazilgan AV-17 anionitining massasini aniqlang. Anionitning statik almashinish sig‘imi 5 mg•ekv/grammni tashkil etadi.

*Javob:* 10 gramm.

30-masala. Dinamik almashinish sig‘imi 1,2 mev/gramm bo‘lgan,  $H^+$  – formadagi bo‘kkan 100 ml KU-2 kationiti orqali qancha hajm 0,5 M  $NaNO_3$  эритмасини o‘tkazish mumkin.

*Javob:* 240 ml.

31- masala. Titri 0,009470 g/ml teng bo‘lgan 250 ml  $Zn(NO_3)_2$  eritmasi 3 g katonit bo‘lgan kolonka orqali o‘tkazildi. Kationitning to‘liq dinamik almashinish sig‘imi 5 mg•ekv/g. teng. Elyuat tarkibida qolgan rux ionlarining massasini aniqlang.

*Javob:* 0,3270 gramm.

32- masala. 200,0 ml hajmli namunadan 20,00 ml anionitning  $OH^-$  – formasi bilan to‘ldirilgan xromatografik kolonkadan o‘tkazildi. Agar eleyuatni titrlash uchun 10 ml titri 0,003650 g/ml bo‘lgan xlorid kislota eritmasi sarf bo‘lgan bo‘lsa, boshlang‘ich eritmada qaysi tuz ( $NaCl$  yoki  $NaNO_3$ ) bo‘lganligini aniqlang. Boshlang‘ich eritmada 85 m g tuz bo‘lgan.

*Javob:*  $NaNO_3$

33-masala. 50 ml 0,025 M  $Co(NO_3)_2$  eritmasiga  $H^+$  – formadagi kationitdan 2 gramm qo‘shildi. Muvozanat o‘rnatilganda eritmaning konsentratsiyasi 0,0015 mol/l gacha kamaydi. Kationitning statik almashinish sig‘imini aniqlang.

*Javob:* 1,18 mg•ekv/gramm.

34–*masala.* Tarkibida texnik mis sulfat tuzi mavjud boʻlgan 1,1750 g namuna 100 ml suvda eritildi va toʻligʻicha  $H^+$  – formadagi kationit orqali oʻtkazildi. Har bir 25 ml hajmdagi elyuat porsiyalarini neytrallash uchun 23,75 ml 0,0460 M *KOH* eritmasi sarf boʻldi. Namuna tarkibidagi misning massa ulushini aniqlang.

*Javob:* 11,9%

35–*masala.* 50 ml  $Cu(NO_3)_2$  ning oʻlchov kolbasidagi eritmasidan 10,00 ml alikvot qism olib, kationit KU-2 ning  $H^+$ – formaga ega boʻlgan kolonkada oʻtkazdik. Elyuatni 8,00 ml *KOH* ning nitrat kislota boʻyicha titri 0,006300 g/ml ga teng eritmasi bilan titrladik. Boshlangʻich eritmadagi  $Cu(NO_3)_2$  massa ulushini (%) aniqlang.

*Javob:* 0,3751 g.

36 –*masala.* 5 g B-4 markali smola bilan toʻldirilgan kolonka orqali elyuatda  $Ca^{2+}$  – ionlari paydo boʻlganicha 2 l qattiq suv oʻtkazilgan. Suvning qattiqligini aniqlash uchun bajarilgan tajribada 10 ml suv olinib, uni titrlash uchun 8,50 ml 0,02 n trilon B eritmasi sarf boʻldi. Kationitning ionlar oʻtib ketishidan oldingi dinamik almashinish sigʻimini aniqlang.

*Javob:* 6,8 mg•ekv/g.

37-*masala.* Tarkibida 2,3500 g texnik mis kuporosi boʻlgan 200 ml eritma  $H^+$ – formadagi kationitdan oʻtkazildi. 50 ml olingan har bir porsiyani neytrallash uchun 47,50 ml 0,0920 M *KOH* eritmasi sarf boʻldi. Dastlabki mis kuporosi tarkibidagi misning massa ulushini (%) aniqlang.

*Javob:* 23,63%.

38-*masala.* 5 g  $H^+$ – formaga oʻtkazilgan kationit saqlagan kolonka orqali 200 ml 0,05 M  $CoSO_4$  eritmasi oʻtkazildi. Kationitning toʻliq dinamik almashinish sigʻimi 1,6 0 mg•ekv/grammga teng. Kolonkadan oʻtgan eritma tarkibida qancha kobalt qolganini aniqlang.

*Javob:* 0,3540.

39–*masala*. Tarkibida  $MgCl_2$  bo‘lgan 1,5000 g namuna 200 ml suvda eritilib, undan 20 ml alikvot qism olinib  $H^+$ –formadagi kationitdan o‘tkazildi. Kolonkadan o‘tgan eleyuatni to‘liq titrlash uchun konsentratsiyasi 5,6 mg/ml bo‘lgan 12,50 ml  $KOH$  eritmasi sarf bo‘ldi. Boshlang‘ich namunadagi  $MgCl_2$  tuzining massa ulushini (%) aniqlang.

*Javob:* 10,13%.

40–*masala*.  $Ca$  –formada bo‘lgan espatitning almashinish hajmini aniqlash uchun 0,1 m 25 ml natriy ishqor eritmasi qo‘shildi. Muvozanat o‘rnatilgandan so‘ng, eritmani titrlash uchun 0,08 m 15,7 ml xlorid kislota eritmasi sarf bo‘ldi. Espatitning almashinish hajmini aniqlang.

41–*masala*. Ishlatilgan kationitning nikelga nisbatan almashinish hajmi 1,40 mg•ekv/g ni tashkil etadi. 10 g kationit bilan to‘ldirilgan kolonka orqali 500 ml 0,5 mg•ekv/l. nikel tuzi eritmasi o‘tkazilganda, eritmada qolgan nikel massasini grammlarda aniqlang.

42–*masala*. 5 g kationit bilan to‘ldirilgan kolonka orqali 500 ml 0,5 mg•ekv/l. mis tuzi eritmasi o‘tkazilganda birinchi ikki porsiyada mis borligi aniqlanmadi. Keyingi 3,4,5,6,7,8,9 va 10 porsiyalardagi misni aniqlash uchun mos ravishda 5,00; 12,00; 17,6; 20,0; 26,2; 30,5; 39,2; 39,22 ml 0,02 M natriy tiosulfat eritmasi sarf bo‘ldi. Mis konsentratsiyasining eleyuat hajmiga bo‘lgan bog‘liqlik grafigini tuzing. Kationitning dinamik almashinish va ishchi dinamik hajmini mg•ekv/g. kattaligida hisoblang.

43-45 *masalalar*.  $V$  hajmli 0,05 n  $Me(NO_3)_2$  ( $f_{ekv} = 1$ ) eritmaga  $H^+$ -formadagi m massali kationit qo‘shildi. Muvozanat o‘rnatilgandan so‘ng tuz eritmasining konsentratsiyasi  $C$  gacha kamaydi.  $Me^{2+}$  ning molyar ekvivalenti 0,5 ga teng ekanligini e‘tirof etgan holda, kationitning statik hajmiy almashinish qiymatini toping.

| Masala | $V$ , ml | Me | m, g | $C$ , n |
|--------|----------|----|------|---------|
| 43     | 50       | Cd | 3    | 0,003   |
| 44     | 75       | Ni | 5    | 0,008   |
| 45     | 100      | Zn | 10   | 0,006   |



46-47 *masalalar*. m.... massali kationit bilan to'ldirilgan kolonka orqali  $Co$  konsentratsiyali  $V$  hajm  $CoSO_4$  eritmasi o'tkazilganda, eritmada qolgan kobalt ionining massasini g/l kattaligida aniqlang.

| Masala | m, g | $V$ , ml | $Co$ , n |
|--------|------|----------|----------|
| 46     | 5,0  | 200      | 0,05     |
| 47     | 10,0 | 500      | 0,10     |

48-*masala*. Kationitning  $H^+$ – formasi orqali 100 ml hajmli o'lchov kolbasidan olingan 10,00 ml  $KNO_3$ , eritmasi o'tkazildi. Elyuat titri  $T(KOH/HCl) = 0,00365$  g/ml bo'lgan 5,00 ml  $KOH$  eritmasi bilan to'liq titrlandi. Boshlang'ich eritma tarkibidagi tuzning massasini aniqlang.

*Javob:* 0,505 gramm.

49-*masala*. 6,2500 gramm mineral o'g'it suvda eritilib,  $H^+$ – formaga o'tkazilgan kationit saqlagan kolonka orqali o'tkazildi. Elyuatni to'liq titrlash uchun konsentratsiyasi 1,74 g/ml bo'lgan 4,1 ml  $NaOH$  eritmasi sarf bo'ldi. O'g'it tarkibidagi forforning massa ulushini aniqlang.

*Javob:* 88,50%.

50-*masala*. Tarkibida  $Na_2SO_4$  va turli organik qo'shimchalar bo'lgan 2,000 gramm namuna 100 ml suvda eritildi. Ushbu eritmada 10 ml alikvot qism olinib  $H^+$ – formaga o'tkazilgan kationit saqlagan kolonka orqali o'tkazildi. Elyuatni to'liq titrlash uchun konsentratsiyasi 4 g/ml bo'lgan 15,00 ml  $NaOH$  eritmasi sarflandi.  $Na_2SO_4$  ning namunadagi massa ulushini aniqlang.

*Javob:* 53,25%.

51-*masala*. Tarkibida  $KCl$  va turli organik qo'shimchalar bo'lgan 1,000 gramm namuna 50 ml suvda eritildi. Ushbu eritmada 5 ml alikvot qism olinib  $H^+$ – formaga o'tkazilgan kationit saqlagan kolonka orqali o'tkazildi. Elyuatni to'liq titrlash uchun konsentratsiyasi 0,56 g/l bo'lgan 15,00 ml  $KOH$  eritmasi sarflandi.  $KCl$  ning namunadagi massa ulushini aniqlang.

*Javob:* 11,18%.

52-masala. KU-2 kationitning  $H^+$ – formasi orqali 200 ml hajmli o‘lchov kolbasidan olingan 20,00 ml  $NH_4Cl$  eritmasi o‘tkazildi. Elyuat titri  $T(KOH/HCl) = 0,00365$  g/ml bo‘lgan 10 ml  $NaOH$  eritmasi bilan to‘liq titrlandi. Boshlang‘ich eritma tarkibidagi tuzning massasini aniqlang.

Javob: 0,5350 gramm.

53- masala. Tarkibida kalsiy xlorid tuzi mavjud bo‘lgan 2,000 namuna 200 ml suvda eritildi va to‘lig‘icha  $H^+$ – formadagi kationit orqali o‘tkazildi. Har bir 20 ml hajmdagi elyuat porsiyalarini neytrallash uchun 15,00 ml 0,1 M  $KOH$  eritmasi sarf bo‘ldi. Namuna tarkibidagi kalsiyning massa ulushini aniqlang.

Javob:15,0%

54-masala. Mineral o‘g‘it tarkibidagi azotning massa ulushini aniqlash maqsadida 1,12 g o‘g‘it 250 ml hajmli o‘lchov kolbasida eritildi va kationitning  $H^+$ – formasi orqali o‘tkazildi. Almashinish natijasida hosil bo‘lgan kislotani aniqlashda elyuatning 10 ml hajmiga 12,00 ml  $NaOH$  3,8 g/l konsentratsiyali eritmasi sarflandi. Mineral o‘g‘it tarkibidagi azotning massa ulushini (%) aniqlang.

Nazorat savollar.

- 1.Ion-almashinish xromatografiyasining mohiyati.
- 2.Ionitlar klassifikatsiyasi.
- 3.Ionitlarning xossalari –kation yoki anion almashinish, ionlarning tutilish xajmlari.
- 4.Kationit yoki anionitning ionitga nisbatan moyillik qatorlari.
- 5.Ionit selektivligiga ta’sir etuvchi omillar.
- 6.Ionit sifatida ishlatiladigan tabiiy va sintetik birikmalar.
- 7.Ion-almashuvchi smolalar klassifikatsiyasi ularning kislota-asos xossalari-ga asoslangan
- 8.Ion-almashinish xromatografiyasida harakatli faza sifatida ishlatiladigan erituvchilar.

9.*Ion xromatografiya* – ion–almashinish xromatografiyasining yuqori samarador usuli.

10.Ionitlarning asosiy xususiyatlari - dinamik va to‘liq dinamik adsorbsion sig‘imi.

## V BOB. PLANAR XROMATOGRAFIYA

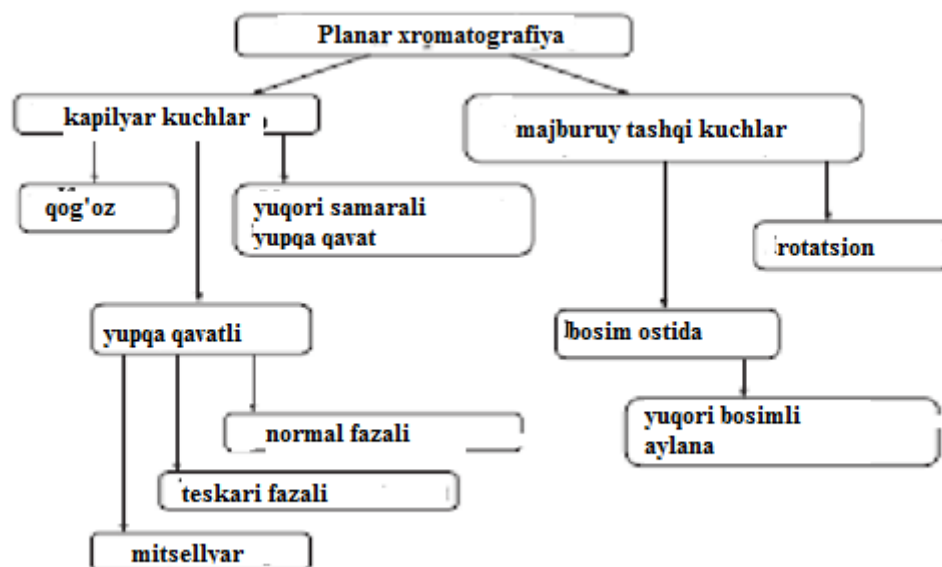
### Planar xromatografiyaning nazariy asoslari

Planar, yoki yuza xromatografiyasi suyuqlik xromatografiyasiga mansub bo'lib, harakatli faza sifatida suyuqlik ishlatiladi. Ajratish jarayoni yupqa yuza sirtida sodir bo'ladi. Planar xromatografiyaning quyidagi asosiy turlari mavjud:

- yupqa qavat xromatografiyasi;;
- qog'oz xromatografiyasi;
- elektroxromatografiya.

Qog'oz va yupqa qavat xromatografiyasi qimmat baho asbob-uskuna talab etmaydigan sodda texnikaga ega bo'lgan usullardan hisoblanadi. Ishlatiladigan reaktiv va uskunlarning oson topilishi va usulning yuqori sezuvchanligi planar xromatografiyaning keng sohada ishlatilishiga sabab bo'lmoqda.

Yupqa qavat xromatografiyasida aralashma komponentlarining ajralishi taqsimlanish koeffitsiyenti qiymatiga asosan yupqa qavat bo'ylab harakatsiz fazaga o'tishiga asoslangan. Usul ikki xil kuch, ya'ni kapillyar kuchlar va majburiy tashqi kuchlar ta'siriga asoslanib ikki turga bo'linadi (20- rasm).



20-rasm. Planar xromatografiyaning klassifikatsiyasi

Yupqa qavat (YuQX), qog'oz va yuqori samarali yupqa qavat xromatografiyasi (YuSYuQX) – harakatli fazaning harakati kapillyar

kuchlar ta'sirida bo'ladigan turiga mansub. Bosim ostidagi YuQX, yuqori bosimli YuQX va rotatsion YuQX variantalida harakatli suyuq fazaning harakati majburiy tashqi kuchlar ta'sirida amalga oshadi.

Hozirgi vaqtda planar xromatografiya usullaridan asosan YuQX va YuSYuQX usullari ishlatiladi.

### **Yupqa qavat xromatografiyasi**

Yupqa qavat xromatografiyasi N.A. Izmaylov va M.S. Shrayber tomonidan 1938 yilda yaratilgan bo'lsa ham, u faqat oxirgi yillarda keng qo'llanila boshladi.

Yupqa qavat xromatografiyasini murakkab ob'ektlardagi noorganik va organik moddalarning tarkibini o'rnatishda va miqdorini aniqlashda ishlatiladi. Tahlil bir-necha bosqichdan iborat:

- namuna va plastinkani tayyorlash; xromatografik kamerani tayyorlash;
- namuna komponentlarini bir-biridan ajratish;
- plastinka yuzasidan elyuentni yo'qotish; detektorlash;
- sifat va miqdor analizini amalga oshirish.

#### *Elyuent tanlash va ajratish mexanizmi.*

YuQXda moddalarning bir-biridan ajralishi aralash mexanizm bilan boradi. YuQX suyuqlik xromatografiyasining ko'rinishlaridan biri bo'lgani uchun taqsimlanish adsorbsiya va unga teskari jarayon hisobiga sodir bo'lishi mumkin.

Yupqa qavat xromatografiyasida aniqlanadigan moddalar qutbli molekulalarining erituvchi molekulalari bilan adsorbentning faol markazlari bilan ta'sirlanishiga asoslangan. Qutbsiz molekulalarni eritib chiqarish uchun qutbsiz elyuentlar ishlatiladi.

Elyuent tanlashda odatda adabiyotlardagi ma'lumotlardan foydalinaladi. Elyuent tarkibini o'zgartirish natijasida moddalarning  $R_f$  qiymatini o'zgartirish mumkin.

Normal-fazali taqsimlanish YuQX da qutbsiz harakatli fazalar va qutbli harakatsiz fazalar ishlatiladi. Harakatsiz fazada eruvchi aniqlanadigan moddalar ushbu fazalar o'rtasida taqsimlanadi.

Moddalarning qutbliligi oshgan sari ularning tutilish vaqtlari kattalashadi, elyuentning qutbliligi oshganda esa kamayadi. Taqsimlanish YuQX oddiy sorbentlarda (silikagel, kizelgur, sellyuloza) yoki polyar (DMSO, DMFA, etilenglikol) va gidrofob(parafin moyi, silikon moyi, undekan, dodekan) moddalar bilan qayta ishlangan sorbentlarda olib boriladi. Sorbent sifatida (diol-, sian- va amino-fazalar) guruhlari bilan kimyoviy boglangan gidrofil sorbentlar va ( $C_2$ ,  $C_8$ ,  $C_{18}$ ) guruhlar bilan kimyoviy boglangan gidrofob sorbentlar ishlatilishi mumkin.

Teskari-fazali taqsimlanish YuQXda suv bilan turli nisbatlarda aralashtirilgan qutbli erituvchilar: spirtlar, atseton, atsetonitril, suv yoki atsetonitril-suv aralashmalari ishlatiladi.

Teskari-fazali taqsimlanish YuQX asosan qutbli va qutbsiz moddalar aralashmasini analiz qilishda ishlatiladi.

*5-jadval*

*Teskari-fazali taqsimlanish YuQX ishlatiladigan sorbentlar*

| Plastinka turi  | Moddalar             | Harakatli fazalar                       |
|-----------------|----------------------|-----------------------------------------|
| Diolsilikagel   | Glyukazidlar         | Etilatsetat-25% ammiak eritmasi (100:1) |
| Nitrilsilikagel | Protestaronlar       | Petroleybenzin -atseton (8:2)           |
| Aminosilikagel  | Alkaloidlar          | Xloroform-metanol (100:4)               |
| RP-2 silikagel  | Piridazin hosilalari | Metanol-suv (7:3)                       |
| RP-8 silikagel  | Aflatoksin           | Metanol-suv (20:1)                      |
| RP-18 silikagel | Alkaloidlar          | Metanol-0,5 NaCl (65:35)                |

*Sorbentlar*

Harakatsiz faza sifatida kolonkali suyuqlik xromatografiyasida ishlatiladigan sorbentlar qoʻllaniladi. Sorbentning qalinligi 200-500 mkm, zarracha oʻlchami esa 20 mkm tashlil etadi. Oʻtilgan yoʻlning uzunligi 12 sm boʻlganda nazariy tarelkalar soni 2000 gacha yetishi mumkin. Tajriba vaqti 25 minut atrofida boʻladi.

Hozirgi vaqtda YuQX da turli xil firmalar tomonidan ishlab chiqilgan turli tayyor plastinkalar ishlatiladi. Plastinkalar tayyorlashda adsorbent sifatida silikagel, alyuminiy oksidi, sellyuloza va boshqa materiallar ishlatiladi.

YuQXda ishlatiladigan plastinkalar asosan, unga yopishtirilgan sorbent qatlamidan iborat. Plastinka asosi shishadan, alyuminiy falgadan yoki polimer plyonkadan tayyorlanadi. Yopishtiruvchi moddalar sifatida kraxmal, gips, ishqoriy metall silikatlar va organik polimer moddalar ishlatiladi.

Teskari fazali YuQX da universal va ko‘p ishlatiladigan adsorbent sifatida silikagelni ko‘rsatishimiz mumkin.

6-jadval

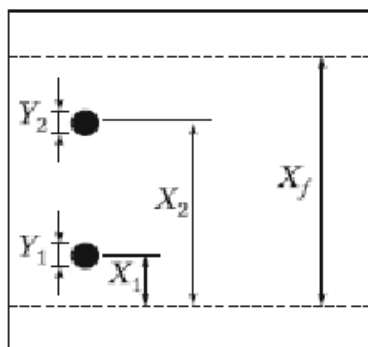
*YuQX da ishlatiladigan silikagellarning asosiy ko‘rsatkichlari*

| Firma, turi      | G‘ovak diametri, nm | G‘ovak hajmi, ml/g | Nisbiy yuzasi, m <sup>2</sup> /g | Fraksion tarkibi, mkm | Qatlam qalinligi, mkm | Bog‘lovchi modda |
|------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Merk TLC Si 60   | 6                   | 0,82               | 550                              | 2-20                  | 250                   | Organik polimer  |
| Vatman LK5 HPK   | 8                   | 0,70               | 300                              | 5-10                  | 200                   | Organik polimer  |
| Masherey SILC 25 | 6                   | 0,75               | 500                              | 5-25                  | 250                   | Gips             |
| Kavalner Silufol | 6                   | 0,80               | 500                              | 5-40                  | 100                   | Kraxmal          |
| Reaxrom          | 6                   | 0,80               | 300                              | 10-20                 | 100                   | Silikazol        |
| Plastmas h       | 120-150             | 0,8                | 350                              | 5-20                  | 130                   | Silikazol        |

Yopishtiruvchi moddalar sifatida silikazol ishlatilgan plastinkalar kimyoviy chidamlilik va yuqori mexanik mustahkamlikka ega. Ularni ko'p marotaba ishlatish mumkin. Buning uchun ishlatilgan plastinkalar suv va xrompik eritmasi bilan yuvilib, regeneratsiya qilinadi.

#### *Ishlash texnikasi.*

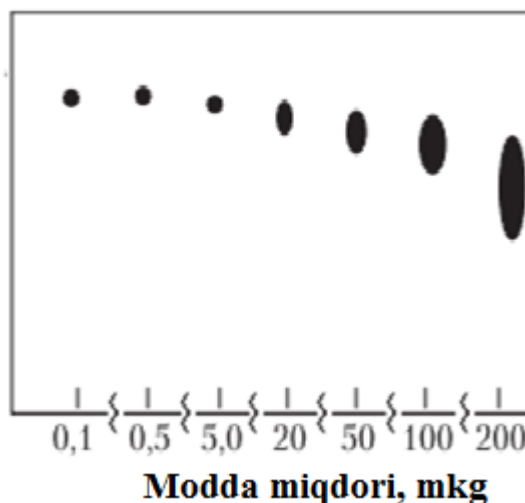
Yupqa qavat xromatografiyasida sorbent yupqa qavat shaklida shisha, metall yoki plastmassadan tayyorlangan plastinka yuzasiga yopishtirilgan holda bo'ladi. Start chizig'iga kapillyar, mikrokapillyar yoki shprints orqali tarkibida aniqlanayotgan moddalar bo'lgan namuna 0,5-5,0 mkl hajmda tomiziladi. Odatda start chizig'i plastinka chekkasidan 1-2 sm uzoqlikda bo'ladi. Sifat analiz o'tkaziladigan tajribalarda hosil bo'lgan dog' diametri 5 mm dan oshmasligi, miqdoriy analiz o'tkaziladigan vaqtda esa undan ham kichik bo'lishi kerak. Erituvchini yo'qotish uchun plastinka quritiladi. Quritilgan plastinka xromatografik kameraga kiritiladi va harakatli fazaga tushiriladi. Harakatli suyuq faza kapillyar kuchlar ta'sirida namuna tarkibidagi komponentlarni turli tezlikda sorbent qatlami bo'yicha harakatlantiradi. Xromatografik jarayon yakuniga etganidan keyin (erituvchi fronti plastinka chegarasiga 1-2 sm qolganicha), plastinka kameradan olinadi, erituvchini yo'qotish uchun quritiladi va sifat analiz o'tkaziladi.



21-rasm. Yupqa qavat xromatografiyasi sxemasi

$X_1, X_2$ , - moddalar markazigacha masofa,  $X_f$  – erituvchi frontining o'tgan masofasi,  $Y_1, Y_2$  – dog'lar kengligi.





22-rasm.  $R_f$  qiymati va dog' yuzasining modda miqdoriga bog'liqliligi

### *Xromatografik xarakteristikalar*

YuQX da moddalarning asosiy ko'rsatkichlaridan biri harakatchanlik yoki tutilish koefitsiyenti - $R_f$  hisoblanadi.

$$R_f = X_i/X_f$$

$R_f$ – qiymatiga sorbent va erituvchi tabiati, kameraning erituvchi bug'i bilan to'yinganligi, sorbent zarrachalari o'lchami, dog' diametri va boshqa ko'pchilik omillar ta'sir etadi. Odatda amaliyotda YuQX da  $R_f$  nisbiy qiymati ishlatiladi.

$$R_f(nisb) = R_f(x)/R_f(st)$$

$R_f(x)$  va  $R_f(st)$  – aniqlanayotgan va standart moddalarning harakati

$R_f$  va taqsimlanish koefitsiyenti (D) o'rtasida quyidagi bog'liqlik mavjud:

$$D = (V_m/V_s) \cdot (1/R_f - 1),$$

$V_m$  va  $V_s$ –harakatli va harakatsiz fazalar hajmi.

Nazariy tarelkalar N va H qiymati quyidagi tenglamalar orqali topiladi:

$$N = 16 (X/Y)^2 \quad H = L/N = (L/16) \cdot (Y/X)^2$$

X –tutilish masofasi, Y –cho'qqi eni.

$$\text{Ajratish kriteriyasi : } R_s = 2\Delta X_{2,1}/(Y_1 + Y_2)$$

Ajratish selektivligi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$A = D_2/D_1 = (1/Rf_2 - 1)/(1/Rf - 1) = t' R_2/t' R_1 = V' R_2/V' R_1 = k'_2/k'_1$$

Hajmiy koeffitsiyent quyidagiga teng :

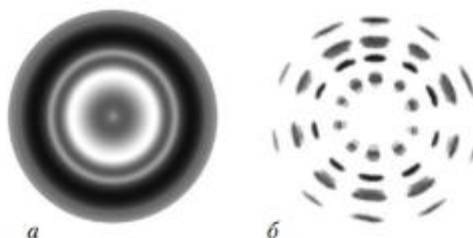
$$k' = t_s/t_m = D(V_s/V_m) = (1 - R_f)/R_f,$$

$t_s$  va  $t_m$  moddaning harakatsiz va harakatli fazalardagi bo'lish vaqti.

Yupqa qavat xromatografiyasida harakatli faza oqim tezligi o'zgarib turadi va uning kattaligi ko'pchilik omillarga: sorbent zarrachasining o'lchamiga, erituvchining qovushqoqligiga va boshqa kattaliklarga bog'liq.

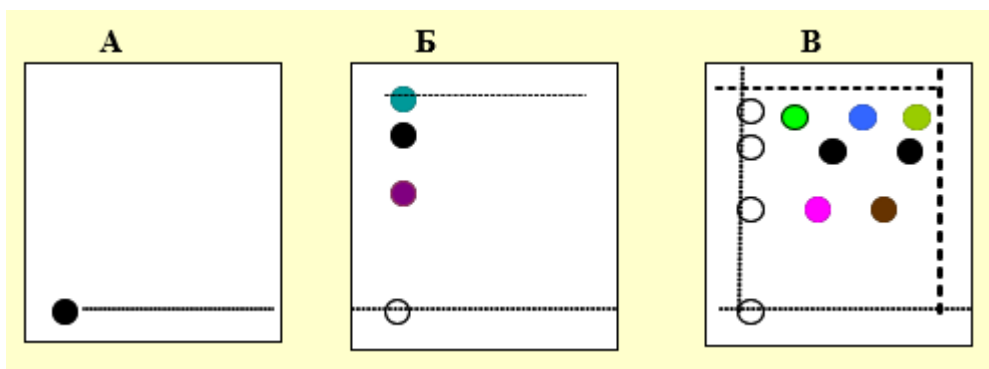
#### *YuQX sini bajarish texnikasi*

Harakatli fazaning harakatlanish tartibiga ko'ra chiziqli va aylanma YuQX ga bo'linadi. YuQX sining chiziqli varianti yuqorida mukammal ko'rib chiqilgan. YuQX sining aylanma variantida namuna va erituvchi plastinkaning markaziga yuboriladi. Aylanma xromatogrammaga bajarish texnikasiga ko'ra yaqin radial varianti yaqinroq turadi. Bunda namuna aylanma markazidan sal uzoqroq joyga tomiziladi. Erituvchi esa aylanma markazidan yuboriladi.



23-rasm. Aylanma (a) va radial usullarda olingan xromatogrammalar

Ikki o'lchamli yupqa qavat xromatografiyasida (IO-YuQX) namuna plastinkaning chap qismiga tomiziladi va tajriba birinchi erituvchi ishtirokida amalga oshiriladi. Plastinka quritiladi, keyin plastinka 90 gradusga burilib, ikkinchi eritmaga botiriladi.



24-rasm. Rangli bo'yoqlarning ikki o'lchamli YuQX variantidagi analizi

A – namuna yuborish, B – birinchi erituvchi, V- ikkinchi erituvchi.

### *Sifat va miqdor analizini o'tkazish usullari*

Xromatogrammalarning sifat analizi usullari.

1. Paydo qilish yoki komponentlarning rangli maydonlarini hosil qilish usuli. Buning uchun xromatogrammadagi komponentlarning rangsiz maydonlariga ular bilan rangli birikmalar beruvchi reaktivlarning eritmaları ta'sir ettiriladi. Hosil qiluvchi reagent xromatogrammadagi ajralgan har bir modda bilan rangli dog'lar hosil qiladi va ularning ranglariga qarab identifikatsiyalash mumkin bo'ladi. Masalan, aminokislotalarni xromatogrammadan topib olish uchun ningidrinning atsetondagi eritmasi purkagichdan purkalganda turli rangdagi aminokislotalarning dog'lari hosil bo'ladi. Natijada ularni qog'ozdan oddiy ko'z bilan identifikatsiya qilish oson bo'ladi. Bunday hosil qilingan komponentni xromatogrammadan identifikatsiya qilish ikki usul bilan olib borilishi mumkin: 1) xromatogrammadagi komponentlarning alohida dog'lari kesilib olinadi va zarur kimyoviy yoki fizik kimyoviy usullar bilan miqdoriy jihatdan analiz qilinadi. 2) ayrim vaqt hosil qilingan komponentlarning dog'lari to'g'ridan-to'g'ri xromatogrammadagi o'rnida kimyoviy yoki fizik-kimyoviy usullar yordamida analiz qilinadi. Ikkinchi usul odatda xromatogrammadagi dog'larning ranglari har xil bo'lganda qo'llaniladi. Xromatogrammadagi komponentlarning rangiga qarab identifikatsiya qilish usulikasi ancha oddiy va qulay bo'lishiga qaramasdan rangli dog'lar hosil qiluvchi

xususiy reaktivlar kam bo'lganligi sababli keng ishlatilmasdan ancha chegaralangan bo'ladi.

2) kaftlar usuli. Agar xromatogrammadagi ajratilgan komponentlarni hosil qiluvchi reaktivlar bilan bergan rangli dog'larni bir-biridan farqi identifikatsiya qilish uchun yetarli bo'lmasa, unda usulini ishlatish maqsadga muvofiqdir.

Ma'lumki aniqlanadigan moddalarning  $R_f$  koeffitsiyentlari doimiy sharoitlarda o'zgarmas bo'lib, aralashmada boshqa moddalarning bo'lishiga bog'liq emas. Bunga asoslanib xromatogrammadagi start chizig'iga namunaning yonida aralashmadan axtarilayotgan va borligi taxmin etilayotgan moddaning toza namunasi (standart) qo'yiladi. Xromatografik jarayon tamom bo'lgandan keyin hosil qiluvchi reagent ta'sirida namunadagi dog' bilan standart modda dog'ining  $R_f$  larini solishtirib, taxmin etilgan modda aralashmada bor yoki yo'q ekanligi to'g'risida xulosa chiqarish mumkin. Bu usul ancha oddiy va qulay bo'lishiga qaramasdan aralashmadagi borligi taxmin etilgan hamma moddalarning toza standartlari bo'lmaganligi sababli chegaralandi.

3.  $R_f$ -koeffitsiyentlarini solishtirish usuli. Bu usulning mohiyati shundaki, aniq o'zgarmas sharoitlarda ma'lum aralashmani va uning tarkibida borligi taxmin qilingan komponentlardan tayyorlangan sun'iy aralashmani xromatografik ajratadilar. Ajratish natijasida olingan har ikkala xromatogrammalardagi komponentlarning  $R_f$  qiymatlari o'lchanib, bir-biriga solishtiriladi. Har ikkala xromatogrammadagi  $R_f$  qiymatlari bir xil bo'lgan komponentlarning bir modda ekanligi ma'lum bo'ladi. Bunday identifikatsiyani bajarish uchun shunday sharoitlarda olingan boshqa olimlarning  $R_f$  natijalaridan ham foydalanish mumkin.

Bu usulning afzalligi shundaki, kafil sifatida ishlatiladigan toza moddalar bo'lmagan taqdirda ko'p moddalarni identifikatsiya qilish mumkin.

4. Fizik-kimyoviy usullar. Xromatogrammada ajratilgan dog'larni identifikatsiya qilish uchun kimyoviy usullar bilan birga fizikaviy va fizik-kimyoviy usullarni birga qo'shib olib borish yaxshi natija beradi.

Agar xromatogrammadagi dog‘larga ultrabinafsha yorug‘ligidagi lyuminessensiya va radiaktiv izotoplarning nurlari berilsa, yomon rangli dog‘lar va aralashmaning miqdorlari yaxshi identifikatsiyalanadilar. Xromatogrammadagi lyuminessensiyalanuvchi moddalarni topish uchun E.N.Brumbergning past bosimli simob-kvars lampali lyuminessensiyalanadigan ekranidan iborat maxsus ultraxemiskopi ishlatiladi. Radiaktiv moddalar saqlagan xromatogrammani identifikatsiya qilish uchun Geyger-Myuller schyotchigi ishlatilishi mumkin.

Xromatografik dog‘larni identifikatsiya qilish uchun fizik va fizik-kimyoviy usullarning qo‘llanishi murakkab va qimmatbaho asbob-uskunalarni ishlatilishni talab qiladi.

### **Xromatogrammani miqdoriy analiz qilish usullari**

Xromatografik analizning oxirgi va ko‘pincha hal qiluvchi qismi, identifikatsiya qilingan dog‘lar tarkibidagi moddalarni miqdoriy jihatdan aniqlash hisoblanadi. Demak, miqdoriy analiz xromatografik jarayonning eng mas‘uliyatli operatsiyasi bo‘lib, olingan natijalarning qanchalik to‘g‘ri ekanligi tanlangan hisoblash usulining aniqligiga bog‘liq bo‘ladi. Yuzada olingan xromatogrammaning miqdoriy analizini ikki guruhga bo‘lish mumkin: identifikatsiya qilingan dog‘larni to‘g‘ridan-to‘g‘ri xromatogramma yuzasidan hisoblash; dog‘larni xromatogramma yuzasidan yuvib olib, analiz qilish.

1.Dog‘larning maydonini hisoblash usuli. Ma’lumki dog‘larning maydonlari va ularning ranglarining quyuvqligi xromatografiyalanadigan moddalarning miqdoriga bog‘liqdir. Agar xromatografik qog‘ozga har xil miqdor modda saqlagan namunalarni tushirsak, unda hosil bo‘lgan dog‘larning maydonlari  $S$  har bir dog‘ tarkibidagi modda konsentratsiyasining logarifmiga proporsionaldir.

$$S = a \ln c + b$$

Bunda  $a$  va  $b$  empirik konstantalar;  $c$ -analiz qilinayotgan moddaning konsentratsiyasi. Bunday usulda miqdoriy analizni bajarish uchun xromatografik qog'ozning start chizig'iga o'lchangan va ma'lum tartibda miqdori oshib boradigan bir necha namuna qator qo'yilib, o'zgarmas sharoitlarda xromatografiyalanadi. Hosil bo'lgan dog'larning maydonlari turli usullar (planimetrik, dog' maydonini xromatogrammadan kesib olib tarozida tortish va boshqalar) bilan aniq o'lchanib, noma'lum aralashma tarkibidagi dog'larning maydonlarini aniqlaydilar va miqdoriy jihatdan hisoblaydilar. Shuni ham ko'rsatish kerakki, dog' maydonining kattaligi faqat konsentratsiyaga bog'liq bo'lmasdan, namunani quyish usulikasiga, xromatografik qog'ozning tuzilishiga, temperatura va boshqa sharoitlarga ham bog'liqdir.

Yuqorida ko'rsatilgan sharoitlar hisobga olinganda, xato kamayib, solishtirma xato 5-10% dan oshmaydi.

## 2. Dog' rangining quyuqligini hisoblash usuli.

Ma'lumki, xromatogrammada hosil bo'lgan dog' rangining quyuqligi, undagi moddaning konsentratsiyasiga proporsionaldir. Bunda boglanish miqdoriy analiz uchun asos bo'lishi mumkin. Shuning uchun dog' maydoni rangining quyuqligini denkometrik usul bilan to'g'ridan-to'g'ri fotometrlaydilar. Turli xil konsentratsiyali namunalarning analizidan olingan natijalardan foydalanib hisoblash grafigi tuziladi va undan turli dog'larning konsentratsiyalari hisoblanadi.

## 3. Ko'z yordamida solishtirish usuli.

Dog' maydoni rangining quyuqligi, undagi modda konsentratsiyasiga proporsional ekanligini hisobga olib, xromatogrammadagi dog'larning ranglari maydonini ko'z yordamida bir-biriga solishtirish yo'li bilan aralashmaning yarim miqdoriy analizini o'tkazish mumkin. Buning uchun chegarali suyultirish usulini qo'llash maqsadga muvofiqdir. Analiz qilinadigan modda eritmasi har safar suyultirilib, rangi yo'qolguncha xromatografiyalanadi. Keyin  $C = a \cdot n$  (n-suyultirish) formula bo'yicha eritmadagi modda miqdori aniqlanadi.

## 4. Yuvish usuli

Bunda xromatogrammadagi aniqlangan moddaning dog'i turli usullar (ekstraksiya, selektiv erituvchilar bilan ketma-ket yuvish) bilan miqdoriy jihatdan qulay fizik-kimyoviy usullar yordamida analiz qilinadi. Bu usul ancha mehnat talab qilishiga qaramasdan aniq hisoblanadi.

### **Qog'oz xromatografiyasi**

Qog'oz xromatografiyasida olinadigan xromatogrammalar xuddi yupqa qavat xromatografiyasidagi kabi bo'ladi. Harakatli suyuq fazalarni tutib turuvchilar sifatida qog'ozning maxsus turlari ishlatiladi. Qog'oz gidrofil ( suvni o'z g'ovaklarida tutib turuvchi) yoki gidrofob (qutbsiz organik erituvchilar) bo'lishi mumkin.

Xromatografiyada qo'llaniladigan qog'ozlarga ma'lum talablar qo'yiladi:

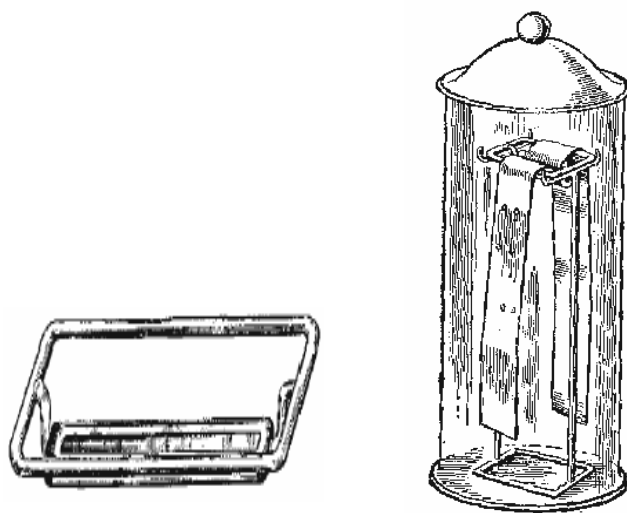
- kimyoviy toza va neytral bo'lishi kerak;
- aniqlanadigan moddalarni yutmasligi kerak;
- tolaning tarkibi va tuzilishi bo'yicha bir jinsli bo'lishi kerak.

Qog'oz xromatografiyasida harakatchan va harakatsiz fazalarni qattiq tashuvchisi sifatida maxsus 1, 2, 3, 4 qog'ozlar (Volodarskiy nomidagi Leningrad qog'oz fabrikasi ishlab chiqaradi) ishlatiladi. Xromatografik qog'ozning nomeri oshib borishi bilan, qog'oz strukturasining zichligi ham oshib boradi. Xromatografik qog'oz zichligining oshib borishi bilan uning yuzasida erituvchining harakati pasayib analiz vaqti oshib boradi. Shuning uchun 1,2 qog'ozlar "tez" va 3 , 4 va boshqalar "sekin" deb ataladi. Xromatografik qog'oz kimyoviy toza bir jinsli, neytral bo'lishi kerak. Xromatografik ajratishni o'tkazish uchun ayrim hollarda qog'ozni kimyoviy yo'l bilan ishlab tozalaydilar. Masalan, sotiladigan xromatografik qog'ozni trilon-B, 8-oksixinolin, aminosirka kislota va boshqa reaktivlarning eritmalari bilan ishlaganda qog'ozdagi ionlarning komplekslari hosil bo'lib, ular yuvilganda ketadi. Odatdagi xromatografik qog'ozning g'ovaklari

taxminan 20-22% suv nomi bo'lib, analizni o'tkazish jarayonida haraksiz fazaning rolini bajaradi. Xromatografik qog'ozni tayyorlash va analizni o'tkazish usulikasi quyidagilardan iborat:

Toza xromatografik qog'oz ma'lum o'lchovlarda (xromatografik kameraning kattaligi va maqsadga muvofiq) kesiladi va uning bir chetiga (3-5 sm start nuqtasiga) mikropipetka yordamida namunani (0.001-0.1 mg) eritmasi quyiladi. Namuna qurigandan keyin qog'ozni xromatografik kameradagi erituvchiga namuna saqlagan uchini 1-2 sm botirib vertikal joylashtiriladi. Kamerani havosi erituvchining bug'i bilan to'yinishini ta'minlash uchun, mahkam yopiladi. Agar erituvchi saqlagan idishcha kameraning pastki qismida joylashgan bo'lib, harakatchan faza qog'oz orqali pastdan yuqoriga qarab ajratiladigan moddalarni siljitib harakat qilsa, bunday xromatografiya yuqoriga yo'naladigan deb ataladi.

Aksincha, agar erituvchi maxsus idishchaga solinib, kameraning yuqori qismida joylashtirilgan bo'lib, ajralish yuqoridan pastga qarab borsa, bunday xromatografiya pastga yo'naladigan xromatografiya deb ataladi.



25-rasm. Pastga yo'naladigan xromatografiya



Xromatografik kamerada ajratiladigan moddalar harakatsiz va harakatchan fazalar oralarida taqsimlanish ko'effitsiyentlari  $K_T$ -ga muvofiq qayta taqsimlanadilar va qog'oz bo'ylab turli xil tezlik bilan siljish natijasida bir-birlaridan ajraladilar. Qog'oz xromatografiyasida taqsimlanish ko'effitsiyenti  $K_T$  o'rnida zonaning siljishi  $R_f$  ishlatiladi.

$R_f$  – x moddasi dog'i maydonining siljishi erituvchining oldingi oqimining siljishi masofalari nisbatlariga baravardir.

Bunda  $R_f$  – va  $K_T$  ko'effitsiyentlari o'zaro bog'liqliqlarini hisobga olib, quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$K_T = \frac{S_p}{S_n}$$

Tajriba sharoitlari o'zgarmas bo'lganda  $R_f$  qiymatlari har modda uchun doimiy son bo'lib, u asosan xromatografik zonalarini identifikatsiya qilishda ishlatiladi. Adabiyotda har xil erituvchilarda ayrim aminokislotalar, kation va anionlarning  $R_f$  qiymatlari keltirilgan.

### **Yupqa qavat va qog'oz xromatografiyasi bo'yicha masalalar yechish usullari**

1- *masala*. YuQX yordamida tarkibida propazin (x) va diprazin (y) saqlagan aralashmani analiz qilinganda quyidagi qonuniyatlar ochilgan. Erituvchi o'tgan masofasi  $L=100$  mm , x va y moddalarning o'tgan masofalari mos ravishda  $x=38$  mm va  $y=79$  mm. Har bir modda uchun  $R_f$  qiymatini va ularning ajratish ko'effitsiyentlari  $\alpha$  ni hisoblang.

*Echish:*

$$R_{f(x)} = \frac{l(x)}{L} = \frac{38}{100} = 0,38$$

$$R_{f(y)} = \frac{l(y)}{L} = \frac{79}{100} = 0,79$$

Ajratish ko'effitsiyentini hisoblaymiz:

$$\alpha = L_y/L_x = 79/38 = 2,08$$

*Javob:*  $R_{f(x)} = 0,38$ ;  $R_{f(y)} = 0,79$ ;  $\alpha = 2,08$ .

2-masala. Benzoy va p-aminobenzoy kislotalar aralashmasi YuQX yordamida ajratilganda (harakatli faza - geksan:atseton 56:44) ularning  $R_f$  – qiymatlari aniqlandi:

$$R_{f(B)} = \frac{R_{f_1}}{R_{f_2}} = \frac{0,54}{0,48} = 1,13$$

$$R_{f(PAB)} = \frac{R_{f_2}}{R_{f_3}} = \frac{0,30}{0,48} = 0,63$$

$R_{f_1} = 0,54$  va  $R_{f_2} = 0,30$  Agar standart sifatida ortoxlorbenzoy kislota olingan bo'lsa ( $R_{f_3} = 0,48$ ) YuQX da keltirilgan kislotalarning nisbiy harakat koefitsiyentlarini aniqlang.

*Hisoblash:* Nisbiy harakat koefitsiyentlarini aniqlaymiz.  
Ajratishtan koefitsiyentini hisoblaymiz:

$$\alpha = \frac{0,54}{0,3} = 1,8$$

a) ajratish darajasini hisoblash:

$$R_1 = \frac{\Delta l_1}{a(1)_{1,2} + a(2)_{1,2}} = \frac{97,5 - 81}{3 + 4} = 2,36$$

$$R_2 = \frac{\Delta l_2}{a(2)_{1,2} + a(3)_{1,2}} = \frac{107 - 97,5}{4 + 4} = 1,13$$

$\Delta l_1$  va  $\Delta l_2$  – birinchi va ikkinchi komponentlarning tutilish vaqtlari farqi;  
 $a(1)$ ,  $a(2)$  va  $(3)$ - moddalar xromatografik cho'qqi yarim balandliklarning eni;

b) har bir modda uchun  $n$ ,  $H$  qiymatlarini hisoblang.

Neo-d,1-pentan uchun

$$n = 5,545 \left( \frac{81}{3} \right)^2 = 4042, \quad H = \frac{300}{4042} = 0,742 \text{ mm}$$

d,1-pentan uchun

$$n = 5,545 \left( \frac{97,5}{4} \right)^2 = 3295, \quad H = \frac{3000}{3295} = 0,910 \text{ mm}$$

Izo d,1-pentan uchun

$$n = 5,545 \left( \frac{107,4}{4} \right)^2 = 3968, \quad H = \frac{3000}{3968} = 0,756 \text{ mm}$$

Har bir moddani namuna tarkibidagi ichki normallashtirish usuli bilan hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} S_1 &= a(1)_{1,2} \cdot h_1 = 3 \cdot 2 = 6 \text{ mm}^2, \\ S_2 &= a(1)_{1,2} \cdot h_2 = 4 \cdot 198 = 792 \text{ mm}^2, \\ S_3 &= a(1)_{1,2} \cdot h_3 = 4 \cdot 53,5 = 214 \text{ mm}^2, \\ \sum S &= 6 + 792 + 214 = 1012 \text{ mm}^2, \end{aligned}$$

$$W_1 = \frac{S_1}{\sum S_i} \cdot 100,$$

$$W_1 = \frac{6}{1012} \cdot 100 = 0,59 \%,$$

$$W_2 = \frac{792}{1012} \cdot 100 = 78,26 \%$$

$$W_3 = \frac{214}{1012} \cdot 100 = 21,15 \%$$

### Yupqa qavat va qog'oz xromatografiyasi bo'yicha mustaqil yechish uchun masalalar

1-masala.  $HgCl_2 + CuCl_2 + H_2O$  tarkibli aralashma tarkibidagi  $Hg^{+2}$  va  $Cu^{+2}$  kationlarni ajratish uchun qog'oz xromatografiya usuli qo'llanildi. Harakatli faza sifatida  $HCl$  bilan to'yingan  $n$ -butanol ishlatildi. Bunda quyidagi qiymatlar olindi. Erituvchi fronti  $L = 100 \text{ mm}$ ,  $L_{(Hg^{+2})} = 72 \text{ mm}$ ,  $L_{(Cu^{+2})} = 7 \text{ mm}$  Har ikkala kation uchun  $R_f$  qiymati va ajratish koeffitsiyentini aniqlang.

Javob:  $R_{f(Hg^{+2})} = 0,72$ ;  $R_{f(Cu^{+2})} = 0,07$ ;  $R_{f(Cu^{+2})} = 0,07$ ;  
 $\alpha_{Hg^{+2}/Cu^{+2}} = 10,3$ .

2-masala. Tarkibida  $X^{+2}$ ,  $Y^{+2}$ ,  $Z^{+2}$  kationlar bo'lgan aralashma qog'oz xromatografiyasi usulida analiz qilindi. Harakatli faza sifatida kollidin-suv aralashmasi ishlatilib, standart eritma sifatida  $Sr^{+2}$  solingan eritma ishlatildi. Tajribada quyidagi qiymatlar olindi: erituvchi fronti  $L = 100 \text{ mm}$ ,  $L(X^{+2}) = 52 \text{ mm}$ ,  $L(Y^{+2}) = 26 \text{ mm}$ ,  $L(Z^{+2}) =$

40 mm. Uchta kation uchun nisbiy harakat koefitsiyenti qiymatini aniqlang. Ushbu sharoit uchun  $R_{f(Ba^{+2})} = 0,65$ ;  $R_{f(Ca^{+2})} = 1,31$ ;  $R_{f(Mg^{+2})} = 1,62$

Javob:  $R_{f(X^{+2})} = 1,30$ ,  $R_{f(Y^{+2})} = 0,65$ ,  $R_{f(Z^{+2})} = 1,63$

$X^{+2} = Ca^{+2}$   $Y^{+2} = Ba^{+2}$   $Z^{+2} = Mg^{+2}$

3-masala. Tarkibida  $Cu^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  va  $Fe^{+2}$  bo'lgan aralashma qog'oz xromatografiya usulida analiz qilindi. Harakatli faza sifatida  $HCl$  bilan to'yingan atseton ishlatildi. Tajriba yo'li bilan quyidagi qiymatlar olindi:  $R_{f(Cu^{+2})} = 0,74$ ;  $R_{f(Mn^{+2})} = 0,32$ ;  $R_{f(Fe^{+2})} = 0,97$ . Standart modda sifatida olingan  $Co^{+2}$  uchun  $R_{f(Co^{+2})} = 0,54$ . Uchta kationlar uchun nisbiy  $R_f$  qiymatlarni aniqlang.

Javob:  $R_{f(Cu^{+2})} = 1,37$ ,  $R_{f(Mn^{+2})} = 0,59$ ,  $R_{f(Fe^{+2})} = 1,80$ .

4-masala. Tarkibida  $X^-$  va  $Y^-$  anionlar saqlagan suvli eritma qog'oz xromatografiyasi usulida analiz qilinganda (harakatli faza sifatida piridin+suv 90:10 hajmda, standart modda sifatida  $Br^-$  saqlagan eritma) quyidagi natijalar olindi:  $R_{f(Br^-)} = 0,47$ ,  $R_{f(X^-)} = 0,21$ ,  $R_{f(Y^-)} = 0,70$ . Ushbu sharoitda xlorid va yodid ionlari uchun bromid ioniga nisbatan harakat koefitsiyentlari aniqlangan;  $R_{f(Cl^-)} = 0,49$ ,  $R_{f(I^-)} = 1,51$ .  $X^-$  va  $Y^-$  ionlarining nisbiy harakat koefitsiyentlarini va u asosida ushbu ionlarni aniqlang.

Javob:  $R_{f(X^-)} = 0,45$ ;  $X^- = Cl^-$ ;  $R_{f(Y^-)} = 1,49$ ;  $Y^- = I^-$ .

5-masala. Aminazin (I) va propazin (II) aralashmasi "Silufol" plastinkasida bir-biridan ajratildi. Tajriba yo'li bilan quyidagilar aniqlandi:  $l_{(I)} = 20mm$ ,  $l_{(II)} = 56mm$ .  $d_{(I)}$  (dog'diametri),  $d_{(II)} = 10mm$ ,  $d_{(II)} = 10mm$ , erituvchi fronti  $L = 100mm$ . Aminazin uchun  $R_f$  qiymati va moddalarni ajratish darajasini hisoblang:

Javob: 0,20; 4,24.

6-masala. Taribada olingan quyidagi qiymatlar uchun X moddaning standart moddaga nisbatan  $R_f$  qiymatini hisoblang:  $L = 50mm$ ,  $l_x = 30mm$ ,  $l_{st} = 26mm$ .

Javob: 1,15.

7-masala. Diprazin (I) va propazin(II) aralashmasi “Silufol” plastinkasida bir-biridan ajratildi. Tajriba yo‘li bilan quyidagilar aniqlandi:  $L = 100 \text{ mm}$ ,  $l_{(I)} = 40 \text{ mm}$ ,  $d_{(I)} = 56 \text{ mm}$ ;  $l_{(II)} = 56 \text{ mm}$ ,  $d_{(II)} = 8 \text{ mm}$ .

Propazin(II)ning  $R_f$  qiymatini va moddalarning ajratish darajasini hisoblab chiqing.

Javob: 0,56; 2,29.

8-masala. Aminazin(I) va diprazin (II) aralashmasi “Silufol” plastinkasida bir-biridan ajratildi. Tajriba yo‘li bilan quyidagilar aniqlandi:  $L = 100 \text{ mm}$ ,  $l_{(I)} = 20 \text{ mm}$ ,  $d_{(I)} = 4 \text{ mm}$ ;  $l_{(II)} = 32 \text{ mm}$ ,  $d_{(II)} = 3 \text{ mm}$ . Diprazin  $R_f$  qiymati va ajratish darajasini hisoblang.

Javob: 0,32; 3,43.

9-masala. Salitsil kislota(I) va atsetilsalisil kislota(II) bir-biridan “Silufol” plastinkasida ajratildi va quyidagi qiymatlar olindi:  $L = 50 \text{ mm}$ ,  $l_{(I)} = 20 \text{ mm}$ ,  $d_{(I)} = 2 \text{ mm}$ ;  $l_{(II)} = 45 \text{ mm}$ ,  $d_{(II)} = 3 \text{ mm}$ . Salitsil kislotalarining harakat koefitsiyenti  $R_f$  qiymatini va ularning ajratish koefitsiyentini aniqlang:

Javob: 0.40; 10.

10-masala.  $X$  modda uchun  $R_f$  va  $R_{st}$  qiymatlarini hisoblang. Tajribada quyidagi qiymatlar olindi:  $L = 50 \text{ mm}$ ,  $l_{(x)} = 27 \text{ mm}$ ,  $l_{(st)} = 26 \text{ mm}$ .

Javob: 0,54, 1,04.

11-masala. Fenol(I) va rezorsin(II) moddalar YuQX usulida bir-biridan ajratildi. Tajriba natijasida quyidagi qiymatlar aniqlandi:  $L = 50 \text{ mm}$ ,  $l_{(I)} = 20 \text{ mm}$ ,  $d_{(I)} = 4 \text{ mm}$ ;  $l_{(II)} = 36 \text{ mm}$ ,  $d_{(II)} = 5 \text{ mm}$ . Rezorsin uchun  $R_f$  qiymatini va moddalarning bir-biridan ajratish darajasini hisoblang.

Javob: 0,72; 3,56.

12-masala. Alanin(I) va fenilalanin(II) moddalar YuQX usulida bir-biridan ajratildi. Tajriba natijasida quyidagi qiymatlar aniqlandi:  $L = 100 \text{ mm}$ ,  $l_{(I)} = 45 \text{ mm}$ ,  $d_{(I)} = 9 \text{ mm}$ ;  $l_{(II)} = 70 \text{ mm}$ ,  $d_{(II)} =$

12 mm. Alaninning  $R_f$  qiymatini va moddalarning bir-biridan ajratish darajasini hisoblang.

Javob: 0.45 ; 2.78 .

13-masala. Alanin moddasi uchun quyidagi xromatografik kattaliklar asosida  $R_f$  va  $R_{st}$  qiymatlarini hisoblang.  $L = 50 \text{ mm}$ ,  $l_{(I)} = 45 \text{ mm}$ ,  $l_{(st)} = 46 \text{ mm}$ .

Javob: 0,90; 0,98.

14-masala. Fenol(I) va salitsil kislotasi(II) aralashmasi YuQX usulida bir-biridan ajratildi. Tajriba natijasida quyidagi qiymatlar aniqlandi:  $L = 50 \text{ mm}$ ,  $l_{(I)} = 20 \text{ mm}$ ,  $d_{(I)} = 8 \text{ mm}$ ;  $l_{(II)} = 40 \text{ mm}$ ,  $d_{(II)} = 5 \text{ mm}$ . Fenol uchun  $R_f$  qiymatini va moddalarning bir-biridan ajratish darajasini hisoblang.

Javob: 0,40; 3,08.

15-masala. Glyukoza va laktoza eritmalarini qog'oz xromatogafiyasi usulida analiz qilinganda start chizig'idan dog'lar markazigacha yuqoridagi moddalar uchun quyidagi qiymatlar olingan: 4,6 sm va 2,3 sm. Erituvchining o'tgan masofasi 10 sm. Har qaysi modda uchun  $R_f$  qiymatini hisoblang.

Javob: 0,46 : 0,23.

16-masala. Fruktoza va saxaroza eritmalarini qog'oz xromatogafiyasi usulida analiz qilinganda start chizig'idan dog'lar markazigacha yuqoridagi moddalar uchun quyidagi qiymatlar olingan: 6,0 sm va 4,3 sm. Erituvchining o'tgan masofasi 12 sm. Har qaysi modda uchun  $R_f$  qiymatini hisoblang.

Javob: 0,50 : 0,36.

17-masala. Fenobarbital va butadion eritmalarini qog'oz xromatogafiyasi usulida analiz qilinganda start chizig'idan dog'lar markazigacha yuqoridagi moddalar uchun quyidagi qiymatlar olingan: 5,1 sm va 6,1 sm. Erituvchining o'tgan masofasi 10 sm. Har qaysi modda uchun  $R_f$  qiymatini hisoblang.

Javob: 0,51: 0,61.

18-masala. Kofein va butadion eritmalarini qog'oz xromatografiyasi usulida analiz qilinganda start chizig'idan dog'lar markazigacha yuqoridagi moddalar uchun quyidagi qiymatlar olingan: 7,0 sm va 6,1 sm. Erituvchining o'tgan masofasi 10 sm. Noma'lum aralashma analiz qilinganda moddaning dog'i markazigacha bo'lgan masofa 8,4 smni tashkil etdi, bu vaqtda erituvchining o'tgan masofasi 12 smni tashkil etdi. Moddani aniqlang.

Javob: kofein,  $R_f = 0,70$ .

19-masala.  $R_f$  qiymati quyidagi ionlar uchun quyidagi qiymatlarga ega:  $Cd^{+2} = 0,6$ ;  $Zn^{+2} = 0,6$ ;  $Co^{+2} = 0,1$ ;  $Bi^{+3} = 0,5$ ;  $Al^{+3} = 0,1$ . Aralashma tarkibidagi qaysi ionlar aniqlanishi mumkin emas:

a)  $Zn^{+2}, Al^{+3}, Co^{+2}$       b)  $Zn^{+2}, Cd^{+2}, Co^{+2}$

v)  $Co^{+2}, Bi^{+3}, Al^{+3}$

Javob: a)  $Al^{+3}, Co^{+2}$       b)  $Zn^{+2}, Cd^{+2}$       v)  $Co^{+2}, Al^{+3}$

20-masala. Osh tuzining 0,2015 gramm miqdori suvda eritildi va hosil bo'lgan eritma  $H^+$  – formaga o'tgan kationit qatlamidan o'tkazildi. Elyuat 0,1083 M natriy ishqor eritmasi bilan titrlanganda 20,35 ml sarf bo'ldi. Osh tuzining eritmadagi massa ulushini aniqlang.

Javob: 63,87%.

21-masala. 0,5525 gramm kaliy nitrat miqdori suvda eritildi va hosil bo'lgan eritma  $OH^-$  formaga o'tgan anionit qatlamidan o'tkazildi. Elyuat 0,1025 M xlorid kislota eritmasi bilan titrlanganda 23,15 ml sarf bo'ldi. Tuzning eritmadagi massa ulushini aniqlang.

Javob: 42,46%

22-masala. 0,5075 g natriy bromid miqdori suvda eritildi va hosil bo'lgan eritma  $OH^-$  formaga o'tgan anionit qatlamidan o'tkazildi. Elyuat 0,1000 M xlorid kislota eritmasi bilan titrlanganda 20,90 ml sarf bo'ldi. Tuzning eritmadagi massa ulushini aniqlang.

Javob: 42,18%

23 -masala. Preparat tarkibidagi lamividun miqdorini aniqlash uchun YuSSX usulida analiz qilish uchun 50 mg preparatni 50 ml harakatli fazada (atsetat buferining metanol bilan aralashmasi) eritdik va analiz qildik. Xuddi shu sharoitda 50 mg lamividunning 50 ml

shunday tarkibga ega harakatli fazada eritilgan standart eritmasini analiz qildik. Birinchi va ikkinchi xromatogrammada lamividunga tegishli xromatografik cho‘qqilar yuzasining nisbati 0,98 ga teng bo‘ldi. Preparat tarkibidagi lamividunning massa ulushini aniqlang.

*Javob:* 0,98%.

24 -*masala*. Lamividun tarkibidagi qo‘shimcha moddalarni aniqlash uchun YuSSX bilan qilingan tajribada ichki normallashtirish usuli qo‘llanildi. Bir xil o‘lchov birligida ularga mos keluvchi xromatografik cho‘qqi yuzalari quyidagi qiymatlarga ega: lamivudin-49; 2R-karboksi kislota - 0,50; salitsil kislota -0,25; sitozin – 0,15; aniqlanmagan aralashma – 0,10. Preparat tarkibidagi asosiy va qo‘shimcha komponentlarning Y–massa ushlarini (%) aniqlang.

*Javob:* 98; 1; 0,50; 0,30; 0,20.



## V1 . XROMATOGRAFIYA ASOSLARIDAN TESTLAR

1. Ion almashinish jarayonini maqbullashtirish uchun temperaturani .... kerak.  
A. O'zgartirishsiz qoldirish  
B. Pasaytirish (sovutish)  
C. Isitish  
D. Qayta sovutish
2. Organik ion almashtirgichlar silikatli larga nisbatan ..... (kolonkalikni) namoyon qiladi.  
A. Barcha qayd etilgan kolonkaliklarni  
B. Mexanik mustahkamlikni  
C. Almashinish sig'imini  
D. Almashinish tezligini
3. Kondensatlangan polimerlarda tikish darajasini boshqarish uchun ..... reaksiyasi o'tkaziladi.  
A. n-almashgan fenolning almashmagan fenolga nisbati bilan  
B. n-almashgan fenolning, alkil guruhining, formaldegid bilan  
C. Almashmagan fenolning formaldegid bilan  
D. Fenolning nitrat kislota bilan
4. Polistirol smolani sulfirlash uchun smola ..... bilan ishlanadi.  
A. Qayd etilgan reagentlarning istalgani  
B. Sulfat kislota  
C. Xlorsulfon kislota  
D. Sulfit angidrid
5. Tekislik xromatografiyasi asosida qanday tamoyil yotadi?  
A. Bajarish texnikasi  
B. Agregat holat  
C. Ta'sir mexanizmi  
D. Xromatograflash maqsadi
6. Xromatogrammani olishning qaysi usuli amaliy jihatdan eng qulay?  
A. Elyuentli  
B. Siqib chiqaruvchi  
C. Frontal  
D. Elyuentli-gradiyentli
7. Qanday vaqtga ushlanish vaqti deyiladi?  
A. Moddalar aralashmasi yuborilgandan cho'qqi qayd etilgangaacha sarf bo'lgan vaqt

- B. Moddalar aralashmasi yuborilgandan oxirgi modda chiqqangacha sarf bo'lgan vaqt
- C. Ikki modda cho'qqilari orasidagi interval (minutlarda)
- D. Moddaning harakatdagi fazada bo'lishi
8. Qaysi formula to'g'rilangan ushlanish vaqtini ( $t'_R$ ) ifodalaydi?
- A.  $t'_R = t_R - t_m$
- B.  $t'_R = t_R - t_S$
- C.  $t'_R = t_{R_2} - t_{R_1}$
- D.  $t'_R = t_{R_2} + t_{R_1}$
9. Qaysi formula to'g'rilangan ushlanish hajmini ( $V'_R$ ) ifodalaydi?
- A.  $V'_R = V_R - V_m$
- B.  $V'_R = V_R - V_S$
- C.  $V'_R = V_S - V_m$
- D.  $V'_R = V_S + V_m$
10. Xromatograflashning natijalarining qayta takrorlanishi uchun qaysi shartlarga amal qilish kerak?
- A. Qayd etilgan barcha shartlar
- B. Harakatdagi faza bosimi
- C. Temperatura va bosim
- D. Faza tarkibi
11. Qaysi formula taqsimlanish koeffitsiyentini ifodalaydi?
- A.  $D = C_S / C_m$
- B.  $D = C_m - C_S$
- C.  $D = C_m + C_S$
- D.  $D = C_m / C_S$
12. Xromatografiyada sig'im koeffitsiyenti qanday kattalikni ko'rsatadi?
- A. Moddaning harakatdagi fazaga qaraganda turg'un fazada necha marta ko'p vaqt bo'lishini
- B. Moddaning harakatdagi fazadagiga qaraganda turg'un fazadagi konsentratsiyasining necha marta kattaligini
- C. Aniqlanadigan moddaning sorbentdagi konsentratsiyasining dastlabki eritmadagi konsentratsiyasiga nisbatini
- D. Analizga kam vaqt talab etilishini
13. Ushlanish hajmi ( $V_R$ ) tushunchasi nimani xarakterlaydi? .....
- elyuent hajmini.
- A. Sorbentdagi
- B. Aniqlanadigan moddani elyuirlash uchun zarur bo'lgan
- C. Tayyorlangan

- D. Qayd etilgan javoblarning barchasi to'g'ri
14. Ushlanish koeffitsiyenti (sekinlanish) ( $R$ ) nimani ko'rsatadi?
- Moddaning harakatdagi fazada bo'lish vaqtini
  - Moddaning turg'un fazada bo'lish vaqtini
  - Analiz uchun zarur bo'lgan vaqtni
  - Ushlanmaydigan moddani xromatogrammada qayd etish vaqtini
15. Sorbsiya izotermasi nimani xarakterlaydi ? ..... bog'liqlik grafigi.
- Modda turg'un fazadagi miqdorining uning harakatdagi fazadagi konsentratsiyasiga
  - Daslabki konsentratsiyaning uning sorbilangan qismga
  - Sorbsiya jarayoni vaqtining sorbat konsentratsiyasiga
  - Temperaturaning sorbentdagi sorbat konsentratsiyasiga
16. Xromatografik kolonkaning samaradorligi qaysi parametrlar bilan xarakterlanadi ?
- Nazariy tarelkalar soni va ekvivalent nazariy tarelkalar balandligi bilan
  - Nazariy tarelkalar soni bilan
  - Ekvivalent nazariy tarelkalar balandligi bilan
  - Moddaning ushlanish vaqti bilan
17. Qaysi formula yordamida nazariy tarelkalar soni hisoblanadi?
- $N = 16(t_R/W)^2$
  - $H = h/N$
  - $H = h \cdot N$
  - $t_R = t_m + t_s$
18. Xromatografiyada ajratish termini nimani xarakterlaydi?
- Ikki qo'shni cho'qqilarning ajralishini
  - Analiz qilinayotgan aralashmani ajratish imkoniyatini
  - Analiz qilinayotgan moddaning minimal konsentratsiyasini
  - Turg'un faza selektivligini
19. Qaysi formula yordamida nazariy tarelkalar soni hisoblanadi?
- $N = 16(t_R/W)^2$
  - $R_S = 2 \cdot (t_{R_2} - t_{R_1}) / (W_1 - W_2)$
  - $\alpha = D_2/D_1$
  - $V_R = F \cdot t_R$
20. Qaysi formula yordamida nazariy tarelkalar soni hisoblanadi?
- $\alpha = D_2/D_1$

- B.  $N = 16(t_R/W)^2$   
 C.  $R_S = 2 \cdot (t_{R_2} - t_{R_1})/(W_1 - W_2)$   
 D.  $V_R = F \cdot t_R$
21. Xromatografik cho'qqilarning ajralishiga qaysi parametrlar ta'sir etadi?  
 A. Barcha parametrlar  
 B. Samaradorlik  
 C. Selektivlik  
 D. Sig'im koeffitsiyenti
22. Aniqlanadigan moddaning sifat xarakteristikasi vazifasini qaysi kattalik o'ynaydi?  
 A. Nazariy tarelkalar soni  
 B. Ushlanish vaqti (ushlanish hajmi)  
 C.  $R_S$  kattaligi  
 D.  $t_{R_2}$  va  $t_{R_1}$  orsidagi farq
23. Qaysi formula yordamida sig'im koeffitsiyenti hisoblanadi?  
 A.  $k' = (t_R - t_m)/t_m$   
 B.  $\alpha = D_2/D_1$   
 C.  $N = 16(t_R/W)^2$   
 D.  $R_S = 2 \cdot \frac{t_{R_2} - t_{R_1}}{W_1 - W_2}$
24. Darajalash usulida miqdoriy analiz o'tkazishning asosida nima yotadi?  
 A. Standartlar bo'yicha darajalash grafigini tuzish  
 B. Standart va analit cho'qqilari balandligini solishtirish  
 C. Standart va analit eritmalari Gauss egri chizig'i ostidagi maydonlarni hisoblash  
 D. Analitga ma'lum miqdor moddani qo'shish va xromatograflashdan keyin formula bo'yicha hisoblash
25. Gaz xromatografiyasida asosan nima harakatdagi faza sifatida ishlatiladi?  
 A. Inert gazlar  
 B. Qutbli erituvchilar  
 C. Qutbsiz erituvchilar  
 D. Vodorod, karbonat angidrid
26. Gazoabsorbsion xromatografiya bilan gaz-suyuqlik xromatografiyasi o'rtasidagi farq qiluvchi belgi nimadan iborat?  
 A. Sorbentning agregat holati

- B. Elyuent tabiati
  - C. Asbobiy ta'minot
  - D. Ko'rsatilgan barcha parametrlar
27. Gaz-suyuqlik xromatografiyasida sorbent vazifasini nima o'ynaydi?
- A. Suyuq faza
  - B. Qattiq faza
  - C. Ionitlar
  - D. Xelatli polimer sorbentlar
28. Ekvivalent nazariy tarelkalar balandligi harakatdagi fazaning oqim tezligiga bog'liq holda qanday o'zgaradi?
- A. Oshadi
  - B. Kamayadi
  - C. O'zgarmaydi
  - D. Darajali oshadi
29. Kolonka samaradorligi grafik holda xromatogrammada qanday ifodalanadi?
- A. Cho'qqining o'tkirligi bilan
  - B. Cho'qqining yarim o'qi bilan
  - C. Xromatografik yoyilish bilan
  - D. A va V moddalar xromatogrammasini bir-biriga ustma-ust qo'yish bilan
30. Gaz xromatogrammasida temperaturani dasturlash qanday kolonkalikni beradi?
- A. Murakkab aralashmani ajratish imkoniyati oshadi
  - B. Analiz tezlashadi
  - C. Aniqlik oshadi
  - D. Kolonkalikka ega emas
31. Qaysi kattalik A va V moddalarni bir-biridan ajratishning miqdoriy xarakteristikasi?
- A.  $\alpha_{A/B} = D_A/D_B$  nisbati
  - B.  $R = \frac{c_s}{c_s + c_m} \%$  ajratib olish darajasi
  - C.  $D = \frac{c_s}{c_m}$  A moddaning har ikkala fazalardagi konsentratsiyalari nisbati
  - D.  $R = \frac{c_s}{c_s - c_m}$  nisbati
32. Xromatogrammada analitik signal intensivligining qaysi parametrga bog'liqligi ifodalanadi?

- A. Vaqt
  - B. Konsentratsiya
  - C. Temperatura
  - D. Oqim tezligi
33. Qaysi detektor Gauss egri chizig'iga maksimal yaqinlashgan cho'qqini beradi va sanash uchun qulay?
- A. Ultrabinafsha
  - B. Refraktometrik
  - C. Alanga-ionlanuvchi
  - D. Konduktometrik
34. Gradientli elyuirlash nimaga asoslangan?
- A. Tarkibi uzluksiz o'zgaradigan harakatdagi fazani ishlatishga
  - B. Yuqori elyuatsion faollikdagi erituvchilarni qo'llashga
  - C. Yuqori bosimni qo'llashga
  - D. Organik erituvchilarni (elyuentlar) ishlatishga
35. Xromatografik cho'qqining balandligi ..... ga proporsional.
- A. Analit konsentratsiyasi
  - B. Ushlanish vaqti
  - C. Harakatdagi faza tezligi
  - D. Nazariy tarelkalar soni
36. Xromatografik kolonkani tanlashda quyidagi natijalar olingan:  $t_R = 25$  minut, cho'qqi kengligi 40 sekund. Nazariy tarelkalar sonini aniqlang.
- A. 22500
  - B. 6,25
  - C. 40,96
  - D. 1400
37. Kolonkani tanlashda A va V moddalarning taqsimlanish koeffitsiyenti ( $D$ ) mos ravishda 10 va 15. Ajratish omili nechaga tengligini aniqlang.
- A. 1,5
  - B. 0,66
  - C. 5,0
  - D. 25,0
38. Miqdoriy analiz uchun xromatogrammaning qaysi parametrlari ishlatiladi?
- A. Balandlik va kenglik
  - B. Balandlik

- C. Kenglik  
D. Cho‘qqining chiqish vaqti
39. Tadqiqotchining adsorbsiya izotemasining chiziqli sohasida miqdoriy analizni olib borayotganini qaysi tajribaviy natijalar tasdiqlaydi?  
A. Cho‘qqi maydoni  $(S) = f(C)$   
B. Analitning chiqish vaqti  $t = f(C)$   
C. Cho‘qqilar balandligi  $h = \text{const.}$   
D. Barcha javoblar to‘g‘ri
40. Kolonka uzunligi 2 metr. Turli oqim tezliklari uchun kolonkaning o‘lik vaqti mos ravishda 18,2 va 8 sekund. Oqim tezligini aniqlang.  
A. 11 sm/s va 25 sm/s  
B. 22 sm/s va 25 sm/s  
C. 6 sm/s va 8 sm/s  
D. 50 sm/s va 20 sm/s
41. Normal-fazali taqsimlanish xromatografiyasida ..... :  
A. Sorbent qutbli, elyuent esa qutbsiz  
B. Sorbent qutbsiz, elyuent esa qutbli  
C. Sorbent va elyuent qutbli  
D. Sorbent va elyuent qutbsiz
42. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasining murojaat fazali variantida qanday sorbentlar va elyuentlar ishlatiladi?  
A.  $R - NH_2, CH_3OH$   
B.  $R - SO_3H, CH_3OH$   
C.  $R - SO_3H, HCl$   
D.  $SiO_2, NaOH$   
E.  $SiO_2$  – xelatli reagent,  $C_5H_6$
43. Kolonkaning qaysi xarakteristikalar ajralishga ta’sir etadi?  
A. Samaradorlik va selektivlik  
B. Samaradorlik  
C. Selektivlik  
D. Ajratish qobiliyati
44. Organik sorbentlarning sifati (sig‘imi) qanday yo‘l bilan oshiriladi?  
A. Sulfirlanadi  
B. Kuydiriladi  
C.  $HNO_3$  bilan ishlov beriladi  
D.  $NaOH$  bilan ishlov beriladi
45. Sintetik organik sorbentlar qanday kolonkaliklarga ega?  
A. Barcha javoblar to‘g‘ri

- B. Zarrachaning barcha hajmi hajm uchun ochiq
  - C. Yaxshi kinetik va filtrlovchi xarakteristikani namoyon qiladi
  - D. Agressiv muhitga bardoshli
46. Qanday sorbentlar universal sorbentlar deyiladi?
- A. Ion almashinuvchi guruhlar miqdori bilan
  - B. Sorbent zarrachasi o'lchami bilan
  - C. Suv miqdori bilan
  - D. Alkil guruhlarining ishtiroki bilan
47. Ionitlarning almashinish sig'imi qaysi birlikda ifodalanadi?
- A. Mg-ekv 1 g quruq sorbentda
  - B. mg kg sorbentda
  - C. 100 g sorbentdagi sorbatning % miqdori
  - D. Barcha javoblar to'g'ri
48. Moddaning sorbentga nisbiy moyilligini qaysi parametr xarakterlaydi?
- A. Barcha javoblar to'g'ri
  - B. Zaryad bilan
  - C. Konsentratsiya bilan
  - D. Sorbatning ion radiusi bilan
49. Keltirilgan ionlardan qaysi biri konsentratsiyalari bir xil bo'lganda oldin sorbsiyalanadi?
- A.  $I^-$
  - B.  $F^-$
  - C.  $Cl^-$
  - D.  $Br^-$
50. Xromatografik aniqlashlar amaliyotida xromatograflashning qaysi rejimi (tartibi) ishlatiladi?
- E. Dinamik
  - F. Statik
  - G. Har ikkalasi ham
  - H. Termodinamik
50. Ion almashinishga oqim tezligi qanday ta'sir etadi?
- A. Oqim tezligi qancha kichik bo'lsa, almashinish shuncha katta bo'ladi
  - B. Oqim tezligi qancha katta bo'lsa, almashinish shuncha katta bo'ladi
  - C. Oqim tezligi qancha kichik bo'lsa, almashinish shuncha kichik bo'ladi



D. Ta'sir etmaydi

51. Sorbsiya jarayonining yaxshilanishiga qaysi omillar ta'sir etadi?

A. Barcha qayd etilgan omillar

B. Sorbent zarrachasining o'lchami

C. Oqim tezligi va kolonka parametrlari

D. Sistema temperaturasi va muhit ko'rsatkichi (pH)

52. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi qanday kamchilikka ega?

A. Universal detektorga ega emas

B. Yuqori darajadagi sezgirlik yetarli emas

C. Qutbli birikmalarni analiz qilish imkoniyati yo'q

D. Uchmaydigan birikmalarni analiz qilish imkoniyati yo'q

53. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi amaliyotida qanday diametrli kolonkalardan foydalanish ideal hisoblanadi?

A. 1-2 mm

B. 1-2 sm

C. 0,5-1,0 sm

D. 10-50 mkm

54. Yupqa qavat xromatografiyasida minimal diametrli dog'larni qo'yish uchun ..... ishlatiladi.

A. Maxsus applikatorlar

B. Pipetkalar

C. Mikroshprislar

D. Kapillyarlar

55. Gaz-suyuqlik xromatografiyasida ajratishning asosida nima yotadi?

A. Analitlarning qaynash temperaturasi orasidagi farq

B. Moddaning agregat holati

C. Sorbent zarrachasining o'lchamlari

D. Harakatdagi faza sifatida gazdan foydalanish

56. Gaz-suyuqlik xromatografiyasida suyuq fazaga qanday talablar qo'yiladi?

A.  $300^{\circ}\text{C}$  gacha termik barqaror

B. Hammabop

C. Qutbli

D.  $100^{\circ}\text{C}$  da uchuvchan

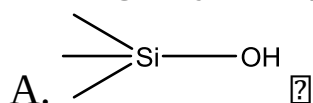
57. Gaz-suyuqlik xromatografiyasida kam miqdor moddani aniqlashdagi ahamiyatli xato nima bilan bog'liq?

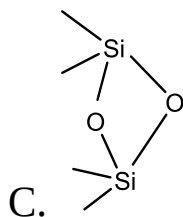
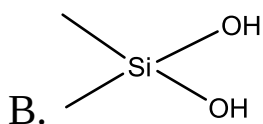
A. Analitning sorbentda adsorbsiyasi bilan

- B. Aniqlash temperaturasi aniqlanadigan temperaturaning parchalanishi bilan
  - C. Turg'un suyuq fazada qaytmas adsorbsiya bilan
  - D. Barcha javoblar to'g'ri
58. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasida aniqlash aniqligini qanday oshirish mumkin?
- A. Nositelning faolligini yo'qotib (dezaktivatsiya)
  - B. Kolonkani uzaytirib
  - C. Detektorni tanlab
  - D. Elyuentni almashtirib
59. Gaz-suyuqlik xromatografiyasida kolonkaga namuna qanday yuboriladi?
- A. Barcha javoblar to'g'ri
  - B. Mikroshpris yordamida
  - C. Dozalovchi halqadan foydalanib
  - D. Qattiq holda
60. Xromatografik cho'qqi maydoni nimani xarakterlaydi?
- A. Modda miqdorini
  - B. Namunaning sifat tarkibini
  - C. Ajralishning to'liqligini
  - D. Elyuent sarfini
61. Gaz tashuvchi uchun qaysi talab majburiy emas?
- A. Yuqori tozalik
  - B. Analiz qilinadigan moddalarga nisbatan inertlik
  - C. Alangaga barqarorlik
  - D. Detektor signalining bo'lmasligi
62. Sorbent sirtidagi faol markazlarni yo'qotish uchun qaysi usul qo'llaniladi?
- A. Kremniyorganik polimerlar bilan ishlov berish
  - B. Qizdirish
  - C. Sovutish
  - D. Vakuumlash
63. Gaz-adsorbsion xromatografiya gaz-suyuqlik xromatografiyasidan nimasi bilan farq qiladi?
- A. Ajralish mexanizmi bilan
  - B. Asboblari bilan
  - C. Analiz ob'ektlari bilan
  - D. Detektorlar bilan

64. Agar xromatografik cho‘qqilarning maydonlari ( $\text{mm}^2$ ): fenol – 19, metilfenol – 11, etilfenol – 31 bo‘lsa, har qaysi komponentning % miqdorini hisoblang.
- A. 31,1; 18,0; 50,9
  - B. 41,0; 24,6; 34,4
  - C. 52,0; 26,0; 22,0
  - D. 37,0; 33,0; 30,0
65. Gaz-suyuqlik xromatografiyasidan harakatdagi va turg‘un faza sifatida ..... qo‘llaniladi.
- A. Gaz va organik erituvchi
  - B. Gaz va suv
  - C. Suyuqlik va gaz
  - D. Suv va gaz
66. Xromatografiyada qaysi parametrdan foydalanib moddalar identifikatsiyalanadi?
- A. Ushlanish vaqti
  - B. Qaynash temperaturasi
  - C. Issiqlik o‘tkazuvchanlik
  - D. Xromatografik cho‘qqi maydoni
67. Xromatografik cho‘qqilarning maydonlari ( $\text{mm}^2$ ): geksan – 25, geptan – 15, oktan – 20 bo‘lsa, har qaysi komponentning % miqdorini hisoblang.
- A. 41,7; 25,0; 33,3
  - B. 31,1; 18,0; 50,9
  - C. 28,6; 35,7; 35,7
  - D. 34,0; 33,0; 33,0
68. Xromatografik kolonka samaradorligi ..... ni xarakterlaydi.
- A. Cho‘qqilarning nisbiy kengligi yoki nazariy tarelkalar soni
  - B. Kolonka diametri va uzunligi
  - C. Cho‘qqilarning maksimal soni
  - D. Aniqlanadigan moddalar soni
69. Adsorbent solishtirma sirtining o‘lchov birligi ..... .
- A.  $\text{m}^2/\text{g}$
  - B.  $\text{m}^2/\text{kg}$
  - C.  $\text{dm}^2/\text{kg}$
  - D.  $\text{sm}^2/\text{mg}$
70. Qaysi detektor issiqlik o‘tkazuvchanlikni o‘lchashga asoslangan?
- A. Katarometr

- B. Ionlovchi  
C. Alanga-ionlovchi  
D. Spektrofotometrik
71. Xromatografik cho‘qqilarning maydonlari ( $\text{mm}^2$ ):  $\text{Cl}^-$  – 63,  $\text{SO}_4^{2-}$  – 24,  $\text{NO}_3^-$  – 6 bo‘lsa, har qaysi komponentning % miqdorini hisoblang.  
A. 67,7; 25,8; 6,5  
B. 57,7; 36,5; 6,4  
C. 77,7; 15,8; 5,0  
D. 80,9; 15,3; 5,1
72. Analitik maqsadlarda qaysi ko‘rinishdagi adsorbsiya izotermasi qo‘llaniladi?  
A. Chiziqli  
B. Botiq  
C. Qabariq  
D. S simon
73. Elektron integratori nima maqsadda qo‘llaniladi ?  
A. Xromatografik cho‘qqilar maydoni hisoblash uchun  
B. Ajralish samaradorligini oshirish uchun  
C. Sezgirlikni oshirish uchun  
D. Xromatograflash sharoitlari doimiylikini oshirish uchun
74. Agar  $l = 8 \text{ mm}$ , xromatografik qog‘ozdagi erituvchi frontining harakat tezligi  $64 \text{ mm/min}$ , moddalarning ushlanish vaqtlari (sek): fenol – 3, 2-metilfenol – 7,5, gvayakol – 11 va 2-etilfenol – 14 bo‘lsa, moddani aniqlang (identifikatsiyalang)?  
A. Gvayakol  
B. Fenol  
C. 2-metilfenol  
D. 2-etilfenol
75. Xromatografiya maqsadlari uchun kremneziom qanday olinadi?  
A.  $\text{K}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{\text{HCl}} \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{SiO}_2$   
B.  $\text{SiO}_2$  (kvars qumi maydalanadi)  
C. Amorf kremniyni qizdirish yordamida kislorod bilan oksidlash  
D. Barcha usullar yordamida
76. Xromatografiya maqsadlari uchun kremneziom qanday olinadi?





D. Barcha guruhlar teng kuchli

77. Alyuminiy oksidining anionitli formasi qanday olinadi?

A.  $Al_2O_3$   $HNO_3$  bilan ishlanadi

B.  $Al_2O_3$  suv bilan ishlanadi

C.  $Al_2O_3$  qizdiriladi

D.  $Al_2O_3$   $NaOH$  bilan ishlanadi

78. Nisbatan sifatli o'ziga xos – spessifik sorbentlar qanday olinadi?

A. Sorbentga – substatga xelat reagentni kovalentli immobillash

B. Substatga xelat reagentni kovalentlimas immobillash

C. O'zaro ta'sirning ion mexanizmini qo'llash

D. Fizik sorbsiya

79. Tabiiy organik sorbentlar (guminli moddalar, qoramtir ko'mir, torf, sellyuloza va h.z.) qanday kolonkaliklarni namoyon qiladi?

A. Ular oson topiladi va arzon

B. Yaxshi sorbsion xarakteristikalariga ega

C. Sobsiya sig'imi katta

D. Agressiv muhit ta'siriga chidamli

80. Tarkibida kuchli asos gruhlari bo'lgan ionitlar ..... da almashinishga moyil.

A.  $pH$  ning barcha qiymatlarida

B.  $pH > 7$  da

C.  $pH < 7$  da

D.  $pH = 7$  da

81. Ionitlarning ionalmashinish xossasiga qaysi omillar ta'sir etadi?

A. Barcha qayd etilgan omillar

B. Temperatura

C. Nurlanish

D. Kislotali muhit

82. Gaz xromatografiyasi usulida propion (1) va moy (2) kislotalari aralashmasini ajratishda xromatografik cho‘qqilarning parametrlari (mm) mos ravishda quyidagilarni tashkil etgan:

|                                      | 1    | 2    |
|--------------------------------------|------|------|
| Balandlik                            | 22,0 | 43,8 |
| Cho‘qqi yarim balandligidagi kenglik | 2,5  | 3,0  |

- Propion kislotaning massa ulushini (%) hisoblang.
- A. 14,76  
B. 29,51  
C. 70,50  
D. 35,25
83. Izopentilatsetat preparatidagi n-pentilatsetatni gaz xromatografiyasi usulida aniqlashda xromatografik cho‘qqilar maydonlari ( $\text{mm}^2$ ) mos ravishda: 1,80 (n-pentilatsetat); 86 (izopentilatsetat)ni tashkil etgan. Namunadagi n-pentilatsetatning massa ulushini (%) hisoblang.
- A. 2,05  
B. 97,95  
C. 0,21  
D. 9,80
84. Fenilalanin va tirozin aminokislotalari qog‘oz xromatografiyasi usulida ajratildi. Erituvchi fronti 86,5 mm ga siljidi. Fenilalanin va tirozinlar dog‘larining markazlari ko‘riniladigan qilingandan keyin mos ravishda 49 va 26 mm ga siljiganligi aniqlandi. Aminokislotalarning ajralish koeffitsiyentlarini aniqlang.
- A. 0,53  
B. 0,30  
C. 1,77  
D. 3,33
85. Xromatograflash uzunligi 16 sm, nazariy tarelkalar balandligi 0,8 sm bo‘lgan kolonka o‘tkazildi. Nazariy tarelkalar sonini (N) hisoblang.
- A. 20  
B. 10  
C. 15  
D. 40
86. Komponentlarning chiqish vaqti kolonka uzunligining oshishi bilan qanday o‘zgaradi?
- A. Oshadi

- B. O'zgarishsiz qoladi
  - C. Kamayadi
  - D. Oldin oshadi, keyin esa kamayadi
87. Agressiv muhitda analiz olib borilganda qaysi materialdan tayyorlangan kolonka ishlatiladi?
- A. Shishadan
  - B. Po'latdan
  - C. Misdan
  - D. Alyuminiydan
88. Kolonka nasadkasi bilan komponentlar kimyoviy reaksiyaga kirishadimi?
- A. Kirishmaydi
  - B. Kirishadi
  - C. Javob berishga qiynalaman
  - D. To'g'ri javob yo'q
89. Komponentlar ajralish darajasiga qaysi omil ta'sir etadi?
- A. Kolonka uzunligi
  - B. Kolonka temperaturasi
  - C. Atrof-muhit temperaturasi
  - D. To'g'ri javob yo'q
90. Gaz-tashuvchiga qanday talablar qo'yiladi?
- A. Inertlik
  - B. Agressivlik
  - C. Ma'lum temperaturagacha qizdirish
  - D. To'g'ri javob yo'q
91. Xromatogrammadagi cho'qqi balandligi qaysi parametrga bog'liq?
- A. Konsentratsiya
  - B. Modda tabiati
  - C. Havo namligi
  - D. To'g'ri javob yo'q
92. Gaz xromatografiyasida miqdoriy analiz uchun nimani bilish kerak?
- A. Cho'qqi balandligi (maydoni)
  - B. Kolonka temperaturasi
  - C. Moddaning chiqish vaqti
  - D. To'g'ri javob yo'q
93. Gaz xromatografiyasida sifatliy analiz uchun nimani bilish kerak?
- A. Moddaning chiqish vaqti
  - B. Cho'qqi balandligi (maydoni)

- C. Kolonka temperaturasi  
D. To'g'ri javob yo'q
94. Xlororganik moddalar guruhini tekshirishda asosan qaysi detektordan foydalaniladi?  
A. Elektron-qamrovchi  
B. Alanga-ionlanuvchi  
C. Katarometr  
D. To'g'ri javob yo'q
95. Detektorni tanlashda qanday talab qo'yiladi?  
A. Selektivlik (tanlab ta'sir etuvchanlik)  
B. Nol ko'rsatkichga nisbatan barqarorlik  
C. Uning o'lchamlari  
D. To'g'ri javob yo'q
96. Detektor signali kattaligi bilan o'lchanadigan konsentratsiya orasida bog'liqlik bormi?  
A. Ha  
B. Yo'q  
C. Javob berishga qiynalaman  
D. To'g'ri javob yo'q
97. Moddaning miqdoriy analizida qaysi bog'liqlik qo'llaniladi?  
A. Cho'qqi balandligi (maydoni) – modda konsentratsiyasi  
B. Ushlanish vaqti – modda konsentratsiyasi  
C. Gaz-tashuvchi safining tezligi – modda konsentratsiyasi  
D. To'g'ri javob yo'q
98. Xromatografiya - bu .....  
A. Xromatografik kolonkada moddalarning turlicha sorbsiyalanishi (ushlanishi) hisobiga amalga oshadigan aralashma komponentlarini ajratish usuli  
B. Xromatografik kolonkada moddalarning fizik-kimyoviy yutilish jarayoni  
C. Ranglangan moddalarni ajratish usuli  
D. To'g'ri javob yo'q
99. Gaz-suyuqlik xromatografiyasi bu .....  
A. Gaz xromatografiyasining varianti bo'lib, unda turg'un faza sifatida qattiq tutuvchidagi suyuq fazalar kompozitsiyasi ishlatiladi  
B. Gaz va suyuqliklarni ajratish usuli  
C. Suyuqliklarni ajratish usuli



- D. Dispers sistemalarni ajratish usuli
100. Xromatografiyada turg'un faza nima uchun kerak?
- Ajratiladigan komponentlarning qayta sorbsiyasi
  - Xromatografik kolonkani to'ldirish
  - Gazoxromatografik sistemada namunaning harakati
  - Komponentlarni tashish
101. Xromatografiyada harakatdagi fazaning roli nimadan iborat?
- Ajratiladigan aralashma komponentlarini tashish
  - Ajratiladigan aralashma komponentlarini eritish
  - Qattiq sorbentni yumshatadi va u bilan turg'un suyuq faza hosil qiladi
  - Xromatografik kolonkani to'ldirish
102. Moddaning chiqish vaqti uning  $t_{qaynash}$  iga qanday bog'liq?
- $t_{qaynash}$  si oshishi bilan uning ushlanish vaqti oshadi
  - $t_{qaynash}$  si oshishi bilan uning ushlanish vaqti kamayadi
  - $t_{qaynash}$  si kamayishi bilan uning ushlanish vaqti oshadi
  - $t_{qaynash}$  si oshishi bilan uning ushlanish vaqti o'zgarmaydi
103. Xromatogrammaning sifatiiy rasshifrovkasi nima bo'yicha qilinadi?
- Tekshirilayotgan modda ushlanish vaqti bilan etalon modda ushlanish vaqtini solishtirish orqali
  - Tekshirilayotgan modda cho'qqisining balandligi bo'yicha
  - Tekshirilayotgan modda cho'qqisining maydoni bo'yicha
  - Tekshirilayotgan modda konsentratsiyasi bo'yicha
104. Xromatografik tekshirish usullarida analiz qilinadigan moddaga qanday talab qo'yiladi?
- Ajratiladigan aralashma komponentlari ajratish temperaturasida barqaror bo'lishi kerak
  - Ajratiladigan aralashma komponentlari o'zaro ta'sirda bo'lishi kerak
  - Ajratiladigan aralashma komponentlari ajratish temperaturasida parchalanishi kerak
  - Ajratiladigan aralashma komponentlari konsentratsiyasi o'zgaruvchan bo'lishi kerak
105. Suyuqlik xromatografiyasi usuli ..... ga asoslangan.
- Xromatografik sistemada sorbsiya turli erkin energiyasiga ega bo'lgan moddalarning ajralishi (turg'un suyuq faza va gaz-tashuvchi)

- B. Turlicha sindirish ko'rsatkichli suyuqliklarni ajratish  
 C. Xromatografik sistemada sorbsiya turli erkin energiyasiga ega bo'lgan moddalarning ajralishi (turg'un faza va elyuent)  
 D. Gomologik qator moddalarini ajratish
106. Suyuqlik xromatografiyasida xromatografik kolonkaning samaradorligi nimaga bog'liq?  
 A. Nasadka zarrachasining o'lchamiga  
 B. Nasadka zarrachasining shakliga  
 C. Zarrachaning o'lchamiga ham, shakliga ham bog'liq emas  
 D. Kolonka materialiga
107. Murojaat-fazali xromatografiya uchun ..... xarakterli.  
 A. Turg'un faza – qutbsiz; harakatdagi faza - qutbli  
 B. Turg'un faza – qutbsiz; harakatdagi faza - qutbsiz  
 C. Turg'un faza – qutbli; harakatdagi faza – qutbli  
 D. Turg'un faza – qutbli; harakatdagi faza - qutbsiz
108. Kovachning ushlanish indeksi qaysi formula bo'yicha hisoblanadi?  
 A.  $I = 100 \left[ \frac{\log t_x - \log t_n}{\log t_{n+1} - \log t_n} + n \right]$   
 B.  $I = 100 \left[ \frac{t_x - t_n}{t_{n+1} - t_n} + n \right]$   
 C.  $I = a \cdot n_c + b$   
 D.  $I = c \cdot t_{qaynash} + d$
109. Chiziqli ushlanish indeksi qaysi formula bo'yicha hisoblanadi?  
 A.  $I = 100 \left[ \frac{t_x - t_n}{t_{n+1} - t_n} + n \right]$   
 B.  $I = 100 \left[ \frac{\log t_x - \log t_n}{\log t_{n+1} - \log t_n} + n \right]$   
 C.  $I = a \cdot n_c + b$   
 D.  $I = c \cdot t_{qaynash} + d$
110. Van-Deemter tenglamasining matematik ifodasi:  
 A.  $H = A + \frac{B}{V} + C \cdot V$   
 B.  $H = L/N$   
 C.  $I = 100 \left[ \frac{\log t_x - \log t_n}{\log t_{n+1} - \log t_n} + n \right]$   
 D.  $I = c \cdot t_{qaynash} + d$

## GLOSSARIY

### **Xromatografik analiz usullari fani uchun**

**Xromatografiya** - ya'ni «xromos» rang, «grafiya» - yezaman, ya'ni rangni yezaman degan ma'noni anglatadi.

**Xarakatsiz faza** - kattik adsorbent , kattik ushlab turuvchiga yeki qogozga shimdirilgan suyuq modda.

**Xromatografik ajralish jarayeni** - moddalarning xarakatsiz va xarakatli fazalar urtasida taqsimlanishidir.

**Xromatogramma** - kolonkadan chiqayotgan moddalarning birorta asbob bilan registrasiya qilishida hosil buladigan chizma.

**Tutilish vaqti** – moddaning xromatografga yuborilgan vaqtdan shu moddaga mansub bulgan xromatogramma chuqqisigacha utilgan vaqt .

**Tutilish xajmi** – tutilish vaqtining xarakatli fazaning xajmiy tezliliga kupaytmasi.

**Ajralish samaradorligi** - aralashma komponentlari kolonkadan o'tish davrida bir-biridan ajralishi va yoyilishi orasidagi bogliqlik.

**Ajralish samaradorligi** - nazariy tarelkalar balandligi (N) va nazariy tarelkalar soni (N) bilan xarakterlanadi

**Ajratish kursatgichlari** - ajratish darajasi ( $\alpha$ ), ajratish selektivligi( $K_c$ ) ajratish kriteriya ( R).

**Xromatografiya usullari** -fazalarning agregat xolati, ajratish mexanizmi, jarayenni utkazish usuli va xromatogrammalarni olish usuli bilan sinflanadi.

**Xarakatsiz faza** - yuqori selektivlikka ega bulishi, kam uchadigan va ishchi xaroratida parchalanmasligi va aniqlanadigan moddalar xamda tutib turuvchi modda bilan kimeviy inert

**Xarakatsiz suyuq fazalarning qutblilik darajasi-** Rorshnayder tenglamasi bilan aniqlanadi

**Xromatografik miqdoriy analiz**-ichki normallash, absolyut kalibrovkalash, ichki standartlash.

**Etalon moddalar bulganda-** gazoxromatografik sifat taxlili-moddalarning nisbiy tutilish vaqti va xajmi.

**Xromatogrammalarni miqdoriy taxlil etish** - xromatografik chuqqining balandligi, yuzasi va shu yuzaga mos keluvchi qogozning ogirligi.

**Ionitlarning xajmiy sigimi-** xromatografik kolonkadan aniklanayetgan moddaning chiqishigacha ketgan eritma xajmi.

**Gaz xromatografiyasida ishlatiladigan kolonkalar-** quyilgan maqsadga qarab - analitik, preparativ va kapellyar.

**Metrologiya-** ulchashlar, uni ta'minlash usullari va vositalari xamda talab etilgan aniqlikga erishish yullari xaqidagi fan.

**Sifat taxlili** –taxliliy kimyoning modda tarkibiga qanday element yoki ionlar kirishini topish, aniqlash usullari xaqidagi bulinma.

**Miqdoriy taxlil** –taxliliy kimyoning tekshirilayotgan modda tarkibini tashkil etgan element yoki ionlar miqdorini aniqlash usullari xaqidagi bulim.

**Sezgirlik** –tekshirilayotgan namuna tarkibidagi aniklanadigan moddaning eng kam miqdori bilan belgilanadi.

**Selektivlik** (tanlab ta'sir etuvchanlik) –faqat kamroq sondagi ionlar bilan ulchash natija beradigan reaksiyalar bilan belgilanadi.

**Ulchash natijasi** –kattalikning uni ulchash bilan taqqoslash usuli yordamida topilgan qiymatidan iborat.

**Bevosita ulchash-** ulchanayotgan kattalikning izlanayotgan qiymati tajriba ma'lumotlari asosida bevosita aniqlanadi.

**Differensial usul** –ulchanayotgan ma'lum kattaliklarning ayirmasini ulchashni xarakterlaydi.

**Standart namuna-** moddalarning xossalarini yoki tarkibini xarakterlovchi kattaliklarning birligini qayta tiklash uchun ulchovdir.

**Kalibrofka** – turli analitik ko'rsatkichlar asosida darajalash usuli.

### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы: учеб.пособие./под ред.акад. Ю.А.Золотова.-М: Высш.шк., 2004-412 с.
2. Лебедева М.И., Якунина И.Б. Аналитическая химия: сборник задач. Тамбов: изд-во ФГБОУ ВПО “ТГТУ”, 2012. – 96 с.
3. Ю.Ю.Луре. Справочник по аналитической химии.-М:Алянс, 2007-448 с.
4. Ю.Я.Харитонов, В.Ю.Григореева. Примеры и задачи по аналитической химии.-М: ГЕОТАР-медиа, 2008,-304 с.
5. В.П.Васильев. Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач. -М :Дрофа, 2003-250 с.
6. Н.Ф.Клещёв, Е.А.Алферова. Задачник по аналитическая химии.-М:Химия, 1993-241 с.
7. Е.Ю.Раткевич, М.Г.Базаева, Х.В.Юнусов. и др. Физические величины, единицы и символы в химии./под ред. проф. Г.Н.Мансурова.-М.:Екомир, 2006-83 с.
8. Сборник задач по аналитической химии, част 3. / Сост. Ю.В. Королева. – Калининград, Изд-во КГУ имени И . Канта, 2006. 48 с.
9. Физико-химические методы исследований: практикум / Новосиб. гос. аграр. ун-т; сост.: Ю.И. Ковал. – Новосибирск, 2015. – 165 с.
10. Физико-химические методы исследования в медицине и биологии: Учебное пособие / Медицинский университет Реавиз. Москва, Издательство «Граница», 2016. 120 с.
11. «Физико-химические методы анализа» /сост Н. М. Дубова, Т. М. Гиндуллина, Г. Н. Сутягина – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 24 с.

## MUNDARIJA

|                                                                                  |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Kirish.                                                                          | 4-5     |
| I BOB. XROMATOGRAFIK TAXLIL USULLARI                                             | 6-45    |
| Xromatografik taxlil usullarining nazariy asoslari                               | 6-11    |
| Xromatografik ajratish kattaliklari                                              | 11-16   |
| Masalalar echish bo'yicha misollar                                               | 67-27   |
| Mustaqil echish uchun masalalar                                                  | 28-45   |
| II BOB. XROMATOGRAFIK SIFAT USULLARI                                             | 46-56   |
| Xromatografik sifat usullari                                                     | 46-48   |
| Sifat analizi bo'yicha masalalar echish usullari                                 | 48-51   |
| Mustaqil echish uchun masalalar                                                  | 51-56   |
| III BOB. XROMATOGRAFIK MIQDOR USULLARI                                           | 57-101  |
| Miqdoriy analiz usullari                                                         | 57-60   |
| Miqdor analizdan masalalar echishga misollar                                     | 61-80   |
| Miqdoriy analiz mavzusidan mustaqil echish uchun masalalar                       | 80-101  |
| IV BOB. ION-ALMASHININSH XROMATOGRAFIYASI                                        | 102-131 |
| Ion –almashinish xromatografiyasining nazariy asoslari                           | 102-102 |
| Ionitlar                                                                         | 102-107 |
| Ion-almashuvchi smolalar klassifikatsiyasi                                       | 107-110 |
| Harakatli fazalar                                                                | 110-111 |
| Ion xromatografiya.                                                              | 111-113 |
| Ion-juft xromatografiya.                                                         | 113-114 |
| Ligand- almashinish xromatografiyasi.                                            | 114-115 |
| Ion-xromatografiyasi mavzusi bo'yicha masalalar echish usullari.                 | 115-119 |
| Ion almashinish xromatografiyasi bo'yicha mustaqil masalalar echish.             | 119-131 |
| V BOB. PLANAR XROMATOGRAFIYA.                                                    | 132-152 |
| .Planar xromatografiyaning nazariy asoslari.                                     | 132-133 |
| Yupqa qavat xromatografiyasi.                                                    | 133-141 |
| Xromatogrammani miqdoriy analiz qilish usullari.                                 | 141-143 |
| Qog'oz xromatografiyasi.                                                         | 143-145 |
| Yupqa qavat va qog'oz xromatografiyasi bo'yicha masalalar echish usullari.       | 145-147 |
| Yupqa qavat va qog'oz xromatografiyasi bo'yicha mustaqil echish uchun masalalar. | 147-152 |
| V1 .XROMATOGRAFIYA ASOSLARIDAN TESTLAR.                                          | 153-170 |
| GLOSSARIY                                                                        | 171-172 |
| <b>Foydalanilgan adabiyotlar.</b>                                                | 173     |

**Q.M. Murodov , D, Q, Murodova**

**ANALIZNING XROMATOGRAFIK USULLARI  
(MASALALAR VA TESTLAR TO'PLAMI)**

O'quv qo'llanma

Muharrir

Musahhih

Texnik muharrir

N. Isroilov

O. Shukurov

X. Rahimova

**ISBN 978-9943-7266-3-5**

2021-yil 23 oktyabrda tahririy-nashriyot bo'limiga qabul qilindi.

2021-yil 25 oktyabrda original-maketdan bosishga ruxsat etildi.

Qog'oz bichimi 60x84. "Times New Roman" garniturası.

Offset qog'ozı. Shartlı bosma tabog'i – 11,0.

Adadı 50 nusxa. Buyurtma № 488

---

SamDU tahririy-nashriyot bo'limida chop etildi.

140104, Samarqand sh., Universitet xiyoboni, 15.



