

B.M. XUSANOV, SH.SH.MAMATOV.

Optik analiz usullari

O'QUV-USLUBIY KO'RSATMA



**Kitob quyidagi ko'rsatilgan
muddatda topshirilishi shart**

**Oldingi foydalanishlar
miqdori**

--	--

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

DENOV TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI

**60530100–Kimyo (turlar bo'yicha)
OPTIK ANALIZ USULLARI
O'QUV-USLUBIY KO'RSATMA**

Denov 2025

O'quv-uslubiy ko'rsatma kimyo (turlar bo'yicha) ta'lim yo'nalishi bakavriatura talabalariga mo'ljallangan. Har bir mavzu xorijiy adabiyotlardan foydalangan holda atom spektroskopik analiz usullari fanining oxirgi yutuqlari bilan boyitib borilgan.

Undan boshqa oliy o'quv yurtlarning magistratura talabalari, shu fanga qiziquvchilar, tayanch doktorantlar va doktorantlar, mustaqil izlanuvchilar hamda o'qituvchilar foydalanishlari mumkin.

Taqrizchilar:

Denov tadbirkorlik va pedagogika institutining "Aniq va tabiiy fanlar" fakulteti "Umumiy kimyo va kimyoviy texnologiyalar" kafedrasida dotsenti v/b k.f.f.d PhD X.R Karimov

Denov tadbirkorlik va pedagogika institutining "Aniq va tabiiy fanlar" fakulteti "Umumiy kimyo va kimyoviy texnologiyalar" kafedrasida dotsenti D.X Shukurov

Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti O'quv-uslubiy kengashining 2025 yil 28-maydagidagi (10-sonli bayonnoma) majlisida nashrga tavsiya etilgan

I. ANALIZNING FIZIK – KIMYOVIY METODARI

Tayanch iboralar: fizik-kimyoviy analiz metodlarining ahamiyati, sezgirligi, ekspressligi, optik analiz metodlari, mikrozarrahalarining ichki energiyasi, elektronlar harakat energiyasi, energetik sathlar, nur energiyasining yutilishi, yutilish intensivligi, foton energiyasi, nur yutilishning asosiy qonunlari, Buger-Lambert-Ber qonuni, o'tkazuvchanlik, nurning yutilish qonunidan chetlanishlari, molyar so'ndirish koeffitsiyenti, optik zichlik, additivlik qoidasi, fotometrik analizda optimal sharoitni tanlash, reaksiyaning kontrastligi, maksimal to'lqin uzunligi, optimal pH, reagent miqdorini tanlash, nurning yutilishiga turli omillar ta'siri, modda konsentratsiyasini aniqlash usullari, solishtirma metod, qo'shilma qo'shish metodi, molyar so'ndirish koeffitsiyentidan konsentratsiyani aniqlash metodlari, metodlarning aniqlik darajasi, standart seriyalar metodi, darajalangan grafik metodi, fotoelektrokolorimetrlar, spektrofotometrlar, nur manbalari, nur filtrlari, monoxromatorlar, prizmalar, fotoelementlar, detektorlar.

1.1. Fizik-kimyoviy analiz metodlarining sinflanishi

Kimyoviy modda toza bo'lsa, o'ziga xos xususiyatlarni nomoyon qiladi. Uning tarkibiga juda oz miqdorda bo'lsa ham ($\sim 10^{-5}\%$) begona moddalarning yoki elementlarning aralashgan holda "ifloslangan" bo'lishi modda xususiyatlarini keskin o'zgartirib yuborishi mumkin. Shuning uchun hozirgi vaqtda elementlarning tarkibiga aralashib qolgan mikro miqdordagi begona moddalarni aniqlashga to'g'ri keladi. Kimyoviy metodlar bunchalik kichik miqdorda bo'lgan elementlarni yoki moddalarni aniqlash imkoniyatiga ega emas.

Bu vazifani faqatgina fizik-kimyoviy va fizikaviy metodlar yordamida bajarish mumkin.

Fizik-kimyoviy metodlar tez bajariladi, bu esa o'z vaqtida texnologik jarayonni nazorat qilish uchun katta ahamiyatga ega.

Fizik-kimyoviy metodlar bir necha afzalliklarga ega:

1. Analizni uzoq masofadan turib boshqarish. Masalan, rentgen-fluorescent metod bilan oydagi tuproqni analiz qilish bunga yaqqol misol bo'la oladi.



2. Bu metodlarda ishlatiladigan asboblarni jarayonni sistemlashtirishga imkon beradi.

3. Namunani buzmasdan turib analiz qilish kriminalistika va meditsinada katta ahamiyatga ega.

4. Analiz jarayonining ekspresligi (tahlil o'tkazish vaqtining qisqaligi);

Fizik-kimyoviy metodlarning kamchiligi shundaki, ularni bajarish uchun standart eritmalar, etalonlar va darajalangan grafiklar tayyorlash kerak bo'ladi.

Fizik-kimyoviy analiz metodlarining turlari juda ko'p. Lekin eng asosiylari:

1. Optik analiz metodlari;
2. Elektrokimyoviy analiz metodlari;
3. Xromotografik analiz metodlaridir.

1.2. Molekulyar spektroskopiya usullarining sinflanishi

Tekshiriladigan modda eritmasidan o'tganda elektromagnit nurlar intensivligining o'zgarishini o'lchashga asoslangan usullarga molekulyar absorpsion usullar kiradi. Elektromagnit nurlarni yutib molekular past energetik holatdan yuqori energetik holatga o'tadi. Molekula yutgan ortiqcha energiya uning tebranish, aylanish yoki ilgari lama energiyalarini oshirishga sarflanadi, ayrim hollarda esa ikkilamchi nurlar hosil bo'ladi yoki fotokimyoviy jarayon sodir bo'ladi. Modda yutadigan nurning turiga va yutilgan ortiqcha energiyani o'zgartirish usuliga ko'ra molekulyar absorpsion usullar quyidagilarga bo'linadi:

1. *Fotometriya usullari* tekshiriladigan moddaning yutilish egri chizig'i maksimumiga to'g'ri keladigan qat'iy to'lqin uzunligi sohasidagi yutilish spektrlari yoki nurning yutilishini o'lchashga asoslangan.
2. *Nefelometriya va turbidimetriya usullari* tekshiriladigan modda eritmasidagi muallaq zarrachalar tomonidan sochilgan va yutilgan nurni o'lchashga asoslangan.
3. *Lyuminessent (fluorimetrik) analiz* tekshiriladigan modda yutgan ortiqcha energiyani ajratish vaqtida chiqayotgan nurlanish intensivligini o'lchashga asoslangan.

1.3. Optik analiz metodlari

Nurning yutilishi yoki chiqarilishiga asoslangan analiz metodlari optik analiz metodlari deyiladi.

Optik analiz metodlari fizik-kimyoviy metodlarining bir qismi bo'lib, nur energiyasining analiz qilinadigan modda bilan o'zaro ta'sirini o'rganishga asoslangan.

Optik analiz usullari quyidagi qismlarga bo'linadi:

1. Nurni yutilishiga asoslangan usullar.
2. Nurning chiqarilishiga asoslangan usullar.

Birinchi qismga kiradigan metodlar bu:

- 1). Fotometrik.
- 2). Kinetik.
- 3). Atom- absorpsion.
- 4). Mass-spektral analiz usullari.

Ikkinchi qismga kiradigan metodlar bu:

- 1). Fluorimetrik.
- 2). Rentgeno-fluorescent.
- 3). Emission-spektral analiz metodlari.
- 4). Aktivatsion.

Ushbu uslubiy qo'llanmada hozirgi zamon optik analiz metodlarining nazariy asoslari va moddaning miqdorini aniqlashga asoslangan amaliy ishlar, molekularning tuzilishini, tarkibini o'rganishda ishlatilishi imkoniyatlari ko'rib chiqilgan.

1.4. Optik spektroskopiya asoslari

Har bir usulni ishlatish uchun usulning afzalligi, kamchiligi va metrologik xususiyatlarini bilish kerak (1.1-jadval).

Elektromagnit nurlarning yutilishi molekularning umumiy xossasi hisoblanadi, ammo yutilish hodisasi tanlash xususiyatiga egadir, ya'ni ma'lum to'lqin uzunligidagi nurlar molekula tomonidan kuchli yutilishi mumkin, boshqa to'lqin uzunligidagi nurlar esa kuchsiz yoki butunlay yutilmasligi mumkin. Yutilish doirasi spektr chizig'i deyiladi. Spektr chiziqlarining umumiy yig'indisi yutilish spektri deyiladi.

1.1-jadval

Optik analiz metodlarining sezgirligi		
№	Metodlar	Sezgirligi
1	Fotometriya	$10^{-1}-10^{-6}$
2	Fluorimetriya	$10^{-5}-10^{-8}$
3	Kinetik	$10^{-6}-10^{-8}$
4	Emission-spektral	10^{-7}
5	Atom-absorbtsion	10^{-5}
6	Rentgeno-fluorescent	$10^{-5}-10^{-6}$
7	Aktivatsion	10^{-13} gacha
8	Mass-spektral	10^{-14} gacha

Elektromagnit nurlarning asosiy tavsifi – bu to‘lqin uzunligi λ yoki tebranmasi ν (ko‘pincha tebranmani o‘rniga to‘lqin soni ν ishlatiladi).

Elektromagnit spektr – elektromagnit nurlanishning har xil to‘lqin uzunligidir (1.2-jadval).

Spektrofotometriyada ultrabinafsha (UB), ko‘rinadigan va infr-qizil (IQ) elektromagnit spektrlarning soxalari ishlatiladi.

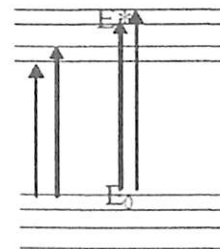
1.2-jadval

Elektromagnit nurlarining spektral sohalari			
O‘lchov birliklari	UB soha	Ko‘rinadigan nurlar sohasi	IQ soha
N, sm^{-1}	50000-25000	25000-15000	<15000
$\lambda, \text{nm} (10^{-9}\text{m})$	200-400	400-760	>760

Atom yoki molekullarning ichki energiyasi asosan ularning yaxlit butun holdagi aylanma energiyasi, yadrolarning tebranma energiyasi va elektronlarning atom yadrolari va boshqa elektronlar ta‘sirida yaratilgan elektrostatik maydondagi harakat energiyasi yig‘indisidan iborat. Shuning uchun ma‘lum bir energetik satxda molekulaning umumiy energiyasi;

$$E = E_{el} + E_{tebr} + E_{ayl} \text{ dan iborat bo'ladi.}$$

Molekulaning energetik sathlarini 1.1-rasmdagidek ifodalash mumkin. Molekulaning eng pastki E_0 elektron holati – asosiy holat, E^* -esa qo‘zg‘algan holat deyiladi.

1.1-rasm.
Molekulaning energetik sathlari

$$E_{el} \gg E_{tebr} > E_{ayl}$$

Bitta elektron energetik sathga bitta asosiy va bir necha qo‘zg‘algan tebranma energetik sathlar to‘g‘ri keladi. Bitta tebranma energetik sathga bitta asosiy va bir necha qo‘zg‘algan aylanma energetik sathlar to‘g‘ri keladi.

Atom yoki molekulaga tashqaridan biror energetik ta‘sir bo‘lmasa, ular eng pastki asosiy energetik holatga joylashadi yoki ma‘lum bir nurlarni (energiya) yutadigan bo‘lsa, ularning energiyasi ortadi va pastki energetik sath (E_0) dan yuqori energetik pog‘ona(lar) (E_1) ga o‘tadi.

IQ nurni yutilishi molekulaning tebranma va aylanma energiyasini o‘zgarishiga olib keladi.

UB va ko‘rinadigan spektrlarning yutilishi elektronlar energiyasining o‘zgarishiga ham olib keladi, natijada valent elektronlar asosiy holatdan qo‘zg‘algan holatga, ya‘ni yuqori energetik pog‘onaga o‘tadi.

Molekulalar ichki energiyasining qiymati uzluksiz o‘zgarmasdan, ular ma‘lum bir diskret kvantlangan energetik holatlarnigina qabul qila oladi. Nur energiyasining yutilishi uchun shu nur kvantining energiyasi kvantlangan holatlar energiyasining farqiga teng bo‘lishi kerak:

$$\Delta E = E^* - E_0 = h\nu = h \cdot C / \lambda;$$

$E^* > E_0$ - yutilish; $E^* < E_0$ - nurlanish; $\Delta E = h\nu$ – foton energiyasi, e. v.: λ -to‘lqin uzunligi, nm.

Bunda $\nu = C / \lambda$ – chastota, bir sekunda sodir bo‘ladigan tebranishlar soni, Sek^{-1} ; $\nu = 1 / \lambda$ – to‘lqin soni, 1 sm masofaga to‘g‘ri keladigan to‘lqin uzunliklari soni, sm^{-1} ; h -Plank doimiysi ($6,5 \cdot 10^{-27}$ erg. sek.); C -yorug‘likning bo‘shliqdag tezligi ($3 \cdot 10^{10}$ sm/sek).

Tenglamada ifodalanganidek, kvant energiyasi tebranish chastotasi to'g'ri proporsional, to'liq uzunligiga esa teskari proporsional.

To'liq soni λ^{-1} yoki ν asosan sm^{-1} o'lcham birligiga ega bo'lib, chastotasi va energiya qiymatiga to'g'ri proporsionaldir, shuning uchun ham mutlaq chastotaga nisbatan ko'p ishlatiladi (1.3-jadval). Masalan, 300 mmk (3000 \AA^0) mos keladigan to'liqlar soni $\lambda = 33333 \text{ sm}^{-1}$, to'liq chastotasi esa $1 \cdot 10^{15} \text{ sek}^{-1}$ dir. Inson ko'zi elektromagnit to'liqlarning 400-750 mmk qabul qiladi.

1.3-jadval

To'liq uzunligi va chastotani o'lchashda ishlatiladigan birliklar

Tavsif	O'lchov birligi	Qisqartirilgan belgisi	Ta'rifi
to'liq uzunligi, λ	mikron millimikron angstrom	Mk Mmk \AA^0	$1 \text{ mk} = 10^{-4} \text{ sm} = 10^{-6} \text{ m}$ $1 \text{ mmk} = 1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ sm} = 10^{-9} \text{ m}$ $1 \text{ \AA}^0 = 10^{-8} \text{ sm} = 10^{-10} \text{ m}$
chastota, ν	-	sek^{-1}	1 sekunddagi tebranishlar soni
to'liq soni	-	sm^{-1}	1 sm dagi to'liqlar soni

Hosil qilish usullariga qarab spektrlar uch xilga bo'linadi: yutilish, tarqalish, sochilish. Ular spektr chiziqlarining jadalligi molekular soniga va kvant mexanikasi qoidalari asosida bo'ladigan o'tishlar ehtimoliga bog'liq bo'ladi. Spektr chiziqlarining kengligi va shakli molekula ko'rsatkichlarining yig'indisiga va modda xususiyatlariga bog'liq.

Fotometrik analiz usullariga spektrofotometrik va kolorimetrik usullar kiradi. Fotometrik usullar yordamida aniqlashni amalga oshirish uchun modda elektromagnit nurlarni yutadigan biror birikmaga aylantiriladi. So'ngra shu modda eritmasidan o'tgan nurning intensivligi o'lchanadi. Fotometrik usullar nurning ultrabinafsha, ko'rinadigan va yaqin infragizil spektr sohalariga to'g'ri keladi. Deyarli barcha elementlar uchun fotometrik aniqlash usullari mavjud. Biroq, ayrim moddalarning ionlari uchun fotometrik reaksiyalar ma'lum emas.

Spektrning ultrabinafsha, ko'rinadigan va yaqin infragizil sohalarida nurni yutadigan birikmalar hosil qilish reaksiyalariga *fotometrik reaksiyalar* deyiladi. Barcha fotometrik usullar bevosita va

bilvosita usullarga bo'linadi. Buni quyidagi reaksiyalar misolida ko'rish mumkin:

1. Aniqlanadigan modda X eritmasiga biror reagent R qo'shilganda elektromagnit nurlarni yutadigan XR modda hosil bo'lishi mumkin.

Bu usul bevosita usul bo'lib $X+R \leftrightarrow XR$ reaksiyaga asoslangan.

2. Aniqlanadigan modda X eritmasiga biror MR elektromagnit nurni yutadigan modda qo'shilganda elektromagnit nurni yutmaydigan yangi MX modda hosil bo'ladi, bu usul bilvosita usul bo'lib $MR+X \leftrightarrow MX+R$ reaksiyaga asoslangan.

3. Aniqlanadigan modda X eritmasiga biror R reagentni qo'shganda, u cho'kmaga tushishiga asoslangan bu usul ham bilvosita usul hisoblanadi: $X+R \leftrightarrow \downarrow XR$. Bunda hosil bo'lgan cho'kma ajratiladi va biror erituvchida eritiladi. So'ngra uning tarkibidagi tekshiriladigan tarkibiy qism fotometrik aniqlanadi. Agar bevosita usullar moddaning elektromagnit nurlarni bevosita yutishiga asoslangan bo'lsa, bilvosita usullar shunday nurlarni yutadigan moddalarni parchalashga asoslangan. Bevosita usullar eng aniq usullar bo'lib, ikkinchi guruhga kiradigan usullar ham ularga yaqin turadi. Uchinchi guruh usullari moddalarni aniqlash uchun boshqa imkoniyat bo'lmagan hollardagina qo'llaniladi.

Elektromagnit nurlarning yutilish qonunlariga Buger-Lambert-Ber qonuni va optik zichliklarning additivlik (additio - qo'shish, mustaqillik) qonunlari kiradi.

1.5. Nur yutilishining asosiy qonunlari.

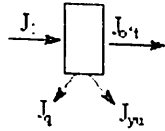
Buger - Lambert - Ber qonunlari

Nur yutilishining asosiy holatlari va qonunlari spektrning barcha sohalariga rentgen nuridan boshlab, to radionurlanishgacha taalluqlidir.

Biror eritmaga monoxromatik nur tushirilsa, bu nurning bir qismi qaytariladi, bir qismi yutiladi va bir qismi esa eritmadan o'tib ketadi (1.2-rasm).

Elektromagnit to'liqlarning eritmada tarqalishdagi asosiy xususiyatlaridan biri intensivlik bo'lib, vaqt birligida maydondan o'tayotgan kvantlar soniga bog'liq kattaligidir.

Eritmaga tushayotgan nurning intensivligini quyidagicha ifodalash mumkin: $J_0 = J_q + J_{yu} + J_o$.



1.2-rasm. Nur oqimining rangli eritmadan o'tishi

Kyuvetalar bir xil bo'lganligi uchun qaytgan nurning miqdori bir xil ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi tenglama soddalashadi:

$$J_0 = J_{yu} + J_{o't}$$

O'tkazuvchi muhit yutgan nurning solishtirma miqdori, tushayotgan nurning intensivligiga bog'liq emas. Bir xil qalindagi har bir qatlam, eritmaning konsentratsiyasi o'zgarmas bo'lganda tushayotgan monoxromatik nurni teng miqdorda yutadi. Buger (1729) va Lambert (1760) larning nur yutilishining birinchi qonuni.

Buger-Lambert-Ber qonuni moddaning konsentratsiyasi bilan yutilgan nur intensivligi orasidagi miqdoriy bog'lanishni ifodalaydi. 1729-yilda Buger modda eritmasi qatlamidan o'tgan nurning yutilishi bilan qatlamning qalindagi orasidagi bog'liqlikni o'rgandi, 1760-yilda uni Lambert matematik ifodaladi. Ber esa qonunni konkret eritmalarda sinab ko'rib, uning to'g'riligini tekshirgan.

Intensivligi I_0 bo'lgan monoxromatik nur qalindagi dl bo'lgan qatlam orqali o'tganda, uning intensivligi I qiymatga kamayadi. Buni $dI = -\alpha I dl$ tarzda ifodalash mumkin. Bu ifodani o'zgartirib

$$\frac{dI}{I} = -\alpha dl$$

va integrallab

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\alpha l$$

ifodani hosil qilish mumkin. Bundan

$$I = I_0 e^{-\alpha l}$$

hosil bo'ladi. Natural logarifmdan o'nli logarifmga o'tib,

$$\lg \frac{I}{I_0} = -\alpha' l$$

olish mumkin. Bu yerda α' - yutilish koeffitsiyenti, I/I_0 - o'tkazuvchanlik, T harfi bilan belgilanadi. $\lg(I_0/I)$ qiymat optik zichlik deb yuritiladi va A harfi bilan belgilanadi. Optik zichlik:

$$A = \lg \frac{I_0}{I} = -\lg T$$

Bundan $T=1$ bo'lganda $A=0$ va $T=0$ bo'lganda $A=+\infty$ bo'lishi kelib chiqadi. $\alpha' = \varepsilon \cdot c$, bu yerda ε - nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti; c - konsentratsiya. Agar $c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$ bo'lsa, $\alpha' = \varepsilon$.

Shunday qilib, Buger-Lambert-Ber qonuni $A = \varepsilon c l$ shaklida yozilishi mumkin. Ushbu bog'lanish to'g'ri chiziqli ko'rinishga ega. Qonun $J = J_0 I_0^{-\alpha l}$ shaklida ham ifodalanishi mumkin. Buger-Lambert-Ber qonuni universal bo'lib, faqat spektrofotometriyada emas, balki atom-absorbsion, rentgen va IQ spektroskopiyada usullarida ham qo'llaniladi.

Optik zichliklarning additivlik qonuni tekshiriladigan eritmada bir necha yutadigan modda bo'lsa, ular optik zichliklar yig'indisi eritmaning umumiy optik zichligiga teng bo'lishini tasvirlaydi. O'zaro reaksiyaga kirishmaydigan moddalar aralashmasining optik zichligi qiymati alohida moddalar optik zichliklari qiymatlari yig'indisiga teng. Bu qoida additivlik qoidasi deyiladi.

$$A_{um} = \varepsilon_1 C_1 l + \dots + \varepsilon_2 C_2 l + \dots + \varepsilon_n C_n l = l \sum_{i=1}^n \varepsilon_i C_i$$

Faraz qilaylik, eritmada M , N , P va Q moddalar bo'lsa, ularning har birining optik zichligi mos ravishda

$$A_M = \varepsilon_M C_M l, A_N = \varepsilon_N C_N l; A_P = \varepsilon_P C_P l; A_Q = \varepsilon_Q C_Q l$$

bo'ladi. Ushbu optik zichliklarning yig'indisi eritmaning umumiy optik zichligini $A = A_M + A_N + A_P + A_Q = \varepsilon_M C_M l + \varepsilon_N C_N l + \varepsilon_P C_P l + \varepsilon_Q C_Q l$ tashkil etadi.

Bu qoida ko'p komponentli sistemalarni bir-biridan ajratmagan holda miqdoriy analiz qilishda ishlatiladi.

Ma'lum bir qatlamdan o'tgan nurning intensivligi ikki baravar kamayada, deb faraz qilsak, nur oqimi intensivligining o'tgan qatlam qalindiligiga bog'liqligini grafik ravishda ko'rsatish mumkin. Bu bog'lanish quyidagi matematik tenglama bilan ifodalanadi.

$$J = J_0 e^{-k l}$$

bunda J - qatlamdan o'tgan nurning intensivligi; J_0 - tushayotgan yorug'lik nurining intensivligi; K - yutilish koeffitsiyenti (jismning nur yutilishi va uning xossasiga bog'liqligini ifodalovchi koeffitsiyent).

l-yutilish qatlami, u tushayotgan nur intensivligini 10-marta kamaytirish uchun kerak bo'lgan nur yutuvchi qatlarning qiymatiga to'g'ri keladi.

Eritmadan o'tganda yorug'lik nurining intensivligi 10 baravar kamaygan bo'lsin, deb faraz qilaylik, ya'ni

$$\frac{J}{J_0} = \frac{1}{10}$$

Bunda $\frac{1}{10} = 10^{-1}$ bo'lsa, $10^{-kl} = 10^{-1}$ va $kl=1 \Rightarrow K = \frac{1}{l}$.

K-yutilish koeffitsiyenti faqat eritmadagi moddaning tabiatiga, tushayotgan nurning to'liq uzunligi va haroratga bog'liq.

Nur yutilishining ikkinchi qonuni 1852-yil Ber tomonidan ochildi. U eritmalarda nurning yutilishini o'rganib, yutilish koeffitsiyenti (k) ning nurni yutayotgan modda konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional ekanligini aniqladi.

$$k = \epsilon c$$

bunda ϵ -yutilish koeffitsiyenti va c konsentratsiyaga bog'liq emas. Bu koeffitsiyentni nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti deyiladi. C -moddaning konsentratsiyasi.

Buger-Lambert qonuni modda konsentratsiyasi o'zgarmas bo'lganda nurning yutilishi - yutuvchi qatlarning qalinligiga bog'liq ekanligini ifodalasa, Ber qonuni eritma qalinligi o'zgarmas bo'lganda, nurning yutilishi konsentratsiyaga bog'liqligini ifodalaydi.

Ikkala qonun birlashtirilib **Buger-Lambert-Ber** qonuni deb qabul qilindi va quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$J = J_0 10^{-\epsilon lc}$$

yoki logarifmik holda

$$\lg \frac{J_0}{J} = \epsilon lc$$

$A = \lg \frac{J_0}{J}$ moddaning optik zichligi deb ataladi.

$$A = \epsilon cl$$

Bu yerda A -optik zichlik, nurning yutilgan miqdorini ifodalovchi o'lchovsiz kattalik.

Proporsionallik koeffitsiyenti ϵ - nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti deyiladi va 1 sm qalinlikdagi konsentratsiyasi 1 mol/l bo'lgan eritmadan o'tayotgan nurning yutilishini ko'rsatadi. Yutilish o'lchamsiz kattalik bo'lgani uchun ϵ - qiymati l c ga teskari kattalik

qiymatiga ega bo'lishi kerak. Agar konsentratsiya (C) mol/l, eritma qalinligi (l) sm bo'lsa, ϵ - ning qiymati l/mol.sm. bilan ifodalanadi. Eritma Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunganida, ma'lum qalinlikdagi qavatning optik zichligi modda konsentratsiyasiga to'g'ri chiziqli bog'lanishda bo'ladi. Bu esa miqdor jihatdan tahlil qilib borishga imkon beradi.

Eritmaning optik zichligi bir xil sharoitda moddaning nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti va nur yutish qalinligi bir xil bo'lganda konsentratsiyaga to'g'ri proporsional. Bu birlashtirilgan Buger-Lambert-Ber qonuni deyiladi.

Aniqlanayotgan eritmadan o'tgan monoxromatik nur oqimi intensivligining dastlabki o'tgan nur oqimi intensivligiga nisbati shaffoflik yoki o'tkazuvchanlik deyiladi va (T) harfi bilan belgilanadi.

$$T = \frac{J}{J_0} = 10^{-\epsilon lc}; A = \lg \frac{1}{T} \text{ yoki } A = -\lg T.$$

Bu nisbatni foizda ifoda qilish mumkin.

$$A = \lg \frac{1}{T} 100\% \text{ yoki } A = 2 - \lg T.$$

Ber qonunidan foydalanilganda bir necha talablar qo'yiladi.

- 1) tushayotgan nur qat'iy monoxromatik;
- 2) rangli eritma yetarlicha suyultirilgan;
- 3) aniqlanayotgan komponent barqaror tarkibli birikmaga aylantirilgan;
- 4) eritmaning barcha begona komponentlari konsentratsiyasi va tabiati hamma vaqt deyarli o'zgarmas bo'lishi kerak.

1.6. Nur yutilishining asosiy qonunidan chetlanish hollari

Nur yutilish qonuni ko'p tajribalar o'tkazish yo'li bilan tekshirilgan va qonun sifatida qaror topgan. Lekin kompleks birikmalar bilan ishlanganda amalda bu qonundan chetlanish ro'y beradi. Ber qonuni faqat suyultirilgan eritmalar uchun to'g'ri keladi va shuning uchun uning ishlatilish sohasi bir oz chegaralangan. Bu qonundan chetlanish quyidagi hollarda sodir bo'ladi.

1. Aniqlanayotgan ion rangli birikmaga o'tkazilsa.

$Me + R = MeR$. Bunda Me - aniqlanayotgan ion, ko'pincha rangsiz yoki juda och rangga ega bo'ladi. R - reagent, uning rangi MeR rangidan farq qiladi. MeR - rangli birikma.

Masalan, temir (III) ionini kuchsiz sariq rangda, rodanid ionini rangsiz, ammo temir rodanidni kompleksi to'q qizil ranglidir. Bu reaksiya qaytar reaksiya bo'lib, MeR ning dissotsilanish konstantasini quyidagicha ifodalash mumkin.

$$K = \frac{[Me][R]}{[MeR]} = C \frac{\alpha^2}{1 - \alpha}$$

bunda C – rangli MeR kompleksning konsentratsiyasi; α – MeR birikmaning dissotsilanish darajasi.

Eritmaning rang intensivligi rangli va rangsiz zarrachalarning nisbatiga bog'liq. Eritma umumiy konsentratsiyasining o'zgarishi bir vaqtning o'zida birikmaning dissotsilanishiga olib keladi. Natijada eritma suyultirilganda yoki konsentratsiyasi oshirilganda fotometriyaning asosiy qonunidan chetlanish sodir bo'ladi.

2. Ko'pchilik rangli birikmalarning eritmalarida pH o'zgarsa, kompleksning nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti o'zgaradi.

3. Kompleks birikmalar rangining o'zgarishi vaqtga ham bog'liq bo'ladi. Ba'zan kompleks hosil bo'lganda rang och bo'lib, vaqt o'tishi bilan to'qlashadi va aksincha. Fotometrik analizda, avval, shu eritma rangining qancha vaqt ichida turg'un bo'lishini bilib olish kerak.

4. Rangning intensivligi, binobarin, nurning yutilishi ham ko'pincha haroratga bog'liq bo'ladi.

Masalan, harorat ortishi bilan:

a) $W(CN)_5$ ning rang intensivligi ortadi;

b) $Mo(CN)_5$ ning rang intensivligi kamayadi;

v) $J_2 + k$ kraxmalning rang intensivligi kamayadi.

5. Eritmada begona ionlarning bo'lishi bir necha xil ta'sir etadi (rangli begona ion bo'lsa, reagent reaksiyaga kirishsa yoki eritmaning rangiga ta'sir etsa, bu holda ham qonundan chetlanish kuzatiladi).

1.7. Spektrofotometrik miqdoriy analiz

Etalon va tekshiriladigan moddalar optik zichlarini solishtirish asosida aniqlanadigan moddaning konsentratsiyasi topilishi mumkin. Buning uchun etalon vatekshiriladigan eritmalarining optik zichliklari optimal sharoitda, bir xil to'liq uzunligida o'lchanadi. Aniqlik natijalar olish uchun etalonning konsentratsiyasini tekshiriladigan moddanikiga yaqin qilib tayyorlash tavsiya qilinadi. Agar $A_{et} = \epsilon c_{et} l$ va $A_x = \epsilon c_x l$ qiymatlar berilgan bo'lsa,

$$C_x = \frac{A_x}{A_{et}} C_{et}$$

formula bo'yicha tekshiriladigan moddaning konsentratsiyasi topiladi. Moddaning konsentratsiyasini *nurning molyar so'ndirish koeffitsiyenti* asosida ham aniqlash mumkin. Buning uchun aniqlanadigan moddaning muayyan to'liq uzunlikdagi (λ) optik zichligi o'lchanadi, Moddaning nurni molyar so'ndirish koeffitsiyentini bilgan holda uning konsentratsiyasini topish qiyin emas, ya'ni:

$$C_x = \frac{A_x}{\epsilon \cdot l}$$

Nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti esa aniqlanadigan modda etalon eritmasining optik zichligini o'lchash asosida aniqlanadi:

$$\epsilon = \frac{A_{st}}{C_{st} \cdot l}$$

Agar aniqlanadigan moddaning toza nusxasini olish imkoni bo'lmasa, ϵ ni jadvaldan olish mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, nurni molyar so'ndirish koeffitsiyentining aniqlik qiymatini o'lchab topish ancha murakkabdur. U asbobning turi, teshikning kengligi, sochilgan nur, kyuveta oynalarining nurni qaytarishi, sochishi va yutishi singari omillarga bog'liq. Shuning uchun ham, aniqlash davomida o'lchash bir asbobdan foydalanib o'tkazilishi kerak. *Moddaning konsentratsiyasini darajalash chizmasi* asosida ham topish mumkin. Fotometrik asboblarda ikkita kyuveta bo'lib, ulardan biriga tekshiriladigan eritma, ikkinchisiga esa erituvchi (nul eritma – nul yutishga teng) solinadi. Bu tekshiriladigan yoki etalon eritmaning optik zichligini erituvchiga nisbatan o'lchash imkonini beradi. Har ikkala kyuvetaga bir xil hajmli eritmalar solinadi.

Hozirgi vaqtda asboblarning yangi avlodlari aniqlanadigan konsentratsiyalar oralig'ini kengaytirishga imkon beradi. Buning uchun *differensial spektrofotometriya* usullarini qo'llash mumkin. Bu usullar konsentratsiyasi katta bo'lgan eritmalarini tekshirish uchun ishlatiladi. Differensial spektrofotometriya usulida erituvchi o'rniga kyuvetaga aniqlanadigan moddaning standart eritmasi solinadi. Bunda o'lchanadigan optik zichlik tekshiriladigan modda mutlaq optik zichligi A_t bilan standartning (nul eritma) optik zichligi A_o orasidagi farqdan iborat bo'ladi.

$$A_t > A_o (C_t > C_o) \text{ bo'lganda: } A = A_t - A_o = \epsilon C_t l - \epsilon C_o l = \epsilon l (C_t - C_o)$$

$$A_t < A_o (C_t < C_o) \text{ bo'lganda: } A = A_o - A_t = \epsilon C_o l - \epsilon C_t l = \epsilon l (C_o - C_t)$$

bu yerda C_1 va C_2 – nur yutadigan moddaning tekshiriladigan va standart eritmalardagi konsentratsiyalari. Differensial spektrofotometriya usulining bir tomonlama va ikki tomonlama differensial usullari mavjud bo'lib, uning ikki tomonlama ko'rinishida tekshiriladigan eritmaning konsentratsiyasi standart eritmanikidan katta yoki kichik bo'lgan hol-larida ham aniqlash mumkin. Ikki tomonlama differensial fotometriya usulida standart eritmaning optik zichligi tekshiriladigan eritmaga nis-batan o'lchanadi, bunda optik zichlik manfiy qiymatli qilib olinadi. Bu usulda xato ozgina ortganda aniqlanadigan konsentratsiyalarorali-g'i taxminan ikki marta kengayadi. Masalan, tarkibida kam miqdorli tek-shiriladigan modda bo'lgan standart eritmadan o'tgan elektromagnit nur intensivligi I_0 bo'lsa, tekshiriladigan eritmadan o'tgan nurning in-tensivligi esa I_x bo'lganda:

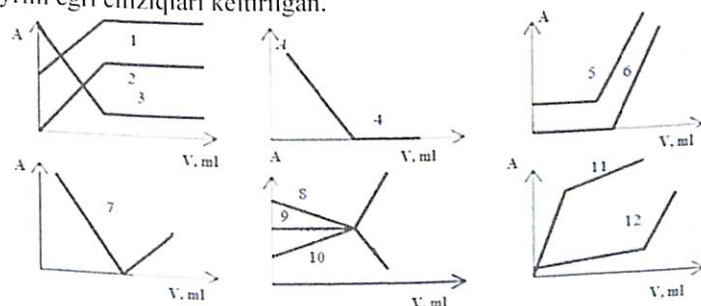
$$\frac{I_x}{I_0} = \frac{10^{-\epsilon_1 c_1 l}}{10^{-\epsilon_2 c_2 l}} = 10^{-(\epsilon_1 c_1 - \epsilon_2 c_2) l} \text{ yoki } \lg \frac{I_x}{I_0} = \Delta A' = \epsilon l (c_1 - c_2)$$

Bu tenglamadan tekshiriladigan eritma bilan optik zichlik orasida funksional to'g'ri chiziqli bog'lanish borligi ravshan. Bu bog'liqlikni darajalash chizmasi yordamida tasvirlash mumkin. Agar eritmada *bir necha tarkibiy qism* bo'lsa, optik zichlik ularning har biriga mos keladigan to'liq uzunliklarda o'lchanadi. Tarkibida ikkita modda bo'lgan hol uchun eritmaning optik zichliklari A_1 va A_2 ; λ_1 va λ_2 to'liq uzunliklarida o'lchanadi va quyidagi tenglamalar tuziladi:

$$A_1 = \epsilon_1' C_1 l + \epsilon_2' C_2 l \text{ va } A_2 = \epsilon_1'' C_1 l + \epsilon_2'' C_2 l.$$

bu yerda ϵ_1' va ϵ_2' – birinchi moddaning λ_1 va λ_2 to'liq uzunliklaridagi nurni molyar so'ndirish koeffitsiyentlari; ϵ_1'' va ϵ_2'' – ikkinchi moddan-ing λ_1 va λ_2 to'liq uzunliklaridagi nurni molyar so'ndirish koeffitsiyent-lari; C_1 va C_2 – moddalarning konsentratsiyalari. Bu tenglamalar C_1 va C_2 ga nisbatan yechilsa, har bir tarkibiy qismning konsentratsiyasi topiladi. Uch, to'rt yoki undan ko'proq tarkibiy qismli eritmalar uchun uch, to'rt yoki ko'proq tenglamalar olinadi va shu tarzda o'lchashlar-dan keyin tegishli konsentratsiyalar topiladi. Fotometrik o'lchashlar bo'yicha miqdoriy analiz, shuningdek, *fotometrik titrlash* asosida ham amalga oshiriladi. Fotometrik titrlashda ham yuqorida qarab chiqilgan reaksiyalarga o'xshash reaksiyalar ishlatiladi. Bu usul nur yutadigan moddalarni aniqlash davomidatitrlashning oxirgi nuqtasini topishga asoslangan. Fotometrik titrlashda boshqa fotometrik aniqlashlarda qo'llaniladigan barcha reaksiyalarni ham ishlatib bo'lmaydi. Bu, eng

avvalo, nur yutadigan moddaning barqarorligi bilan bog'liq. Masalan, komplekslanish reaksiyalaridan foydalanilayotgan bo'lsa, temirni natriy salitsilat yoki ksilenol zarg'aldog'i bilan titrlash mumkin bo'lgani holda, rodanid yoki xlorid bilan titrlab bo'lmaydi, chunki rodanidli va xloridli komplekslar beqarordir. Fotometrik titrlash 1) tekshiriladigan birikma rangli bo'lganda; 2) reaksiya davomida rangli birikma hosil bo'lganda; 3) indikatorning rangi sekin o'zgarganda amalga oshirilishi mumkin. Fotometrik titrlash indikator ishtirokida yoki indikatorsiz amalga oshirilishi mumkin. Rangsiz eritmalarni aniqlashda rangli yoki rang hosil qiluvchi indikordan foydalaniladi. Bunda ekvivalentlik nuqtasigacha optik zichlik o'zgarmaydi, undan keyin yo ortadi, yo kamayadi. Indikatorsiz titrlashni amalga oshirish uchun tekshiriladigan modda yoki reaksiya mahsuloti o'z xarakteristik yo'lagiga ega bo'lishi kerak. 1.3-rasmda spektrofotometrik titrlashning ayrim egri chiziqlari keltirilgan.



1.3-rasm. Nurning yutilishiga ko'ra spektrofotometrik titrlash egri chiziqlari. 1,2 – reaksiya mahsuloti aniqlanadigan moddadan kuchliroq yutadi, titrant esa yutmaydi; 3 – aniqlanadigan modda reaksiya mahsulotidan kuchliroq yutadi, titrant esa yutmaydi; 4 – aniqlanadigan modda yutadi, titrant va reaksiya mahsuloti yutmaydi; 5 – aniqlanadigan modda, titrant va reaksiya mahsuloti yutadi; 6 – faqat titrant yutadi; 7 – aniqlanadigan modda va titrant yutadi, reaksiya mahsuloti yutmaydi; 8 – aniqlanadigan modda reaksiya mahsulotidan ko'proq yutadi; 9 – aniqlanadigan modda va reaksiya mahsuloti bir xil, titrant ko'proq yoki kamroq yutadi; 10 – aniqlanadigan modda reaksiya mahsulotidan kamroq yutadi; 11 – reaksiya mahsuloti titrantdan ko'proq yutadi, aniqlanadigan modda yutmaydi; 12 – titrant reaksiya mahsulotidan ko'proq yutadi, aniqlanadigan modda yutmaydi.

1.8. Spektrofotometrik sifatli analiz

Ultrabinafsha spektr ikki-uch, ayrim hollarda, besh va undan ortiq yutilish yo'laklariga ega. Bunda tekshiriladigan moddani identifikatsiya qilish uchun (sifat analizi) turli erituvchilarda uning spektri tushiriladi va spektrlar aniq tarkibli moddalar spektrlari bilan taqqoslanadi. Tekshiriladigan va taqqoslanadigan spektrlar mos kelsa, tarkiblarning bir xilligi haqida xulosa qilinadi. Noma'lum tarkibli eritmalarini identifikatsiya qilish uchun turli spektral atlaslardan foydalaniladi. *Ko'rinadigan spektr sohasidagi sifat analizi* ham ultrabinafsha sohadagiga ko'p jihatdan o'xshaydi. *Infraqizil spektrlar*ning hosil bo'lishi molekuladagi atomlarning tebranishi bilan bog'liq. Molekuladagi atomlarning tebranishi valent bog'lanishlar bo'ylab amalga oshsa, bunday tebranishlarga *valent tebranishlar* deyiladi. Ular simmetrik (bir yo'nalishdagi) va asimmetrik (qarama-qarshi yo'nalishdagi) tebranishlarga bo'linadi. Bog'lanishlar orasidagi burchakning o'zgarishi bilan bog'liq tebranishlarga *deformatsion tebranishlar* deyiladi.

Bunday bo'linish ko'p jihatdan shartli bo'lib, bir tur tebranish vaqtida, albatta, ikkinchisi ham namoyon bo'ladi. Deformatsion tebranishlarning energiyasi kichik bo'lib, ularga xos spektrlar to'liq uzunligining kattaroq qiymatlari sohasida joylashadi. Molekuladagi barcha atomlar tegishli yo'laklar hosil qilib, ular modda tarkibidagi barcha atomlarni aks ettiradi. Biroq, bu tebranishlar orasida molekulaning ayrim qismlarini aks ettiradigan yo'laklar hosil bo'lishini ham ko'ramiz. Bunday tebranishlarga mos keladigan yutilish yo'laklari *xarakteristik yo'laklar* deb yuritiladi. Barcha to'yingan uglevodorodlar molekullari spektrlarida CH_3 guruhga xos bo'lgan 2960 va 2870 sm^{-1} spektral yo'laklar mavjud. Shunday qilib, moddalar tarkibidagi har bir funksional guruhga xos bo'lgan spektral yo'laklarni kuzatishimiz mumkin.

1.4-jadval

Tebranish spektrlaridagi ayrim xarakteristik chastotalar

Funksional guruh	Chastota sm^{-1}	Funksional guruh	Chastota sm^{-1}
C-H	2992, 2872, 1460, 1380, 1135	-C≡C-	2230
-CH ₃	2926, 2853, 1467, 1307, 720	-C-N=	1160
=CH ₂	3080 900	=C=N-	1670
-CH=CH ₂	3300	-CN	2040
-CH=CH-	3100	C-OH	1180
-OH	3600	C-O-C	1100
=NH	3450	CO	2168
PH	2400	C=O	1720
S-H	2570	Si-C	1260, 820
Si-H	2200	SiO	1050
HF	3950	C-Cl	770
HCl	2990	NO ₂	1370, 820
C=C	1640	NO	1320

Ushbu spektral yo'laklar asosida IQ spektroskopiya usulida sifat analizi ikki xil amalga oshiriladi. Birinchi usulda tekshiriladigan moddaning 5000-500 sm^{-1} sohasida IQ spektri tushiriladi va u tegishli atlaslar bilan taqqoslanib, identifikatsiya qilinadi. Ikkinchi usulda tekshiriladigan moddaning spektridagi xarakteristik yo'laklar topiladi va shular asosida identifikatsiya amalga oshiriladi. 1.4-jadvalda ayrim atomlarga guruhlariga mos keladigan xarakteristik chastotalar keltirilgan.

Spektrdan topilgan xarakteristik chastota jadvaldagi qiymat bilan taqqoslanadi va spektral yo'lak identifikatsiya qilinadi. Masalan, spektrdan 1720 sm^{-1} ga mos keladigan chastota topilgan bo'lsa, uni jadvaldagi qiymat bilan taqqoslab, bu chastotaning karbonil guruhga xosligini aniqlash qiyin emas.

Shuni unutmaslik kerakki, ayrim funksional guruhlar bir necha chastotada yutadi. Uni aralashtirib yuborishdan ehtiyot bo'lish tavsiya qilinadi.

1.9. Nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti

Barcha analiz metodlaridagi kabi optik analizda ham reaksiyaning sezgirligi muhim ahamiyatga ega.

Nur yutuvchi har qanday sistemaning asosiy xarakterlovchi kattaligi berilgan to'liqin uzunlikdagi nurni molyar so'ndirish koeffitsiyentidir. Nur yutilishining asosiy qonuniga binoan $\epsilon = A/l \cdot C$.

Bu kattalikning fizik ma'nosi shundan iboratki, eritmada erigan moddaning konsentratsiyasi 1 mol/l va yutish qalinligi 1 sm. bo'lgandagi optik zichlikka nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti deyiladi.

Nur yutilishning molyar so'ndirish koeffitsiyenti ϵ_λ eritmadan o'tayotgan nurning to'liqin uzunligi, erigan moddaning tabiati, eritmaning haroratiga bog'liq bo'lib, yutayotgan qavatning qalinligi va konsentratsiyasiga bog'liq emas. Moddaning har xil bo'lishiga qarab ϵ ham turli qiymatga ega bo'ladi.

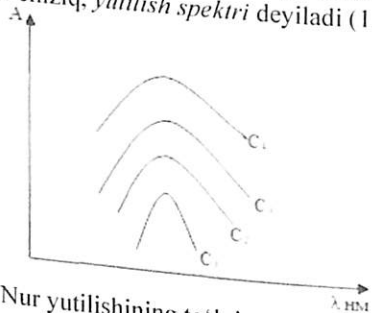
$\epsilon = 2,0 \cdot 10^3$ bo'lsa, reaksiya sezgirligi kam; $\epsilon = 20 \cdot 10^3$ bo'lsa, reaksiya sezgirligi o'rtacha; $6,0 \cdot 10^4$ bo'lsa, reaksiya sezgirligi yuqori va $\epsilon = 2 \cdot 10^5$ bo'lsa, reaksiya eng yuqori sezgirlikka ega deb hisoblanadi.

Kompleks turg'un bo'lsa, yaxshi natija olish mumkin, aks holda shartli ϵ topiladi xolos.

1.10. Eritmaning optik zichligi

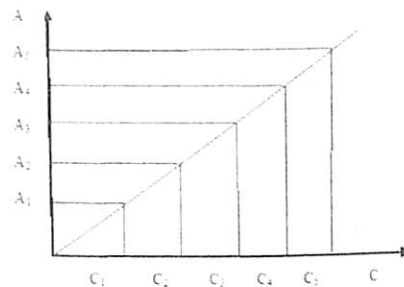
Eritmaning optik zichligi quyidagi omillarga bog'liq bo'ladi.

1) To'liqin uzunlikka (λ) bog'liq. To'liqin uzunlikka bog'liqligini ifodalaydigan egri chiziq, yutilish spektri deyiladi (1.4-rasm).



1.4-rasm. Nur yutilishining to'liqin uzunligiga bog'liqligi

2) Konsentratsiyaga bog'liq. Odatda, bu bog'liqlikni darajalangan grafik deyiladi. Bu grafikdan foydalanib noma'lum, moddaning miqdori topiladi (1.5-rasm).



1.5-rasm. Darajalangan grafik

3) Yutish qalinligi (l) ga bog'liq. Yutish qalinligini shunday tanlash kerakki, o'lchanayotgan optik zichliklar 0,1-1,0 oralig'ida bo'lsin. Shu oraliqda xato minimal bo'ladi.

1.11. Fotometrik analizda optimal sharoitni tanlash

Fotometrik analizda aniq va bir xilda takrorlanuvchi natijalarni olishda tanlangan reagentning selektivligi va analizni bajarish sharoitlari juda katta ahamiyatga ega.

Reagentni tanlash. Ma'lumki, kam miqdordagi elementlarni aniqlashda shu elementga xos bo'lgan analitik aktiv gruppasi bor organik reagentlardan foydalaniladi. Misol uchun, nikelni aniqlashda dimetilglioksimdan foydalaniladi, chunki undagi oksim gruppasi =N-OH nikel uchun yoki shuningdek, α -nitrozo- β -naftoldagi -NO va -OH gruppalar kobalt ionlari uchun spetsifik hisoblanadi. Bunday gruppalar sezgir bo'lishi bilan birga, ularning hosil qilgan rangli kompleks birikmalariga ma'lum talablar ham qo'yiladi. Hosil bo'lgan kompleks birikmalar yetarli darajada barqaror va doimiy tarkibga ega bo'lishi kerak.

Yaxshi reagentni tanlash uchun quyidagilarni mezon qilib olish mumkin:

1) Kompleks bilan reagentning nurni yutish to'liqin uzunliklari farqi ($\Delta\lambda = \lambda_k - \lambda_R$) qanchalik katta bo'lsa, reaksiya shunchalik kontrastli bo'ladi.

$\Delta\lambda = \lambda_k - \lambda_R > 100$ nm bo'lsa, reaksiyani kontrastligi yuqori bo'ladi.

2) Reagent va kompleksning molyar so'ndirish koeffitsiyentining farqi $\Delta\epsilon = \epsilon_k - \epsilon_R$ va $\Delta = \epsilon_k / \epsilon_R$ qanchalik katta bo'lsa, reaksiya shuncha

sezgir bo'ladi. Agar kompleks va reagentning molyar so'ndirish koefitsiyentlari noma'lum bo'lsa, kompleks birikma bilan reagenteritmalari optik zichliklarining farqi olinadi: $\Delta A = A_{um} - A_R$. Bunda A_{um} kompleks birikma optik zichligi; A_R reagentning optik zichligi.

3) Hosil bo'lish vaqtida kompleksning rangli shakli va reagent orasidagi pH ning farqi katta bo'lgani (ΔpH) yaxshi: $\Delta pH = pH_k - pH_R$.

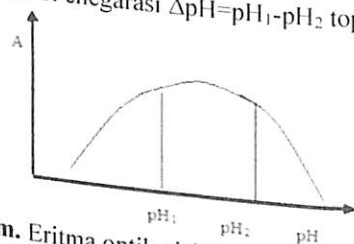
4) Eritmaning optik zichligi pH ning qaysi qiymatlari orasida doimiy bo'lishi ham ahamiyatlidir.

Tekshiriladigan birikmaning fotometrik aniqlashning optimal sharoitini tanlash quyidagi tartib bo'yicha amalga oshiriladi.

1. Eritmaning qaysi to'lqin uzunligida nurni maksimal yutishini aniqlash. Buning uchun spektrofotometrda 200-760 nm oralig'ida eritmaning nur yutishi qaysi to'lqin uzunlikda katta ekanligini topiladi. Aniqlanayotgan modda bilan reagentning eritmasi $C_R:C_M$ 1, 10, 0,1 nisbatda tayyorlanib, pH ning har xil qiymatlarida o'lchanadi. Bunda $pK_a < pH$ bo'lishi kerak.

Eritmaning optik zichligi reagentga nisbatan o'lchanadi va yutilish spektridan λ_{max} topiladi. Keyingi eritmalarning optik zichliklari shu to'lqin uzunligida o'lchanadi. Miqdor jihatdan aniqlanayotgan modda kompleksga to'la o'tishi uchun reagent 2-5-marta ortiqcha qo'shiladi. Agar kompleks bilan bir qatorda reagent ham nurni yutsa, reagent miqdorini juda ortiq solish yaramaydi, chunki solishtirma eritmaning optik zichligi ortib ketadi.

2. pH ning optimal qiymatini aniqlash. Nur yutadigan birikmaning hosil bo'lishi uchun eng qulay pH chegarasi nechaga teng ekanligini aniqlash uchun pH ning har xil qiymatlarida eritmaning optik zichligi o'lchanadi va $A(\Delta A) = f(pH)$ grafigi chiziladi. Grafikdan pH ning optimal qiymatlari chegarasi $\Delta pH = pH_1 - pH_2$ topiladi. (1.6-rasm).

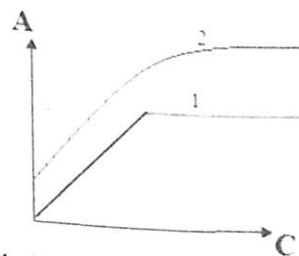


1.6-rasm. Eritma optik zichligini pH ga bog'liqligi

Agar rangli birikma suvsiz erituvchi bilan ajratib olinsa, u vaqtda ekstraksiya maksimal bo'ladigan pH qiymatini aniqlash kerak bo'ladi.

3. Aniqlanayotgan ionni rangli birikmaga to'la bog'lash uchun reagentning kerakli miqdorini aniqlash. Reagentning kerakli miqdori nazariy hisob qilinadi va reaksiya mahsulotining maksimal hosil bo'lishi, ya'ni nurning eng ko'p yutilgan nuqtasi aniqlanadi (1.7-rasm).

Buning uchun metall ionining miqdori bir xil, reagentning miqdori har xil va har gal ortib boruvchi miqdorda bir necha eritmalar seriyasi tayyorlanadi. Eritmalarning optik zichliklari o'lchanib, optik zichlikning C_R konsentratsiyaga bog'liqligi topiladi. Agar turg'un kompleks hosil bo'lsa, uning egrisida keskin burilish paydo bo'lib, barqaror rangli eritma hosil bo'lganligi, "to'yinish nuqtasi" reaksiya mahsulotini maksimal miqdorda hosil qilish uchun sarf bo'ladigan reagentning minimal miqdorini ko'rsatadi. To'yinish egri chizig'ida keskin burilish bo'lmasa, hosil bo'lgan kompleksning turg'unligi kam bo'ladi: bu vaqtda to'yinish nuqtasini aniqlash uchun, egri chiziq endigina ko'tarila boshlaganda reaktiv qo'shishni to'xtatish kerak (2-egri).



1.7-rasm. Reagentning optimal miqdorini aniqlash
1. Turg'un birikmaning hosil bo'lishi;
2. Beqaror birikmaning hosil bo'lishi.

4. Eritmaning nur yutishiga harorat va vaqtning ta'sirini aniqlash. Harorat o'zgarishi bilan eritmaning optik zichligi ham o'zgarishi mumkin. Agar 2-3 °C ham natijaga ta'sir qilsa, oxirgi nuqtaning optik zichligini o'lchashdan oldin, fotometrlandigan eritmani *termostatlash* kerak.

5. Vaqtga bog'liqligi. Eritma rangini vaqti-vaqti bilan (masalan, har 5 minutda) optik zichlikning o'zgarishini o'lchab, turg'un bo'lgan oraliq aniqlanadi. Ko'pchilik rangli eritmalarda rang intensivligi uzoq vaqt saqlanadi, ya'ni hosil bo'lgan rangli birikma turg'un bo'ladi.

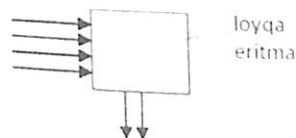
1.12. Nefelometriya va turbidimetriya

Nefelometrik va turbidimetrik analiz usullarini amalga oshirish uchun tekshiriladigan modda muallaq holdagi kam eriydigan birikmaga aylantiriladi. Shu muallaq zarrachalardan sochilgan nur intensivligini o'lchashga asoslangan usulga *nefelometriya*, muallaq zarrachalardan o'tgan nur dastasi intensivligining kamayishini o'lchashga asoslangan usul *turbidimetriya* deb yuritiladi. Bu usullarda nur dastasining intensivligi o'zgarib (1.8- va 1.9-rasmlar), uning spektral xarakteristikalari o'zgarishsiz qoladi. Bu usullar faqat kam eriydigan muallaq zarrachalar (cho'kma emas) hosil bo'lgandagina qo'llaniladi. Reley qonuniga ko'ra sochilgan nur intensivligi quyidagicha tasvirlanishi mumkin:

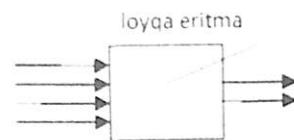
$$\frac{I_s}{I_0} = \frac{n_1^2 - n^2}{n^2} \frac{NV^2}{\gamma^2 r^2 (1 + \cos^2 \beta)}$$

bu yerda I_s – sochilgan nur dastasi intensivligi; I_0 – loyqa eritmaga tushgan nur dastasining intensivligi; n_1 – muallaq zarrachalarning sindirish koeffitsiyenti; n – muhitning sindirish koeffitsiyenti; N – berilgan hajmdagi zarrachalar soni; V – yorug'likni sochayotgan sharsimon zarrachaning hajmi; λ – to'lqin uzunligi; r – kuzatuvchigacha yoki fotoelementgacha bo'lgan masofa; β – tushayotgan va sochilgan nur dastalari orasidagi burchak.

Tenglamadan ko'rinishicha, nurni sochadigan zarrachalarning hajmi katta ahamiyatga ega. Shuning uchun ham aniqlanadigan modda va standartning muallaq zarrachalarini hosil qilish sharoiti bir xil bo'lishi kerak. Bu usullar cho'kmaydigan muallaq zarrachalar hosil qiladigan moddalarning kam miqdorlarini aniqlash uchun qo'llaniladi. Masalan, sulfatni bariy sulfatning, xloridni kumush xloridning muallaq zarrachalari holida aniqlashni keltirish mumkin. Shuni aytish kerakki, bir xil o'lchamli zarrachalarni hosil qilish juda qiyin. Kristallarning shakli ham hamma vaqt bir xil bo'lmaydi. Bu holatlar xatolarni keltirib chiqaradi. Shu bois, bu usullar hozirgi vaqtda juda kam qo'llaniladi.



1.8-rasm. Nefelometrik aniqlashda nurdastasining o'tishi.



1.9-rasm. Turbidimetrik aniqlashda nur dastasining o'tishi.

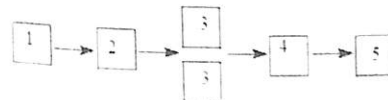
1.13. Fotometriya va spektrofotometriyada ishlatiladigan asboblarning qurilmaning umumiy tuzilishi. Nur yutilishini o'lchashni ta'minlaydigan asbob ikki asosiy vazifani bajarishi kerak:

1) polixromat nurni parchalab, zarur bo'lgan to'lqin uzunlikdagi nurni ajratib berishi kerak;

2) moddaning nur yutishini o'lchash imkonini berishi kerak;

Har qanday spektral asbob quyidagicha bo'limlar bilan ta'minlangan bo'ladi: nur manbai, bizga kerakli bo'lgan to'lqin uzunlikdagi nurni ajratib beradigan qurilmasi (monoxromator yoki nurfiltr), kyuvetalar joylashtiriladigan bo'limi) detektor va indikator joylashgan bo'limi bo'ladi.

Asbobning tuzilish chizmasi:



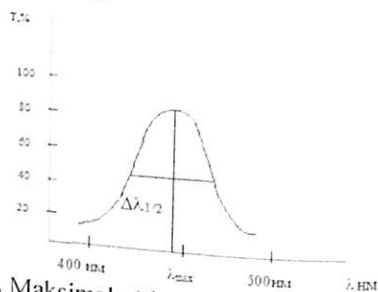
Nurning yutilishini o'lchaydigan asbobning asosiy bo'limlari. 1. Nur manbai; 2. Monoxromator yoki nurfiltr; 3. Kyuvetalar; 4. Signalni tok kuchiga aylantiruvchi asbob; 5. Indikator.

To'lqin uzunlikning qaysi sohasida ishlashga qarab, manba, monoxromator va detektor tanlanadi. Bu sxemada nur manbai, monoxromator va detektor asosiy qismlar hisoblanadi. Shuning uchun ularga batafsilroq to'xtalamiz.

Nur manbai. Ma'lum spektral sohada ishlash uchun asbob tegishli spektral intervalga va yetarlicha intensivlikka ega bo'lgan nur manbai bilan jihozlangan bo'lishi kerak.

Ultrabinafsha sohada UB	Deyteriyli, vodorodli, simobli lampalar ham chiziqli spektrlar beradi
Ko'rinuvchan va yaqin infragizil soha	Odatdagi volframli lampalar.
Fundamental va uzoq infragizil soha	Issqlik nur manbalari, Nernst lampasi, Globar (SiC)

Monoxromatorlar. Yorug'lik filtrlari shishalar, jelatina, sellofanli moddalar yoki rangli suyuqliklar yorug'lik filtrlari bo'lishi mumkin. Bunday moddalar o'zidan qisqa intervaldagi to'liq uzunligiga ega bo'lgan nurlarni o'tkazadi. Har bir yorug'lik filtri λ_{max} o'tkazuvchanlik va maksimumning yarim kengligiga ega bo'lgan ma'lum egrisi bilan xarakterlanadi (1.10-rasm).



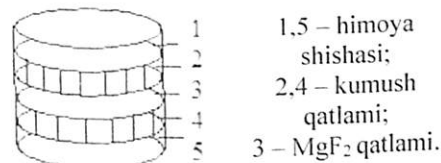
1.10-rasm. Maksimal o'tkazuvchanlikning yarim kengligi

Maksimal o'tkazuvchanlikning yarim kengligi turli yorug'lik filtrlari uchun turlichadir, uning qiymati 30-40 nm dan 100 nm gacha o'zgarishi mumkin. $\Delta\lambda_{1/2}=100$ nm li yorug'lik filtrlari bilan jihozlangan asboblarda moddalarning spektral xarakteristikalarini olib bo'lmaydi. Bunday hollarda yorug'lik filtrlari miqdoriy aniqlashning sezgirligi va aniqligini ma'lum miqdorda oshirish uchun xizmat qiladi. Bunday yorug'lik filtrlari FEK-M asboblarga o'rnatilgan.

$\Delta\lambda_{1/2}=30-40$ nm li yorug'lik filtrlari FEK-56, FEK-60, KFK-2, KFK-3 asboblarga o'rnatilgan. Bunday asboblarda yordamida moddaning unchalik aniqlikka ega bo'lmagan spektral xarakteristikalarini olish mumkin. Bunday asboblarda qisqa polosali spektrlar olib bo'lmaydi. Keyingi yillarda interferensiyon yorug'lik

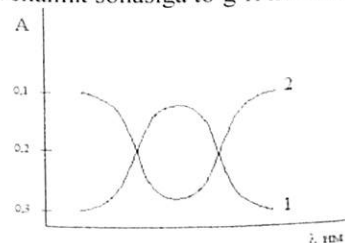
filtrlari ishlab chiqarilmoqda. Bu yorug'lik filtrlari 4 sm qalinlikka va $\Delta\lambda_{1/2}=8-16$ nm ga ega bo'lib, 350 nm dan 800 nm gacha spektral sohani qamrab oladi

$\Delta\lambda_{1/2}=10, 20$ va 40 nm li interferensiyon yorug'lik filtrlari ishlab chiqarilmoqda. Bunday yorug'lik filtrlari 400-800 nm li spektral sohalarni qamrab oladi. Bunday yorug'lik filtrlarining tuzilishi quyidagicha:



Fotoelektrokolorimetrlarga nisbatan yanada takomillashgan asboblardan mavjud. Bunday asboblarga nurni monoxromatlash uchun prizmalar va difraksiyon panjaralar o'rnatilgan bo'lib spektrofotometrlar deyiladi.

SF-4 da dispergirlovchi prizma 200-1100 nm intervalida SFD-2 da difraksiyon panjara 220-1100 nm intervalida bo'ladi. Moddalarning eritmalarini fotometrlashda yorug'lik filtrlari quyidagicha tanlanadi: bunda moddaning nur yutish maksimumi sohasi yorug'lik filtrlarining maksimal o'tkazuvchanlik sohasiga to'g'ri kelishi kerak (1.11. rasm).



1.11. rasm. 1-fotometrlanadigan moddaning nur yutish egrisi, 2-nur filtrlarining nur o'tkazuvchanlik egrisi.

Detektorlar. Vizual asboblarda detektor vazifasini analiz qiluvchining ko'zi bajaradi. Ammo inson ko'zi ko'rinuvchan spektral sohanigina sezadi va turli odamda ko'zning sezgirligi turlicha (ya'ni, modda rangining intensivligini sezishi turlicha) bo'ladi.

Bunday hollarda rang intensivligini baholashda turlicha subyektiv xatolarga yo'l qo'yish mumkin.

Hozirgi zamon asboblari nur intensivligini o'lchashda detektor sifatida fotoelementlar qo'llaniladi. Fotoelementning ishlashi Stoletov qonuniga asoslangan. Nur ta'sirida modda sirtidan elektronlar uziladi, natijada modda zaryadlanadi. Bu hodisa yorug'lik kvanti energiyasi elektronni modda sirtidan uzish uchun sarflanadigan ishdan va unga beriladigan kinetik energiyadan katta yoki teng bo'lgandagina amalga oshadi:

$$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda \geq A_{\text{mik}} + E_{\text{kin}}$$

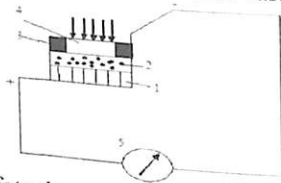
Har bir yorug'lik sezuvchi modda uchun nurning ma'lum to'lqin uzunligi λ mavjud, u fotoeffekt hodisasi boshlanadigan fotoeffekt ostonasi deyiladi. Fotoelementlar ma'lum to'lqin uzunligidagi elektromagnit nurlariga spektral sezgirligi va integral sezgirligi bilan xarakterlanadi. Sezgirlikning spektral taqsimlanishi yorug'lik sezuvchi qatlarning tabiatiga va haroratga bog'liq bo'ladi.

Stoletov qonuni bo'yicha fototok kuchi fotoelementga tushayotgan nurlanish intensivligiga to'g'ri proporsional.

Qat'iy proporsionallik monoxromatik nurlar uchungina o'rindir. Ta'sir etish prinsipi asosida fotoelementlar 3 ga bo'linadi.

- 1) Berkiriladigan qavatli fotoelementlar (ventilli ham deyiladi).
- 2) Tashqi fotoeffektli fotoelementlar (vakuumli yoki gaz to'ldirilgan).
- 3) Ichki fotoeffektli fotoelementlar (fotoqarshiliklar).

Ventilli fotoelementlarni tuzilishi 1.12-rasmda keltirilgan:



1.12-rasm. Ventilli fotoelementlarni tuzilishi: 1 – temir elektrodi, 2 – selenli yarim o'tkazgich, 3 – metall halqa, 4 – oltin plyonkali elektrod, 5 – galvanometr.

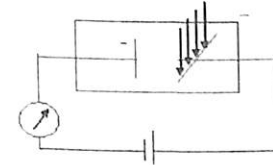
Temirdan qilingan plastinkaga yarim o'tkazgichning qatlami o'rnatilgan (selen, mis (I) oksid, kumush sulfidi) va ustidan yarim

shaffof metallning ultra yupqa plyonkasi (pardasi) qoplangan (Au, Ag, Pt, Cu). Yarim shaffof metall plastinkasi va yarim o'tkazgich orasidan chegarali berkitiladigan qavat sifatida xizmat qiladi, chunki bu qavat metall plyonkadan yarim o'tkazgichga qarab faqat bir yo'nalishda o'tkaziladi.

Fotoelementga yorug'lik nurlari tushirilganda yarim o'tkazgichdagi elektronlar qo'shimcha energiya oladi va berkituvchi qatlamdan o'tib, yarim shaffof metall plyonkaga keladi. Bu elektronlar galvanometr va temir elektrod orqali o'zining dastlabki o'rniga yarim o'tkazgichga keladi. Shu bilan zanjir ulanadi va unda fototok hosil bo'ladi. Fotoelement bu – yorug'lik energiyasini elektr energiyaga aylantirib beruvchi asbobdir.

Fotoelementga qanchalik yorug'lik ko'p tushsa, unda shuncha ko'p tok hosil bo'ladi. Selenli fotoelement ko'zga ko'rinuvchan nurlar sohasida ishlaydi. Selen o'rniga kumush va talliy sulfidlari ishlatilsa ham bo'ladi. Ularning spektral sezgirlik sohasi yanada kengroqdir.

Tashqi fotoeffektli fotoelementlar. Bunday fotoelementlarning ishlash prinsipi yorug'lik nurlari ta'sirida elektronlarning "sezgir qatlam" katoddan anodga o'tishiga asoslangan (1.13. rasm).



1.13-rasm. Tashqi fotoeffektli fotoelementlarni tuzilishi.

Tashqi fotoeffektli fotoelementlardan ko'proq tarqalgani surma-seziyli va kislorod seziylidir. Surma-seziyli UB va ko'rinuvchan nurlar sohasida ishlaydi. Kamchiligi: tashqi kuchlanishdan foydalaniladi. Bu fotoelementlarning spektral sezgirligi ancha keng bo'lganligi uchun spektrofotometrlarda ishlatiladi.

Ichki fotoeffektli fotoelementlar (fotoqarshilik). Bunday fotoelementlarning ishlash prinsipi yorug'lik nurlari ta'sirida yarim o'tkazgichlar qarshiliklarining kamayishini o'lchashga asoslangan. Yarim o'tkazgichlar sifatida talliy oksidi va sulfidi aralashmasi, qo'rg'oshin sulfidi hamda selendan foydalaniladi. Fotoelementlar

spektrning infraqizil sohasida sezgirdir. Fotoqarshilikli fotoelementlarning kamchiligi temperatura o'zgarishiga sezgirli va yuqori inersionligidadir.

Fotoelementlar bilan ishlashda ularning quyidagi xossalari e'tiborga olish lozim:

- 1) Fotoelementlarning qarshiligi;
- 2) Fotoelementlarning charchashi;
- 3) Fotoelement sirtining turli qismlari sezgirli bir xil emasligi.

Fotoelektrokolorimetrlar. KFK-1, KFK-2 $\lambda=315-970$ nm, FEK-56m, FEK-56, lar $\lambda=315-630$ nm oralig'ida eritmalarning optik zichliklarini o'lchashga moslangan. Bu asboblarda suspenziyalarning, emulsiyalarning va kolloid eritmalarning nurni tarqatish intensivligini ham, o'lchash mumkin bo'ladi.

O'tkazuvchanlikni o'lchaganda absolyut xato $T=1\%$ dan oshmaydi.

Spektrofotometrlar. Qayd qilinmaydigan spektrofotometrlar SF-4, SF-4A, SF-16.

Nur manbai: vodorodli va deyteriyl lampalar UB sohada 186-380 nm. Cho'g'lanish lampasi ko'rinuvchan va IQ sohada 350-1100 nm.

Monoxromator-dispergirlovchi prizma.

Detektorlar: surma-seziyli fotoelement 186-650 nm. Kislorod-seziyli fotoelement 600-1100 nm. Bunday spektrofotometrlar bitta nur yo'lga ega bo'lgan asboblarga kiradi.

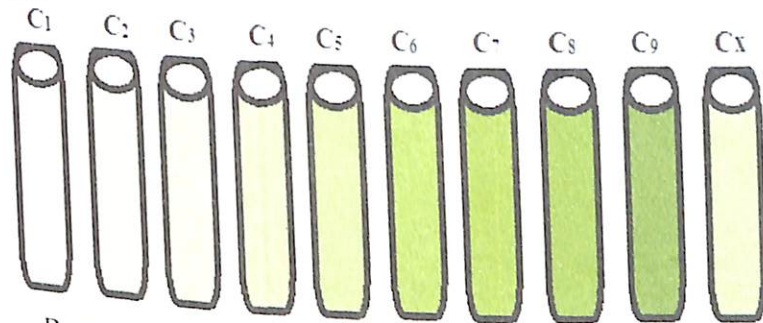
Qayd qiladigan spektrofotometrlar SF-10, SF-14, SF-26, SF-46 va boshqalar. Bunday asboblarda eritmalarning nur yutish spektrlarini va qattiq hamda kukun holidagi rangli moddalar spektrlarini o'zi chizadi. Nur yo'lga bu moddalarni qo'yib, asbob elektr tokiga ulansa, sxema asosida o'zi spektrini chizadi.

Spektr yozuvi 2 minutdan 12 minutgacha davom etadi. Ikki kulan monoxromatorlar ishlatiladi. Nur manbai sifatida cho'g'lanish lampasi qo'llaniladi. Ish diapazoni 400 dan 750 nm gacha bo'lgan spektrofotometrlar: SF-10 va SF 14 2ta nur yo'lga ega. 186 dan 1100 nm gacha bo'lgan SF -26 va SF 46 lar esa bitta nur yo'lga ega.

1.14. Eritmada modda konsentratsiyasini aniqlash usullari (absorbsion usullarda)

Standart seriyalar metodi. Metod bo'yicha analiz qilinadigan modda eritmasi rangining intensivligi bir necha etalon eritmalar rang

intensivliklari bilan taqqoslanadi va natijada analiz qilinadigan modda konsentratsiyasi aniqlanadi. Buning uchun bir xil kolorimetrik probirkalarga eritmalar tayyorlanadi. Xuddi shunday usulda va sharoitda analiz qilinadigan modda rangli birikmaga aylantiriladi. Analiz qilinadigan eritma va standart eritmalar rang intensivliklari vizual shaklda taqqoslanadi va konsentratsiyasi aniqlanadi. Bunda subyektiv xolatlarga yo'l qo'yilishi mumkin. Bu usul dala sharoitlarida qo'llaniladi.



Bumetodni Bugert-Lambert-Ber qonuniga qat'iy amal qilmaydigan hollarda ham qo'llash mumkin.

Solishtirma metod. Analiz qilinayotgan eritmadan alikvot qism olinib, undan rangli eritmalar tayyorlanadi va ularning optik zichliklari o'lchanadi. So'ngra shunday sharoitda konsentratsiyasi aniq ma'lum bo'lgan 3-4 ta fotometrik eritma tayyorlanadi va ularning ham optik zichliklari o'lchanadi.

Standart va tekshirilayotgan eritmaning optik zichliklarini o'zaro solishtirib, noma'lum moddaning miqdori aniqlanadi. Xato kamroq bo'lishi uchun solishtirilayotgan eritmalarning konsentratsiyalari bir-biriga yaqinroq bo'lishi kerak.

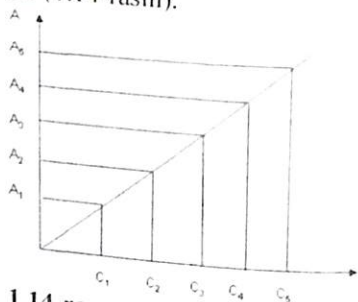
O'lchangan optik zichliklar noma'lum modda uchun $A_x = \epsilon_{\lambda} C_x l_x$ va standart solishtirma eritmalarda $A_{st} = \epsilon_{\lambda} C_{st} l_{st}$ bo'ladi.

Tenglamalarning birini ikkinchisiga bo'lsak va ularda nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti (ϵ) hamda nur yutilish qalinligi (l) bir xil ekanini hisobga olsak: $A_x/A_{st} = C_x/C_{st}$ va bundan $C_x = C_{st} A_x/A_{et}$. C_x ning konsentratsiyasini hisoblab (mg/ml) chiqib, eritmaning suyultirilganligini hisobga olib, noma'lum modda (g, mg) ning umumiy miqdori topiladi.

$$g_x = C_x \cdot V_x \cdot V_{um} / V_1$$

bunda V_x - rangli eritmaning hajmi, ml; V_1 - alikvot qismi hajmi, ml; V_{um} - tekshirilayotgan eritmaning umumiy hajmi.

Darajalangan grafik metodi. Bu metodda konsentratsiyasi ortib boradigan, 5-8 ta standart eritma tayyorlanadi. Har bir nuqtaning optik zichligini o'lchash uchun kamida 3 ta parallel eritma tayyorlanadi. Eritmalarning optik zichliklari o'lchanib, "darajalangan grafik" deb ataladigan grafik tuziladi (1.14-rasm).



1.14-rasm. Darajalangan grafik

Mumkin qadar aniqlanayotgan eritmaning optik zichligi grafikning o'rtasiga tushgani ma'qul. Eritmaning optik zichligi A_x ni ordinata o'qidan, C_x ni esa absissa o'qidan topib, eritmadagi modda miqdori (mg) $q_x = C_x V_{ym} : V_1$ formula bilan hisoblanadi.

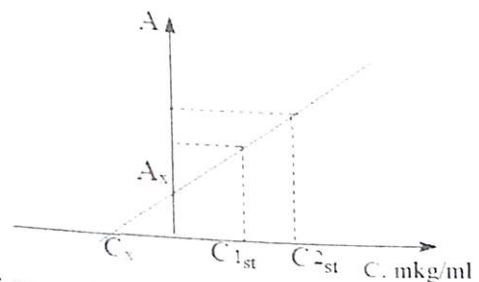
Qo'shilmalar metodi. Tarkibi murakkab bo'lgan eritmalarni analiz qilishda qo'shilmalar metodi ishlatiladi (1.15-rasm). Uning mohiyati quyidagicha:

Avval konsentratsiyasi noma'lum (C_x) bo'lgan, aniqlanayotgan eritmaning optik zichligi (A_x) o'lchab olinadi. So'ngra uning eritmasiga aniqlanayotgan moddaning aniq o'lchangan miqdori (C_{st}) ni solib, yana optik zichligi (A_{x+st}) o'lchanadi.

A_x ning optik zichligi - $A_x = \epsilon l C_x$; Modda qo'shilgani esa - $A_{x+st} = \epsilon l (C_x + C_{st})$

Tenglamalar nisbati: $A_x / A_{x+st} = C_x / (C_x + C_{st})$ bundan $C_x = C_{st} A_x / (A_{x+st} - A_x)$.

Qo'shilmalar qo'shish metodidan grafik shaklda ham foydalanish mumkin.



1.15-rasm. Qo'shilmalar qo'shish metodini grafigi

Bu vaqtda absissa o'qiga A_x va A_1 (bunda A_x - aniqlanayotgan moddaning optik zichligi A_1 esa - aniqlanayotgan modda bilan qo'shilmaning birgalikdagi optik zichligi) qiymatlari qo'yiladi va nuqtalarni birlashtirib, absissa o'qi bilan kesishguncha davom ettiriladi. Nuqtalarning absissada kesishgan joyi, aniqlanayotgan konsentratsiya (C_x) ni ko'rsatadi. Hosil bo'lgan kesimta aniqlanayotgan konsentratsiyani ko'rsatadi.

Xato katta bo'lmasligi uchun odatda 2 nuqtadan to'g'ri chiziq o'tkazilmaydi. Shuning uchun yana bir eritma A_2 tayyorlab, uning optik zichligi o'lchanadi va to'g'ri chiziq kamida 3 nuqtadan o'tkaziladi. Qo'shilmalar miqdori qo'shilma aniqlanayotgan eritmaning konsentratsiyasiga yaqinroq bo'lsa, ikkinchi qo'shilma birinчисiga qaraganda 2-marta ortiq bo'lsa, yaxshi natija olinadi.

Nurni molyar so'ndirish koeffitsiyentidan konsentratsiyani aniqlash. Eritmaning nurni molyar so'ndirish koeffitsiyentidan aniqlash uchun bir necha standart eritmalar tayyorlanib, ularning optik zichliklari (A_{st}) o'lchanadi.

Har qaysi eritma uchun $\epsilon = A_{st} / (l_{st} C_{st})$; ϵ hisoblanadi va ularning o'rtacha qiymati topiladi. Shundan keyin analiz qilinayotgan eritmaning optik zichligi A_x o'lchanib, $C_x = A_x / \epsilon l$ hisoblanadi va aniqlanayotgan modda miqdori (q_x) (mg) quyidagi formuladan topiladi: $g_x = C_x V_x V_{um} M / V_1$.

Metod Ber qonuniga albatta bo'ysunganidagina o'rinli bo'ladi.

1.15. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Qanday metodlar fizik-kimyoviy metodlar deyiladi?
2. Qanday metodlar optik analiz metodlari deyiladi?
3. Bitta mikrozarrahaga nechtdan energetik sathlar to'g'ri keladi.
4. Nima uchun molekulyar spektrlar chiziqli emas?
5. Bitta tebranma energetik sathga qanday energetik sathlar to'g'ri keladi?
6. Elektronning energetik o'tishi yuz berganda yana qanday o'tishlar sodir bo'ladi?
7. To'lqin uzunligi asosida elektromagnit nurlar qanday spektral sohalarga bo'linadi?
8. Nur yutilishi birinchi qonunining mualliflari kim va uning ta'rif nimadan iborat?
9. Yutilish koeffitsiyenti qanday omillarga bog'liq.
10. Shaffoflik va o'tkazuvchanlik deb nimaga aytiladi?
11. Optik zichlik deb nimaga aytiladi?
12. Qanday hollarda Ber qonunidan chetlanishlar ro'y beradi?
13. Qaysi holatlarda Ber qonuni o'rinli bo'ladi?
14. Eritmaning optik zichligi qanday omillarga bog'liq?
15. Molekulyar spektroskopiya usullari qanday spektrlarni tekshirishga asoslangan?
16. Spektrofotometriya va fotokolorimetriya usullarining o'xshashligi va farqlari nimalarda ko'rinadi?
17. Buger-Lambert-Ber qonunining mohiyati nimadan iborat va qanday ifodalanadi?
18. Eritmalarning o'tkazish koeffitsiyenti va optik zichlik nima? Ular qanday oraliqda o'zgaradi?
19. Buger-Lambert-Ber qonunining bajarilish chegaralari nima bilan belgilanadi?
20. Tebranish (IQ) spektroskopiyasi usulining mohiyatini tushuntiring.
21. Elektron (UB, ko'rinadigan) spektrlar asosida struktur, funksional va miqdoriy analiz qanday amalga oshiriladi?
22. Fotometrik usullarda qanday reaksiyalar qo'llaniladi?
23. Darajalash chizmasi usuli yordamida konsentratsiya qanday aniqlanadi?
24. Bitta standartli usul yordamida moddaning konsentratsiyasini aniqlash qanday amalga oshiriladi?

25. Differensial fotometriya usuli qachon va qanday vaqtlarda qo'llaniladi?
26. Rangli moddalar aralashmasini ajratmasdan aniqlash nimaga asoslangan?
27. Yutilish spektrlari bo'yicha sifat analizi qanday amalga oshiriladi?
28. Nurning molyar so'ndirish koeffitsiyentining ma'nosi nimada? Unga qanday omillar ta'sir ko'rsatadi?
29. Molyar so'ndirish koeffitsiyenti nimalarga bog'liq?
30. Nurning molyar so'ndirish koeffitsiyentidan foydalanib, moddaning konsentratsiyasini qanday aniqlash mumkin?
31. Differensial fotometriya usulini qo'llanilishi?
32. Yutilish spektri deb nimaga aytiladi?
33. Additivlik qoidasi nima?
34. Optik zichlikning additivlik xossasi nimani bildiradi?
35. Fotometrik analizda optimal sharoitni tanlashda qanday omillar asos qilib olinadi?
36. Optimal reagentni tanlashda qanday mezon asos qilib olindi?
37. Reaksiyaning kontrastligi nimani bildiradi?
38. Fotometrik metodning sezgirligi qanday kattalik bilan aniqlanadi.
39. Fotometrik aniqlashning optimal sharoiti qanday tanlanadi?
40. Reagentning optimal miqdori qanday tanlanadi?
41. Yutilish spektridagi yo'laklarning soni va o'zni nima bilan belgilanadi?
42. Fotometrik analiz metodida qanday eritmalar bilan ishlanadi va nima uchun?
43. Agar tekshiriladigan modda eritmasining yutilish spektrida bir nechta maksimumlar bo'lsa, ishchi to'lqin uzunligini tanlashda qanday omillar hisobga olinishi kerak?
44. Eritmalarning o'tkazish koeffitsiyenti va optik zichlik nima? Ular qanday oraliqda o'zgaradi?
45. Yutadigan qatlarning hosil bo'lishiga ta'sir etadigan omillar.
46. Agar tekshiriladigan modda eritmasining yutilish spektrida bir nechta maksimumlar bo'lsa, ishchi to'lqin uzunligini tanlashda qanday omillar hisobga olinishi kerak?
47. Darajalash chizmasi usuli yordamida konsentratsiya qanday aniqlanadi?

48. Bitta standartli usul yordamida moddaning konsentratsiyasini aniqlash qanday amalga oshiriladi?
49. Molyar yutilish koeffitsiyentidan foydalanib, moddaning konsentratsiyasini qanday aniqlash mumkin?
50. Tebranish (IQ) spektroskopiyasi usulining mohiyatini tushuntiring.
51. Elektron (UB, ko'rinadigan) spektrlar asosida struktur, funksional va miqdoriy analiz qanday amalga oshiriladi?
52. Nur yutilishini o'Ichaydigan asbob qanday vazifalarni bajaradi?
53. Fotoelektrokolorimetrlarning asosiy qismlari nimalardan iborat?
54. Fotometrlarda va spektrofotometrlarda qanday nur manbalari ishlatiladi?
55. Yorug'lik nurini elektr tokiga aylantiruvchi moslama qaysi qonuniyat asosida ishlaydi?
56. Selenli fotoelementning ishlash prinsipi nimadan iborat?
57. Spektrofotometrlarda qanday fotoelementlar ishlatiladi?
58. Spektrofotometrlarning fotoelektrokolorimetrlardan asosiy farqi nimadan iborat?
59. Optik analiz metodining sezgirligi bilan nurning monoxromatligi orasida qanday bog'lanish mavjud?
60. Spektrofotometrlar bilan ishlashda yaqin IQ sohada qanday fotoelementdan foydalaniladi?

ADABIYOTLAR.

1. N.T.Turabov. Analitik kimyo. Darslik. Toshkent. "Go To Print" nashriyoti, 2020 yil, 21,86 b.t., 376 b.
2. H.T.Турабов, Б.Бобоев. Аналитик кимё маърузалар матни (Физик-кимёвий анализ методлари). III-кисм. Тошкент. –2002. – 68 б.
3. Donald Ckoog, M. West. Fundamentals of Analytical Chemistry Brouks. Cole. Cengage, –2014. – 796 pg.
4. О.Файзуллаев. Аналитик кимё асослари. Университетлар талабалари учун дарслик. –Тошкент: А. А. Кодирий номидаги халк мероси нашриёти, –2003. – 443 б.
5. F.James Holler, Stanley R.Crouch. "Fundamentals of analytical chemistry" Copyright 2013. Cengage Learning. – 1090 pg.
6. O.Fayzullaev. Analitik kimyo. "Yangi asr avlodi", –2006. – 448 b.
7. David Harvey –"Modern Analytical Chemistry", 1st Edition–north America. –2000. – 798 pg.
8. Yu.Ya.Xaritonov, A.N.Yunusxo'jayev, A.A.Shabilalov, S.D.Nasiriddinov. Analitik kimyo. I-jild. Umumnazariy asoslar sifat tahlili. Toshkent. O'zR FA Fan nashritoti. –2008. – 680 b.
9. M.T.G'ulomova, Sh.Q. Norov, N.T.Turabov. Analitik kimyo o'quv qo'llanma. Toshkent. Voris nashriyoti. –2009. – 10 b.
10. Т.Н.Шеховцова и др. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы. Под ред. Ю.А.Золотова 2-ое изд. испр: Высшая школа. –2004. – 411 с.
11. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А.Золотов, Т.Н.Шеховцовой, К.В.Осколька М: Лаборатория знаний. – 2017. – 462 с.
12. Ю.А.Золотов Очерки истории аналитической химии. М.: Техносфера. – 2018. – 262 с.
13. С.У.Убайдуллаева, Қ.Н. Ахмедов. Органик бирикмаларни хроматографик ажратиш усуллари. Тошкент. Университет, 2007. 76 б.
14. М.Отто Современные методы аналитической химии. Пер. с нем. Под ред Гармаша А.В. Изд. 3-е, дополн. М.: Техносфера. –2018. – 544 с.

MUNDARIJA		
1	ANALIZNING FIZIK – KIMYOVIY METODLARI	3
1.1.	Fizik-kimyoviy analiz metodlarining sinflanishi.....	3
1.2.	Molekulyar spektroskopiya usullarining sinflanishi..	4
1.3.	Optik analiz metodlari.....	5
1.4.	Optik spektroskopiya asoslari.....	5
1.5.	Nur yutilishining asosiy qonunlari. Buger–Lambert–Ber qonuni.....	9
1.6.	Nur yutilishining asosiy qonunidan chetlanish hollari.....	13
1.7.	Spektrofotometrik miqdoriy analiz.....	14
1.8.	Spektrofotometrik sifatliy analiz.....	19
1.9.	Nurni molyar so'ndirish koeffitsiyenti.....	20
1.10.	Eritmaning optik zichligi.....	21
1.11.	Fotometrik analizda optimal sharoitni tanlash.....	22
1.12.	Nefelometriya va turbidimetriya.....	25
1.13.	Fotometriya va spektrofotometriyada ishlatiladigan asboblar.....	26
1.14.	Eritmada modda konsentratsiyasini aniqlash usullari (absorbsion usullarda).....	31
1.15.	Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	34

СОДЕРЖАНИЕ		
1.	ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА	3
1.1.	Классификация физико-химических методов..	3
1.2.	Классификация методов молекулярной спектроскопии.....	4
1.3.	Оптические методы анализа.....	5
1.4.	Основы оптической спектроскопии.....	5
1.5.	Основные законы светопоглощения. Законы Бугера-Ламберта-Бера.....	9
1.6.	Отклонение от основного закона светопоглощения...	13
1.7.	Количественный спектрофотометрический анализ....	14
1.8.	Качественный спектрофотометрический анализ.....	19
1.9.	Молярный коэффициент светопоглощения....	20
1.10.	Оптическая плотность раствора.....	21
1.11.	Выбор оптимальных условий в фотометрическом анализе.....	22
1.12.	Нефелометрия и турбидиметрия.....	25
1.13.	Приборы применяемые в фотометрии и спектрофотометрии.....	26
1.14.	Методы определения концентрации веществ в растворе (в абсорбционных методах).....	31
1.15.	Вопросы для закрепления материала.....	34

CONTENTS

1.	PHYSICO – CHEMICAL METHODS OF ANALYSIS.....	3
1.1.	Classification of physico-chemical methods of analysis.....	3
1.2.	Classification of methods of molecular spectroscopy.	4
1.3.	Optical methods of analysis.....	5
1.4.	Bases of optical spectroscopy.....	5
1.5.	The main laws of lightconsumption, law Burger-Lamberg – Bera.....	9
1.6.	Deviations from law of lightconsumption...	13
1.7.	Quantitative spectrophotometrical analysis...	14
1.8.	Qualitative spectrophotometrical analysis.....	19
1.9.	Molayr coefficient of lightconsumption.....	20
1.10.	Optical density of solutions.....	21
1.11.	Choosing of optimal conditions in photometrical analsis.....	22
1.12.	Nephelometriya and turbodimetriya.....	25
1.13.	Apparatuses using in photometry and spectrophotometry.....	26
1.14.	Methods of determination of substances concentration in solution (in absobtion methods).....	31
1.15.	Questions for attaching of material.....	34

