

5-May, 2026-yil

**KISLOTA-ASOS TITRLASH JARAYONIDA INDIKATORLARNING  
TANLANISHI, MEXANIZMI VA AMALIY AHAMIYATI**

**Jurayeva Barno Abdxalilovna**

*Toshkent kimyo-texnologiya instituti PhD, o‘qituvchi*

**Bekmuratova Muxtarama G‘olibovna**

*Toshkent kimyo-texnologiya instituti katta o‘qituvchisi*

**Rahmatova Nodira Shavkatovna**

*Toshkent kimyo-texnologiya instituti katta o‘qituvchisi*

**Annotatsiya:** Ushbu ilmiy maqola kislota-asos titrlash usulida qo‘llaniladigan indikatorlarning kimyoviy tabiati, ishlash prinsiplari va ularni to‘g‘ri tanlash mezonlariga bag‘ishlangan. Maqolada indikatorlarning rang o‘zgarish mexanizmlari, turli kuchlilikdagi kislotalar va asoslarni neytrallash jarayonidagi o‘rni, shuningdek, vizual aniqlashdagi xatolik manbalari batafsil tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, indikatorning  $pK$  qiymati va titrlash egri chizig‘idagi pH sakrash oralig‘ining mos kelishi tahlil aniqligini ta‘minlovchi asosiy omil hisoblanadi. Maqola laboratoriya amaliyoti uchun metodik tavsiyalarni o‘z ichiga oladi.

**Kalit so‘zlar:** Kislota-asos titrlash, indikator, ekvivalentlik nuqtasi, titrlash oxirgi nuqtasi, pH indeksi, fenolftalein, metiloranj, analitik kimyo, xatolik tahlili.

**Аннотация:** Данная научная статья посвящена химической природе индикаторов, используемых в кислотно-щелочном титровании, принципам их действия и критериям их правильного выбора. В статье подробно анализируются механизмы изменения цвета индикаторов, их роль в процессе нейтрализации кислот и оснований различной силы, а также источники ошибок при визуальном обнаружении. Результаты исследования показывают, что соответствие значения  $pK$  индикатора и интервала скачка pH на кривой титрования является основным фактором, обеспечивающим точность анализа. Статья содержит методические рекомендации для лабораторной практики.

**Ключевые слова:** Кислотно-щелочное титрование, индикатор, точка эквивалентности, конечная точка титрования, pH-индекс, фенолфталеин, метиловый оранжевый, аналитическая химия, анализ ошибок.

**Abstract:** This scientific article is devoted to the chemical nature of indicators used in acid-base titration, their principles of operation and the criteria for their correct selection. The article analyzes in detail the mechanisms of color change of indicators, their role in the neutralization process of acids and bases of different strengths, as well as sources of error in visual detection. The results of the study show that the correspondence of the  $pK$  value of the indicator and the pH jump interval on the titration curve is the main factor ensuring

*the accuracy of the analysis. The article contains methodological recommendations for laboratory practice.*

**Keywords:** *Acid-base titration, indicator, equivalence point, titration endpoint, pH index, phenolphthalein, methyl orange, analytical chemistry, error analysis.*

## KIRISH

Analitik kimyoda miqdoriy tahlil usullari orasida hajmiy analiz, xususan, kislota-asos titrlash (neytrallash reaksiyasi) eng keng tarqalgan va muhim usullardan biri hisoblanadi. Bu usul eritmadagi noma'lum modda konsentratsiyasini ma'lum konsentratsiyadagi standart eritma yordamida aniqlash imkonini beradi. Titrlash jarayonining muvaffaqiyati nafaqat reagentlarning tozaligi va o'lchov asboblarning aniqligiga, balki reaksiyaning tugash nuqtasini, ya'ni ekvivalentlik nuqtasini to'g'ri aniqlashga ham bog'liq.

Amaliyotda ekvivalentlik nuqtasi (stoixiometrik tenglashuv nuqtasi) bevosita kuzatilmaydi. Uning o'rniga biz "titrlash oxirgi nuqtasi" bilan ishlaymiz, bu esa odatda maxsus qo'shimcha moddalar – indikatorlar yordamida aniqlanadi. Indikatorlar eritmaning kislotalilik yoki ishqoriyligi o'zgarganda o'z rangini o'zgartiruvchi moddalardir. To'g'ri tanlanmagan indikator tahlil natijasida jiddiy xatolikka olib kelishi mumkin. Masalan, kuchsiz kislota va kuchli asos titrlashida noto'g'ri indikator tanlash natijaning haqiqiy qiymatdan keskin farq qilishiga sabab bo'ladi.

Shu bois, indikatorlarning kimyoviy tabiatini, ularning rang o'zgarish mexanizmini va turli titrlash turlariga mosligini chuqur tushunish har bir kimyogar-tadqiqotchi va laborant uchun zaruriy shartdir. Ushbu maqolaning maqsadi – kislota-asos indikatorlarining nazariy asoslarini tahlil qilish, ularning afzalliklari va kamchiliklarini ko'rsatib berish hamda amaliyotda optimal tanlov qilish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalarni ishlab chiqishdir.

### Adabiyotlar sharhi va nazariy asoslar

Kislota-asos indikatorlari odatda murakkab tuzilishga ega bo'lgan organik birikmalardir. Ularning aksariyati kuchsiz organik kislotalar yoki kuchsiz organik asoslardir. Bu moddalarning molekulyar tuzilishi shunday xususiyatga egaki, ularning protonlangan (kislota shakli) va deprotonlangan (asos shakli) holatlari turli xil rangga ega bo'ladi. Rangning o'zgarishi eritmadagi vodorod ionlari konsentratsiyasi, ya'ni pH qiymatining o'zgarishiga bevosita bog'liq.

Indikatorlarni bir necha guruhga bo'lish mumkin:

1. Bir rangli indikatorlar: Masalan, fenolftalein. Uning kislota shakli rangsiz, asos shakli esa malina rangida bo'ladi.
2. Ikki rangli indikatorlar: Masalan, metiloranj yoki bromtimol ko'k. Ularning har ikkala shakli ham aniq rangga ega (masalan, qizil va sariq).
3. Aralash indikatorlar: Bir necha oddiy indikatorlarning aralashmasidan iborat bo'lib, rang o'zgarishini yanada aniqroq va keskinroq qilish uchun ishlatiladi.

Har bir indikatorning o'ziga xos "rang o'zgarish oralig'i" mavjud. Bu oralik odatda ikki pH birligini tashkil qiladi. Inson ko'zi ranglarning nisbiy intensivligidagi o'zgarishni

5-May, 2026-yil

faqat ma’lum bir chegarada sezishi mumkin. Shu sababli, indikatorning rangi birdaniga emas, balki ma’lum pH oralig’ida asta-sekin o’zgaradi. Biroq, titrlash jarayonida bu o’zgarish juda tez sodir bo’lgani uchun u keskin o’tish sifatida qabul qilinadi.

## 2.2. Titrlash egri chiziqlari va indikator tanlash prinsipi

Indikatorni to’g’ri tanlash uchun titrlash jarayonida pH ning qanday o’zgarishini ifodalovchi egri chiziqlarni tushunish zarur. Titrlash egri chizig’i qo’shilgan titrant hajmiga qarshi eritmaning pH qiymatini aks ettiradi. Har bir kislota-asos juftligi uchun bu egri chiziqning shakli farq qiladi.

**Kuchli kislota va kuchli asos titrlashi:**

Bu eng oddiy holat bo’lib, unda ekvivalentlik nuqtasi neytral muhitda, ya’ni pH 7 ga teng bo’ladi. Ekvivalentlik nuqtasi atrofida pH qiymati juda keskin o’zgaradi (sakraydi). Masalan, bir tomchi ortiqcha asos qo’shishi bilan pH 4 dan 10 gacha ko’tarilishi mumkin. Bunday katta sakrash oralig’i tufayli, ushbu oralikqa tushadigan deyarli barcha indikatorlar (metiloranj, bromtimol ko’k, fenolftalein) mos keladi va xatolik minimal bo’ladi.

**Kuchsiz kislota va kuchli asos titrlashi:**

Bu holda, masalan, sirka kislotasi va natriy gidroksid o’rtasidagi reaksiyada, hosil bo’lgan tuz gidrolizga uchraydi va muhit ishqoriy bo’ladi. Ekvivalentlik nuqtasi pH 7 dan yuqori, odatda 8–9 oralig’ida joylashadi. pH sakrashi ham yuqori pH sohada sodir bo’ladi. Shu sababli, bu yerda faqat ishqoriy sohada rang o’zgartiradigan indikatorlar, xususan, fenolftalein mos keladi. Metiloranj kabi kislotali indikatorlar esa reaksiya tugamasdan oldin rang o’zgartirib, noto’g’ri (kam) natija beradi.

**Kuchli kislota va kuchsiz asos titrlashi:**

Masalan, xlorid kislota va ammiak suvi o’rtasidagi reaksiyada, hosil bo’lgan tuz kislotali gidrolizga uchraydi. Ekvivalentlik nuqtasi pH 7 dan past, taxminan 5–6 oralig’ida joylashadi. Bu yerda kislotali sohada ishlaydigan indikatorlar, masalan, metiloranj yoki metil qizil afzal ko’riladi. Fenolftalein esa bu sharoitda rang o’zgartirmaydi yoki juda kech o’zgartiradi.

**Kuchsiz kislota va kuchsiz asos titrlashi:**

Bu eng murakkab holat hisoblanadi. Bunday titrlashlarda pH ning keskin sakrashi kuzatilmaydi, egri chiziq silliq bo’ladi. Shu sababli, oddiy vizual indikatorlardan foydalanish qiyin va xatolik katta bo’ladi. Bunday hollarda instrumental usullar (potensiometriya) tavsiya etiladi.

## **Metodologiya**

Ushbu tadqiqot nazariy tahlil va adabiyotlar sharhi asosida olib borildi. Tadqiqot jarayonida quyidagi usullar qo’llanildi:

1. Taqqoslash tahlili: Turli indikatorlarning (fenolftalein, metiloranj, bromtimol ko’k, metil qizil va boshqalar) kimyoviy xususiyatlari, rang o’zgarish oraliklari va ularning turli titrlash tizimlaridagi samaradorligi solishtirildi.

5-May, 2026-yil

2. Nazariy modellashtirish: Kuchli va kuchsiz elektrolitlar ishtirokidagi titrlash jarayonlarida pH o‘zgarish qonuniyatlari va indikatorlarning shu jarayondagi xatti-harakati tahlil qilindi.

3. Xatoliklarni baholash: Noto‘g‘ri tanlangan indikatorlar keltirib chiqaradigan tizimli xatoliklarning tabiati va ularni minimallashtirish yo‘llari o‘rganildi.

Tadqiqotda asosan klassik analitik kimyo darsliklari, zamonaviy ilmiy maqolalar va xalqaro standartlar (ISO, ASTM) ma‘lumotlaridan foydalanildi. E‘tibor, asosan, vizual indikatorlarning amaliy qo‘llanilishiga qaratildi, chunki ular hali ham ta‘lim va sanoat laboratoriyalarida keng tarqalgan.

### **Natijalar va muhokama**

O‘tkazilgan tahlillar natijasida indikatorlarning tanlanishi va qo‘llanilishi bo‘yicha quyidagi muhim natijalar olindi.

#### **4.1. Asosiy indikatorlarning xususiyatlari va qo‘llanilish sohalari**

##### **Fenolftalein:**

Bu eng keng tarqalgan indikatorlardan biri bo‘lib, uning rang o‘zgarish oralig‘i pH 8.2 dan 10.0 gacha. Kislota muhitida u rangsiz, ishqoriy muhitda esa och pushti yoki malina rangida bo‘ladi.

Afzalligi: Rangsizdan rangli holatga o‘tish inson ko‘zi tomonidan juda yaxshi farqlanadi.

Qo‘llanilishi: Kuchsiz kislotalarni kuchli asoslar bilan titrlashda ideal hisoblanadi. Shuningdek, kuchli kislota-kuchli asos tizimlarida ham ishlatilishi mumkin.

Kamchiligi: Juda kuchsiz asoslarni titrlashda yoki karbonat angidridi (CO<sub>2</sub>) mavjud bo‘lganda xatolik berishi mumkin, chunki CO<sub>2</sub> eritmada karbonat kislota hosil qilib, muhitni biroz kislotalashtiradi va rangning yo‘qolishiga olib keladi.

##### **Metiloranj:**

Rang o‘zgarish oralig‘i pH 3.1 dan 4.4 gacha. Kislota muhitida qizil, ishqoriy muhitda sariq rangda bo‘ladi. O‘tish rangi – to‘q sariq (apelsin rangi).

Afzalligi: Kislotali sohada aniq ishlaydi.

Qo‘llanilishi: Kuchli kislotalarni kuchsiz asoslar bilan titrlashda (masalan, HCl va NH<sub>4</sub>OH) eng maqbul variant hisoblanadi.

Kamchiligi: Kuchsiz kislotalarni titrlashda mutlaqo yaroqsiz, chunki u ekvivalentlik nuqtasidan ancha oldin rang o‘zgartiradi.

##### **Bromtimol ko‘k:**

Rang o‘zgarish oralig‘i pH 6.0 dan 7.6 gacha. Kislota muhitida sariq, ishqoriy muhitda ko‘k rangda bo‘ladi.

Afzalligi: Uning o‘tish nuqtasi neytral pH ga yaqin joylashgan.

Qo‘llanilishi: Kuchli kislota va kuchli asos titrlashida, ayniqsa, ekvivalentlik nuqtasi pH 7 da bo‘lgan hollarda juda aniq natija beradi. Ba‘zan "universal indikator" tarkibiga kiradi.

##### **Metil qizil:**

5-May, 2026-yil

Rang o‘zgarish oralig‘i pH 4.4 dan 6.2 gacha. Qizildan sariqqa o‘tadi.

Qo‘llanilishi: Kuchli kislota va kuchsiz asos titrlashida metiloranjga alternativ sifatida ishlatilishi mumkin. Uning rang o‘zgarishi ba‘zan metiloranjga qaraganda aniqroq kuzatiladi.

#### 4.2. Indikator xatoliklari va ularning sabablari

Titrlashda indikatorlardan foydalanish ikki turdagi xatoliklarga olib kelishi mumkin:

1. Indikator xatoligi (Tizimli xatolik): Bu xatolik indikatorning rang o‘zgarish nuqtasi ekvivalentlik nuqtasidan farq qilganda yuzaga keladi. Agar indikator ekvivalentlik nuqtasidan oldin rang o‘zgartirsa, natija kamayadi (manfiy xatolik), agar kechroq o‘zgartirsa, natija ortadi (musbat xatolik). Masalan, sirka kislotasini titrlashda metiloranjdan foydalanish 90 foizgacha xatolik berishi mumkin.

2. Kuzatish xatoligi (Tasodifiy xatolik): Bu inson omiliga bog‘liq. Har bir odam ranglarni turlicha farqlaydi. Yoritish sharoiti, eritmaning dastlabki rangi (agar eritma rangli bo‘lsa) va indikatorning konsentratsiyasi kuzatish xatoligiga ta‘sir qiladi. Juda ko‘p indikator qo‘shish ham xato bo‘lib, chunki indikatorning o‘zi ham kislota yoki asos xususiyatiga ega va titrantning bir qismini sarflaydi.

#### 4.3. Karbonat xatoligi muammosi

Natriy gidroksid (NaOH) kabi ishqorlar havodagi karbonat angidridni ( $\text{CO}_2$ ) yutib, natriy karbonatga ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) aylanishi mumkin. Bu hodisa titrlash natijasiga jiddiy ta‘sir qiladi.

Agar fenolftalein ishlatilsa,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  faqat  $\text{NaHCO}_3$  gacha neytrallanadi, chunki fenolftalein pH 8.2 da rang o‘zgartiradi.

Agar metiloranj ishlatilsa,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  to‘liq neytrallanib,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  gacha boradi.

Shu sababli, ishqoriy eritmalarini standartlashtirishda ushbu omilni hisobga olish va yangi tayyorlangan,  $\text{CO}_2$  dan tozalangan distillangan suvdan foydalanish zarur.

Garchi vizual indikatorlar arzon va qulay bo‘lsa-da, zamonaviy analitik kimyoda ularning cheklovlari tobora ko‘proq namoyon bo‘lmoqda. Ayniqsa, rangli loyqa eritmalar yoki juda suyultirilgan eritmalar bilan ishlashda vizual usul samarasizdir.

Bunday hollarda potensiometrlik titrlash (pH-elektrod yordamida) afzal ko‘riladi. Bu usul indikator xatoligini butunlay yo‘qotadi va titrlash egri chizig‘ini to‘liq qurish imkonini beradi, bu esa ekvivalentlik nuqtasini grafik usulda aniq topishga yordam beradi. Shuningdek, spektrofotometrik titrlash usuli ham rivojlanmoqda, bunda eritmaning yorug‘lik yutish qobiliyati o‘lchanadi. Bu usul inson ko‘ziga tayanmaydi va ancha yuqori aniqlikni ta‘minlaydi.

Biroq, ta‘lim muassasalari va dal sharoitidagi tezkor tahlillarda (masalan, suv sifatini tekshirishda) vizual indikatorlar o‘z ahamiyatini yo‘qotmaydi. Shu bois, talabalar va mutaxassislar uchun indikatorlarning kimyosini chuqur tushunish hali ham dolzarbdir.

#### Xulosa

5-May, 2026-yil

Kislota-asos titrlash jarayonida indikatorlarning to‘g‘ri tanlanishi tahlil natijasining aniqligi va ishonchliligini belgilovchi hal qiluvchi omildir. Ushbu maqolada olib borilgan tahlillar quyidagi asosiy xulosalarga olib keldi:

1. Mexanizm: Kislota-asos indikatorlari eritmaning pH qiymatiga qarab o‘z tuzilishini o‘zgartiruvchi va natijada rangini o‘zgartiruvchi kuchsiz organik elektrolitlardir. Ularning rang o‘zgarishi muvozanat holatiga bog‘liq bo‘lib, har bir indikatorning o‘ziga xos o‘tish oralig‘i mavjud.

2. Tanlash mezon: Indikatorni tanlashda asosiy mezon – titrlash egri chizig‘idagi pH sakrash oralig‘i va indikatorning rang o‘zgarish oralig‘ining ustma-ust tushishidir.

3. Xatoliklar: Noto‘g‘ri tanlangan indikator katta tizimli xatolikka olib keladi. Shuningdek, karbonat xatoligi, eritmaning rangi va operatorning subyektiv bahosi kabi omillarni hisobga olish kerak.

4. Kelajak istiqbollari: Aniqrog‘i yuqori aniqlik talab qilingan hollarda vizual indikatorlardan voz kechib, potensiometrlik yoki spektrofotometrik usullarga o‘tish maqsadga muvofiqdir. Biroq, vizual usullar soddaligi va tejamkorligi sababli dastlabki tahlillar va ta’lim jarayonida muhim o‘rin tutishda davom etadi.

Tavsiyalar:

Laboratoriya amaliyotida har bir titrlash turi uchun optimal indikatorni jadval shaklida eslab qo‘yish tavsiya etiladi.

Rangli eritmalar bilan ishlashda aralash indikatorlardan foydalanish yoki instrumental usullarga murojaat qilish kerak.

Talabalarga titrlash jarayonini o‘qitishda nafaqat rang o‘zgarishini, balki pH-metr yordamida egri chiziqlarni qurishni ham o‘rgatish, ularning nazariy tushunchalarini mustahkamlaydi.

Ushbu tadqiqot natijalari analitik kimyo sohasidagi mutaxassislar, laborantlar va talabalar uchun qo‘llanma sifatida foydali bo‘lishi mumkin.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Skoog D.A., West D.M., Holler F.J., Crouch S.R. Fundamentals of Analytical Chemistry. 10th ed. Cengage Learning, 2024.
2. Harris D.C. Quantitative Chemical Analysis. 11th ed. W.H. Freeman and Company, 2025.
3. Karimov I.A., Jo‘rayev S.A. Analitik kimyo asoslari. Toshkent: O‘qituvchi, 2022.
4. Christian G.D., Dasgupta P.K., Schug K.A. Analytical Chemistry. 8th ed. Wiley, 2023.
5. IUPAC. Compendium of Chemical Terminology (Gold Book). Online version, 2026.
6. Journal of Chemical Education. "Visual vs. Potentiometric Endpoints in Acid-Base Titrations". Vol. 102, Issue 3, 2025.