Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігі

Академик Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университеті

Химия факультеті

Физикалық және аналитикалық химия кафедрасы

**Сарсенбекова Акмарал Жакановна**

**Химиялық талдау әдістері**

пәні бойынша

**Дәріс курсы**

6B05301 Химия білім беру

Қарағанды 2022

**Дәріс 1**

**Мөлшерлік талдау**

Жоспар

1. Талдаудың дұрыстығы мен қайталануы. Талдау қателіктерінің жіктелуі.
2. Талдау әдістерінің жүйелік қателіктері (операциялық, инструменттік.

3. Таддауды, көп мөлшерде орындағанда болатын кездейсоқ кателіктердің дұрыс таралу заңы.

Мөлшерлік талдау

Мөлшерлік талдау — талдайтын заттың құрамына кіретін әр түрлі компоненттердің мөлшерін, сондай-ақ талдайтын қоспаның құрам бөліктерінің мөлшерлік арақатынасын анықтау болып табылады.

Мөлшерлік талдау көмегімен көптеген мәселелер шешіледі, олардың негізгілері мыналар:

Заттардың атомдық, молярлы және эквиваленттік массаларын анықтайды. Зерттелетін заттар құрамына кіретін иондар, молекулалар мен, элементтердің мөлшерін анықтайды. Зерттелетін затта оның құрам бөліктері қандай арақатынаста болатынын табады. Мөлшерлік талдаудың мәліметтері бойынша, құрамындағы негізгі компоненттер мен қоспанын мелшеріне байланысты болатын заттардың сапасын аныктайды. Бұл өз кезегінде заттардың қолдануға жарайтындығын анықтауға мүмкіндік береді.

Мөлшерлік талдау көмегімен тұрақты химиялық бақылау арқылы өндірістегі технологиялык процестердін жүргізілу дұрыстығын тексереді. Химиялық бақылаусыз өндіріске материалдың еш қайсысы түспейді және дайын өнімнің еш қайсысы шықпайды.

Мөлшерлік талдаудың нәтижелері массалык үлеспен (%), бір литр ерітіндідегі моль санымен, 1 кг еріткіштегі моль санымен жане т. б. көрсетіледі.

Мөлшерлік талдауда аналитикалық химияның үш әдісі (химиялық, физикалық және физика-химиялық) қолданылады. Химиялық әдіске мұнда гравиметриялық және титриметриялық талдау жатады. Мөлшерлік талдаудың химиялық әдістері құрам тұрақтылық заңы, зат массасының сақталу заңы және эквиваленттер заңына негізделген. Физикалық және физика-химиялық әдістер зерттелетін заттың физикалық қасиеттеріне негізделген. Олар арнайы аспаптармен жүргізілетіндіктен аспаптық талдау дейді. Оларға денсиметрлік, спектрлік, фотометрлік, атомдық-адсорбциялық, полярографиялық т. с. с. талдаудар жатады.

Химиялық әдістің ең көне, классикалық тәсілі **гравиметриялық талдау**. Гравиметриялық талдау жүргізу үшін анықталатын ион не элемент химиялық реакция көмегімен ерімейтін тұнбаға түсіріледі. Тұнбасын сүзіп алып, сумен шайқап кептіреді. Содан соң оны салмағы тұрақты болғанша қыздырады. Қалдықты аналитикалық таразыда 0,0001г, дәлдікпен өлшеп стехиометриялық есеп арқылы анықталатын зат мөлшерін табады.

Талдаудың химиялық әдісіне **титриметриялық талдау** да жатады. Ол әрекеттесуші заттар көлемін тікелей өлшеуге негізделген. Мұнда анықталатын зат бар ерітінді концентрациясы белгілі ерітіндіге біртіндеп қосу арқылы екі ерітіндінің эквивалент мөлшерін табады. Екі заттың көлемі және бір заттың концентрациясы арқылы анықталатын заттың мөлшерін есептейді.

**Мөлшерлік талдаудағы қателіктер**

Өлшеу қателігі көптеген факторларға байланысты, олар: реагенттердің, аналитикалық ыдыстың тазалығы; орындаушының өзіндік қабілеттілігі; өлшеу әдісі; химиялық және физикалық операциялар саны, пайдаланылатын ыдыс пен жабдықтардың (аппаратураның) дәлдік классы және т.б.

Мөлшерлік талдауда жүйелі, кездейсоқ және өрескел қателіктер кездеседі.

**Жүйелі қателік** — өлшеудің әрдайым тұрақты болып қалатын немесе қайталанатын талдауда заңдылық бойынша өзгеріп отыратын қателікті сипаттайды. Жүйелі қателік тұрақты таңбаға ие болады, яғни ол талдау нәтижесін тек арттырып немесе кемітіп отырады. Жүйелі қателіктер түзетулер енгізу, эталонмен салыстыру және басқа да тәсілдер арқылы есептеле (ескеріле) және елеулі түрде азайтыла алады.

Өлшеудің **кездейсоқ қателігі** деп кайталанған өлшеулерде кездейсоқ сипатта өзгеретін қателік аталады. Оның таңбасы тұрақты емес, кездейсоқ түрде өзгеріп отырады.

**Өрескел қателіктер** (оларды мүлт кетулер деп те атайды) тәжірибені қайталаған сайын елеулі түрде өзгеріп отырады. Олар аналитиктің оперативтік кателіктері нәтижесінен және пайдаланылатын жабдықтың (аппаратураның) кездейсоқ қателіктері салдарынан пайда болады. Тәжірибелік нәтижелерді өңдеу кезінде олар байқалуы және шығарып тасталуы тиіс.

Өрнектеудің тәсілі бойынша қателіктер абсолютті жіне салыстырмалы болып бөлінеді.

**Абсолютті қателік**- талдау нәтижесінің өлшенетін шаманың ақиқат мәніне ауытқуы:

 (1)

мұндағы - анықтау нәтижесі, - талданатын компоненттің ақиқат мөлшері.

**Салыстырмалы қателік**- өлшеудің абсолютті қателігінің ақиқат мәнге қатынасы:

 (2)

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.

**Дәріс 2**

**Гравиметриялық талдау**

Жоспар

1. Гравиметрлік талдау. Әдістің маңызы.

2. Тұнбаның түсетін және өлшенетін түрлеріне қойылатын шарттар. Аз еритін заттарды тұнбаға түсірудің сандық мөлшері.

3. Гравиметрлік әдістердің дәлдігі.

4. Аналитикалық таразылар. Гравиметрлік талдаудағы есептеулер.

Гравиметриялық талдау

Анықталатын татпаның құрамдас бөлігінің массасын дәл өлшеуге негізделген мөлшерлік талдау **гравиметриялық** әдіс деп аталады. Мөлшерлік гравиметриялық талдау жәрдемімен көптеген есептерді шешуге болады. Мысалы, заттардың атомдық, молярлы және эквиваленттік массасын белгілеп, талдайтын зат құрамына енетін құрамдас бөліктердің мөлшерін анықтайды, химиялық құрамы бірдей немесе шамамен тең келетін, бірақ физика-химиялық касиеттері әр түрлі заттың кұрам бөліктерінің арақатынасын табады.

Мөлшерлік талдау әдістерімен материалдың сапасы мен оның мөлшерлік құрамының қосынды және пайдалы қосымша арасындағы байланысты анықтайды. Мысалы, талшықты оптикада жарық жүргізуші дайындау үшін өте таза кремний диоксиді пайдаланылады, оның құрамындағы микроқоспаның мөлшері 10-7 % массадан аспауы тиіс; мөлшері одан көп болған жағдайда жарық жүргізуші дайындауға арналған материалға жарамсыз болып шығады.

Мөлшерлік гравиметрия әдістерімен, өте карапайым да нақтылы болғандықтан, ғарыштық объектілерге талдау жасайды, тағамдық өнімдерде айналадағы ортада болатын улы заттарды анықтайды, топырактың, тыңайтқыштың және басқа заттардың құрамына талдау жасайды. Гравиметрияның көмегімен әр түрлі эталондарды бір үлгіге салады (стандарттайды).

Гравиметрияда талдайтын құрамдас бөліктің (компоненттің) гравиметриялық формасының массасын дәл өлшеудің маңызы зор. Гравиметриялық әдістер зат құрамының тұрақтылык және массасының сақталу заңдарына, эквиваленттер заңына негізделеді. Олар дәлмедәлдігімен (0,2% массаға дейін), барынша жақсы қайталанғыштығымен, сан алуандығымен ерекшеленеді. Бұл әдістің кемшілігі-уақытында. Осыған қарамастан гравиметриялық талдаудың химия тарихындағы маңызы ерекше, негізгі химиялық заңдар, оның ішінде гравиметрияға тірек болатын заңдар соның көмегімен анықталады.

Гравиметриялык талдау әдістері үш топқа бөлінеді: бөлу, тұндыру және айдау.

**Бөлу әдісі.** Бұл әдіс зерттелетін заттан немесе материалдан анықталатын құрамдас бөлікті бос күйінде бөліп алып, соңынан дәл өлшеуге негізделген.

**Айдау әдісі.** Бұл әдіс анықталатын құрамдас бөлікті ұшқыш қосылыс түрінде толық бөліп алып, қалдықты немесе тұтылған ұшқыш өнімді өлшеуге негізделеді.

**Тұндыру әдісі.** Әдіс талдау жасалатын құрамдас бөлікті аз еритін белгілі химиялық құрамның қосылысы түріңде тұндыру мөлшеріне негізделеді. Бұл әдісте тұндыру форма гравиметриялық формамен ұқсас және әртүрлі болуы мүмкін. Мысалы:

1. **

*-* анықталатын зат;

*-*тұндырғыш;

-тұндыру формасы;

-гравиметриялық формасы.

1. **

-анықталатын зат;

-тұндырғыш;

-тұндыру формасы;

-гравиметриялық формасы.

**Гравиметриялық талдаудың негізгі операциялары**

1. Анықтау үшін алынатын заттың нақты өлшендісін есептеу;

2. Анықтау үшін алынатын заттың есептелген нақты өлшендісін өлшеу;

3. Алынған затты еріту және тұнбаға түсіруші реагентті таңдау;

4. Тұнбаға түсіру (тұндырылған форманы алу), толық тұнбаға түскенін тексеру;

5. Кристалдық тұнбаны жетілдіру;

6. Тұнбаны сүзу және оны жуу;

7. Сүзгішті тұнбасымен кептіру және оны күйдіру, тұрақты массаға дейін жеткізу (гравиметриялық форманы алу);

8. Компоненттің мөлшерін есептеу (г немесе %).

**Гравиметриялық талдаудағы есептеулер**

1. *Өлшендінің массасын есептеу:*

 (кристалды тұнба үшін)

 (аморфты тұнба үшін)

Мұндағы:

а - өлшендінің массасы, г;

Ғ – гравиметриялық фактор;

ω – анықталатын заттың жуық мөлшері, %.

1. *Тұндырғыш ерітіндінің көлемін есептеу:*



Мұндағы:

V - тұндырғыш ерітіндінің көлемі, см3;

а - өлшендінің массасы, г;

*Ғ* – гравиметриялық фактор;

 - тұндырғыш ерітіндінің тығыздығы, г/см3;

С - тұндырғыш ерітіндінің концентрациясы, %.

1. *Анықталатын заттың мөлшерін есептеу*.

**Тұндыру әдісінде:**



Мұндағы: - анықталатын заттың мөлшері, г;

- гравиметриялық форманың массасы, г;

*Ғ* – гравиметриялық фактор.

 немесе 

Мұндағы:

- анықталатын заттың мөлшері, %;

- гравиметриялық форманың массасы, г;

*Ғ* – гравиметриялық фактор;

*Va -* ерітіндінің көлемі;

- өлшендінің массасы, г.

**Айдау әдісінде:**



Мұндағы:

- анықталатын заттың мөлшері, %;

- жұтылу аспаптың массаларының көбеюi бойынша анықталатын гравиметриялық форманың массасы, г;

а- өлшендінің массасы, г.

**Бөлу әдісінде:**



Мұндағы:

- анықталатын заттың мөлшері, %;

- гравиметриялық форманың массасы, г;

а- құрамындағы анықталатын заты бар өлшендінің массасы, г.

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.

**Дәріс 3**

**Титриметрлік талдау**

Жоспар

1. Титриметрлік талдау. Титриметрлік талдау әдістерінің жіктелуі Титрлеу.

2. Эквиваленттік нүктеге және титрлеудің соңғы нүктесі. Стандартты және стандартталған ерітінділер.

3. Біріншілік стандарттар және оларға қойылатын шарттар.

4. Титриметрлік талдаудың дәлдігі. Титриметрлік талдаудағы есептеулер.

Титриметрлік талдау

Титриметриялық талдау басқаша көлемдік талдау деп атайды, өйткені әдетте өлшенетін шама қосылатын титрант ерітіндісінің реакцияға жұмсалатын көлемі болып табылады.

Титриметриялық талдауда титрленген ерітінділер қолданылады. Концентрациясы өте дәл анықталған ерітінділерді **титрленген (қалыпты) ерітінділер, жұмыс ерітіндісі немесе титранттар** деп атайды.

Ерітіндінің бір куб сантиметріндегі (бір миллилитріндегі) еріген зат массасын **титр** дейді. Титрдің өлшемі г/см3 (г/мл). Мысалы: калий гидроксиді ерітіндісінің титрі 0,021 болса, ол бұл ерітіндінің әр миллилитрінде 0,021г КОН бар екенін көрсетеді.

Титрант ерітіндісін анықталатын зат ерітіндісіне біртіндеп қосу процесін **титрлеу** дейді.

Титрлеу кезінде әрекеттесетін реактивтердің артық мөлшерін емес, бір-біріне эквивалент мөлшерін анықтайды. Осы кезде әрекеттесу процесі химиялық реакция теңдеуіне сәйкес болады. Сонымен, титрлеу арқылы химиялық реакцияның аяқталған кезені, басқаша айтқанда, **эквивалент нүктесін** анықтайды. Эквивалент нүктені, әдетте, индикаторлар түсінің өзгеруі, немесе электр өткізгіштік өлшеу және басқа да әдістер көмегімен анықталады. Эквивалент нүктесін тапқан соң титрлеуді тоқтатады. Реакцияға кеткен титранттың көлемі мен концентрациясы бойынша эквиваленттер заңы қолданып анықталатын заттың мөлшерін есептейді.

Титриметриялық талдауда пайдаланатын реакциялар кейбір шарттарды қанағаттандыру қажет:

* Ол тез өтуі қажет - титранттың қосылған көлеміндегі реагент бірнеше секундта жоғалады.
* Титриметриялық реакция іс жүзінде қайтымсыз болу керек, қосымша реакциялар жүрмеуі қажет.
* Ерітіндідегі қосымша заттар негізгі реакцияға кедергі жасамау керек.
* Титриметриялық реакция кезінде көзбен не құралмен бақыланатын өзгерістер болуы қажет. Бұл эквиваленттік нүктенің басталу мезетін белгілеуге мүмкіндік береді.

Титриметриялық талдаудағы әдістері қолданылатын химиялық реакциялар типі және титрлеудің тәсілі бойынша жіктеледі.

Химиялық реакция типіне қарай әдістер үш топқа бөлінеді:

1. иондар қосылу реакциясына негізделген әдістер (қышқылдық-негіздік және тұндыру титрлеу);
2. Тотығу-тотықсыздану реакциясына негізделген әдістер (тотығу-тотықсыздану титрлеу);
3. Аз еритін қосылыстардың тұндыру реакциясына негізделген тұндыру әдісі;
4. Комплекс түзу реакциясына негізделген әдістер (комплексометрия).

Титрлеудің тәсілі бойынша титрлеу тура, кері және жанама (немесе орын басатын) деп бөлінеді.

**Тура титрлеу** кезінде анықтайтын компоненттің ерітіндісін тікелей стандартты ерітіндімен титрлейді.

Егер тура реакция қандай болса да бір себептен мүмкіндігі болмаса немесе қиындық келтірсе, онда кері немесе жанама жолмен титрлейді. Тура титрлеу үшін сәйкес индикатор іріктеп алуға болмаған жағдайда кері әдіспен титрлейді. **Кері титрлеу** барысында екі титрант қолданады. Мұндай жағдайда зерттелетін ерітіндіге эквиваленттік мөлшерімен әрекеттесетін нақты өлшенген қосалқы титранттың артық мөлшерін қосады. Реакция аяқталған соң заттың артық мөлшерін екінші титранттың ерітіндісімен титрлейді.

**Жанама** немесе **орын басу титрлеу** барасындазерттелетін ерітіндіге қосалқы реагент қосады, нәтижесінде анықталатын компонентке эквиваленттік мөлшердегі түзілген жана қосылысты стандартты титранттпен титрлейді.

Титриметриялық талдау әдістері көрсетілген жіктеу ішінде қолданылатын титранты бойынша бөлінеді, мысалы ацидо- және алкалиметриялы, перманганато-, бромато-, иодо-, иодато-, цери-, комплексонометриялы және т.б.

Титриметриялық талдаудағы салыстырмалы қателігі ±0,2%, ал макробюретканың көмегімен көлемдерін өлшеудің абсолюті қателігі ±0,04 см3. Бұдан шығатын, қателігі ±0,2% артық болмағанның минималді көлемін есептеуге болады:

 (1)

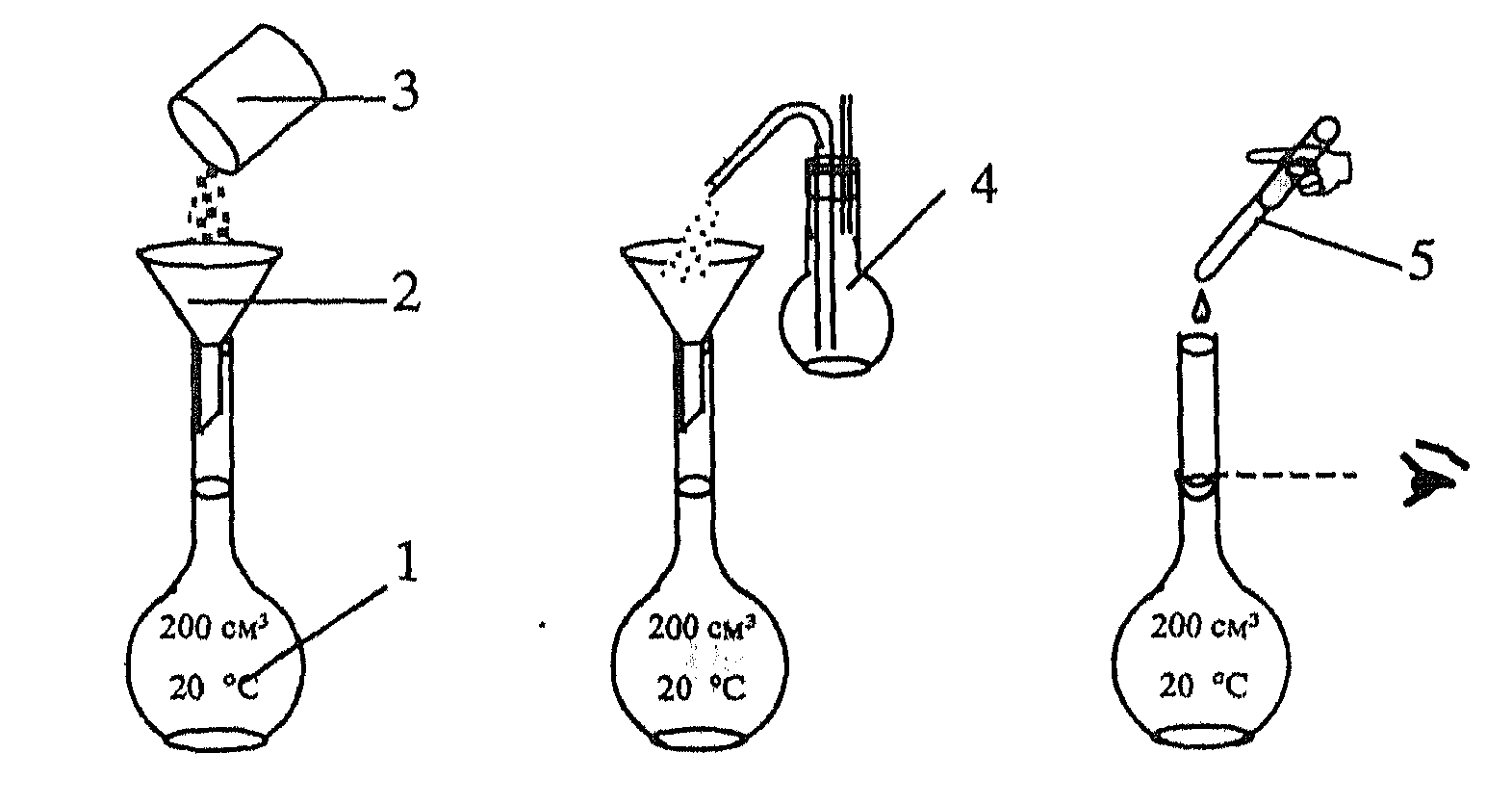
Мұндағы: - өлшеудің абсолютты қателігі, см3;

*А -* өлшеудің салыстырмалы қателігі, %.



Титрленген ерітінділер әр түрлі тәсілдермен даярлануы мүмкін. Осыған орай титрленген ерітінділерді стандартты (даярланған) және стандартталған (анықталған) деп екіге бөледі.

**Стандартты ерітінділер.** Оларға көптеген тұздар (натрий тетрабораты, натрий оксалаты, натрий хлориді, калий дихроматы), қымыздық қышқылы т.б. жатады. Оны даярлау үшін дәл өлшеніп алынған затты өлшеуіш колбаға салып ерітіп, суды белгісіне дейін жеткізеді.



№1 сурет – Стандартты ерітінді даярлау: 1 – өлшеуіш колба; 2 – шұңғыма(воронка); 3 – өлшемімен бюкс; 4 – дистелденген сумен жұғыш; 5 – тамызғыш пипетка.

Стандартты ерітінді даярлау үшін алынатын заттар химиялық таза, сақтағанда, қатты және сұйық күйде тұрақты, құрамы химиялық формулаларына сәйкес болуы тиіс. Осы талапқа сай қосылыстарды басқа ерітінділердің титрін анықтауға арналған стандартты бастапқы заттар немесе нормальдар деп атайды. Мысалы: тұз қышқылының титрін анықтау үшін натрий тетрабораты Na2B4O7·10H2O қолданылса, калий перманганаты ерітіндісінің титрін қымыздық қышқылының Н2С2О4 · 2Н2О стандарт ерітіндісі арқылы табады.

|  |  |
| --- | --- |
| №2 сурет - Фиксаналдан ерітінді даярлау: 1 – өлшеуіш колба; 2 – төменгі тескіш; 3 – шұңғыма (воронка); 4 – фиксанал; 5 – үстінгі тескіш. | Химиялық талдауда стандартты ерітінділерді **фиксаналдардан** немесе стандарт титрден даярлайды. Фиксанал-1 дм3 0,1 н не 0,01н ерітінді даярлауға арналған шыны ампула. Фиксаналдан ерітінді даярлау оңай. Шыны ампуланы арнаулы тескішпен тесіп, дистилденген сумен шайқап 1 дм3 өлшеуіш колбаға салып ерітеді де, дистилденген суды белгіге дейін құяды. |

**Стандартталған ерітінділер.** Көлемдік талдауда, көбінесе, қышқылдар мен сілтілер, калий перманганаты, натрий тиосульфаты сияқты стандарт ерітінділерге қойылатын талапты қанағаттандырмайтын реактив ерітінділері титрант ретінде қолданылады. Олардың дәл концентрациялы ерітінділерін өлшенген мөлшерінен даярлауға болмайды. Өйткені, сақталғанда, ауада ол қосылыстар концентрациясы өзгеріп кетеді. Сондықтан бұл титрант ерітінділерді жуықтап алынған мөлшерінен даярлайды да, олардың дәл концентрациясын басқа стандартты ерітінді бойынша есептеп табады. Мәселен, тұз қышқылы ерітіндісінің дәл концентрациясы натрий тетрабораты стандартты ерітіндісі бойынша анықталады.

Сонымен, дәл концентрациясы нақты өлшенген мөлшерінен емес, басқа стандартты ерітінді бойынша анықталатын титрант ерітіндісі стандартталған дейді.

**Титриметриялық талдаудағы есептеулер**

Титриметриялық талдауда концентрациялар титр, анықталатын зат бойынша титр, түзету коэффициенті, массалық үлес, молярлы, нормальді түрде өрнектелген ерітінділерді пайдаланады.

1. *Ерітіндінің массалық үлесін есептеу:*

** (2)

Мұндағы: - еріген заттың массасы, г;

*-* ерітіндінің массасы, г.

1. *Ерітіндінің молярлы концентрациясын есептеу:*

** (2.3) немесе ** (3)

Мұндағы: - моль саны, моль;

*V-* ерітіндінің көлемі, см3;

 - ерітіндінің тығыздығы, г/см3;

 - ерітіндінің массалық үлесі, %;

*М* - заттың молярлы массасы, г/моль.

1. *Ерітіндінің нормальді концентрациясын есептеу:*

** (4) немесе ** (5)

Мұндағы: - моль саны, моль;

*V-* ерітіндінің көлемі, см3;

- эквиваленттік факторы;

 - ерітіндінің тығыздығы, г/см3;

 - ерітіндінің массалық үлесі, %;

*Э -*эквивалентінің молярлы массасы, г/моль.

1. *Көлемі белгілі ерітінді дайындау үшін өлшендінің массасын есептеу:*

 (6)

Мұндағы: - химиялық таза заттың өлшенді массасы, г;

*N -*ерітіндінің нормальді концентрациясы;

*W -* ерітіндінің көлемі, см3;

*Э -*эквивалентінің молярлы массасы, г/моль.

Егер зат лайланған болса келесі формуланы пайдаланамыз:

 (7)

Мұндағы: - өлшендінің массасы, г;

*N -*ерітіндінің нормальді концентрациясы;

*W -* ерітіндінің көлемі, см3;

*Э -*эквивалентінің молярлы массасы, г/моль;

С% - анықталатын компоненттің мөлшері, %.

Тығыздығы белгілі сұйық заттарды пайдаланған кезде өлшенді (см3) келесі формула бойынша есептеледі:

 (8)

Мұндағы: *V -*өлшендінің көлемі, см3;

*N -*ерітіндінің нормальді концентрациясы;

*W -* ерітіндінің көлемі, см3;

*Э -*эквивалентінің молярлы массасы, г/моль;

 - ерітіндінің тығыздығы, г/см3;

С% - анықталатын компоненттің мөлшері, %.

1. *Ерітіндінің титрін есептеу:*

 (2.10) немесе  (9)

Мұндағы: *Т* - ертіндінің титрі, г/см3;

- өлшендінің массасы, г;

*W -* ерітіндінің көлемі, см3;

*N -*ерітіндінің нормальді концентрациясы;

*Э -*эквивалентінің молярлы массасы, г/моль.

Осы екі формуланы пайдаланып ерітіндінің нормальді концентрациясын есептеуге болады:

 (10)

Анықталатын зат бойынша титрі келесі формуламен есептеледі:

 (11)

Мұндағы: *ТВ/А* - анықталатын зат бойынша титрі, г/см3;

*NВ -*титранттің нормальді концентрациясы;

*ЭА-*анықталатын заттың эквивалентінің молярлы массасы, г/моль.

1. *Титрлеу барысында эквиваленттік нүктеге дейін немесе эквиваленттік нүктеден кейін анықталатын заттың немесе титранттың концентрациялары келесі формула бойынша есептеледі:*

 (12)

Эквиваленттік нүктеге дейін артық мөлшерде анықталатын зат болады, эквиваленттік нүктеден кейінгі - титрант.

1. *Зерттелетін ерітіндегі анықталатын заттың мөлшері келесі формулалар арқылы есептеуге болады:*

* -* (г, жеке өлшенділерді титрлеу әдісі) (13)

*-* (г, тамшылату әдісінде) (14)

*-* (%, жеке өлшенділерді титрлеу әдісі) (15)

*-* (%, тамшылату әдісінде) (16)

Мұндағы: g*А* - анықталатын зат, г;

*NВ -*титрантің нормальді концентрациясы;

*VВ -*титрантің көлемі, см3;

*ЭА-*анықталатын заттың эквивалентінің молярлы массасы, г/моль;

*WА -*зерттелетін ерітіндінің көлемі, см3;

*VА -*зерттелетін ерітіндінің аликвоттік көлемі, см3;

*-*зерттелетін ерітінді дайындау үшін өлшендінің массасы, г.

Егер анықталатын зат бойынша титр қолданатын болса, онда келесі формулалар пайдаланамыз:

*-* (г, жеке өлшенділерді титрлеу әдісі) (17)

*-*(%, жеке өлшенділерді титрлеу әдісі) (18)

*-*(г, тамшылату әдісінде) (19)

*-* (%, тамшылату әдісінде) (20)

Кері титрлеу барасында екі титрант пайдаланады, сондықтан анықталатын заттың мөлшері келесі формулалар арқылы есептейді:

*-* (г, жеке өлшенділерді титрлеу әдісі) (21)

*-* (%, жеке өлшенділерді титрлеу әдісі) (22)

*-* (г, тамшылату әдісінде) (23)

*-* (%, тамшылату әдісінде) (24)

Кейде титранттың теориялық нормальдылығын ТВ/А алып, анықталатын заттың мөлшерін есептейді. Сол кезде титранттың теориялық нормальдылығының түзету коэффициентін білу керек және есептеулер келесі формулалар бойынша жүргізлеуді:

*-* (г, жеке өлшенділерді титрлеу әдісі) (25)

*-* (%, жеке өлшенділерді титрлеу әдісі) (26)

*-* (г, тамшылату әдісінде) (27)

*-* (%, тамшылату әдісінде) (28)

1. *Титранттың түзету коэффициентін есептеу:*

 (29)

Мұндағы: К *-*титранттың түзету коэффициенті;

- титранттің дәлдік нормальді концентрациясы;

 - титранттің теориялық нормальді концентрациясы.

**

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.

**Дәріс 4**

**Рефрактометрия**

Жоспар

1. Рефрактометрия
2. Абсолютті және салыстырмалы жарық сыну көрсеткі.

Рефрактометрия

Рефрактометрия – заттың жарықты сындыру қасиетіне негізделген талдау әдісі.

Жарықтың сыну көрсеткіші - әрбір заттың өзіне тән, балқу температурасы, меншікті салмағы жұтылудың молярлық коэффициенті сияқты физикалық шама.

Жарық сынуын *абсолютті* – N – және *салыстырмалы* –n – сыну көрсеткіштері деп екіге бөледі.

Рефрактометрия заттардың салыстырмалы сыну көрсеткіштерін өлшеуге негізделген. Жарықтың ауадағы және белгілі ортадағы жылдамдықтарының қатынасы салыстырмалы сыну көрсеткіші (n) деп аталады.

Кез-келген заттың жарықты салыстырмалы сындыру көрсеткіші (n) деп ауа және сол зат бойындағы жарық жылдамдықтарының қатынасы алынады:



Абсолютті және салыстырмалы жарық сыну көрсеткіштерінің арасында төмендегідей байланыс бар:



Ауаның жарық сәулесін абсолютті сындыру көрсеткіші () деп аталады, яғни:



мұндағы:

 - ауа кеңістігінде таралатын жарық жылдамдығы;

 - жарықтың вакуумдегі жылдамдығы.

Сыну көрсеткіші түсу бұрышы (α) және сыну бұрышына (β) байланысты болады.

Жарық сыну көрсеткіші – ауа бойынан денеге түскен кездегі бұрыштың синусының денеге түскеннен кейінгі сол жарық сәулесінің ауытқу бұрышының синусына қатынасымен де сипатталады.



Жарықтың сыну көрсеткіші оның түсу бұрышына тәуелді емес. Аталған шама жарық толқынының ұзындығына және дене температурасына қарай қатты өзгереді. Сондықтан да, жарық сыну (сындыру) көрсеткішін белгілі бір температурада және монохроматты жарық толқында анықтап, оларды жарық сыну көрсеткішінің жанында төмендегідей түрде көрсетіп жазады: ; мұндағы жазу нм толқын ұзындығына сәйкес келетін спектрдегі Na сызығы және 200С температурасында жүргізілгендігін білдіреді.

Ерітіндідегі еріген зат концентрациясымен сол ерітіндінің жарық сындыру көрсеткіші арасындағы тәуелділікті зат мөлшерін анықтауға қолданылады.

Көп жағдайда анықтауыш графиктер пайдаланылады. Алдын-ала стандартты ерітінділердің жарық сыну көрсеткіштері анықталып анықтауыш график тұрғызылады.

Көп жағдайда ерітінділермен жұмыс жүргізілетіндіктен есептеу барысында еріткіштің жарық сыну көрсеткіші ескеріледі, яғни ерітінді жарық сындыру көрсеткішінен шегеріліп тасталынады.

Зерттелетін зат концентрациясын анықтауыш (калибровочный) графикті немесе кестеде келтірілген жарық сыну көрсеткіштерінің мәндерін пайдаланып анықтайды. Сонымен қатар, соңғы жағдайда төмендегі есептеу формуласын жиі пайдаланады:





мұндағы:

 – анықталатын ерітіндідегі зат концентрациясы, ℅;

және  - ерітіндінің және еріткіштің жарық сыну көрсеткіштері;

 - аналитикалық рефрактометр факторы – концентрация 1℅-ке артқанда, осыған сәйкес жарық сыну көрсеткішінің артқан шамасын сипаттайды (тәжірибе жүзінде анықталады).



Екінші компоненттің концентрациясын анықтайтын теңдеу (℅):



Екінші компоненттің концентрациясын анықтайтын теңдеу (г):



мұндағы:

 - бірінші компоненттің концентрациясы;

, - бірінші және екінші компоненттің сыну факторы;

 - ерітіндінің көлемі.

Екі құралас бөлікті ерітіндінің ұнтақтағы компонент құрамын граммен мына теңдеумен анықталады:



мұндағы:

 - анықталатын компонент ерітіндісінің сыну көрсеткіші;

 - осы температурада еріткіштің сыну көрсеткіші;

 - ұнтақтың орташа массасы, г;

 - ұнтақты ерітуге алынған еріткіштің мөлшері;

 - анализге алынған қоспаның массасы, г.

Үш құралас бөлікті ерітіндінің ұнтақтағы компонент құрамын граммен мына теңдеумен анықталады:



мұндағы:

 - анықталатын компонент ерітіндісінің сыну көрсеткіші;

 - осы температурада еріткіштің сыну көрсеткіші;

 - ұнтақтың орташа массасы, г;

 - ұнтақты ерітуге алынған еріткіштің мөлшері;

 - анализге алынған қоспаның массасы, г;

 - химиялық әдіспен анықталған құрамы мен сыну көрсеткішінің факторы;

 - химиялық әдіспен анықталған құрамы ерітінді компонентінің концентрациясы.

Поляриметрия

Поляризацияланған жарық жазықтығының бұрылуына (айналынуына - вращение) негізделіп зат мөлшерін анықтау – поляриметрия әдісі деп аталады.

Поляриметрия оптикалық бұруды анықтауға негізделген. Оптикалық белсенді заттардың ерітінділерінің жарықтың жазықтығын бұруы оптикалық айналым (бұру) деп аталады. Оптикалық айналымға (бұруға) поляризацияланған жарық түседі. Оның ерекшелігі мынада: жарық толқындарының тербелуі бір жазықтықта жүреді, егер поляризацияланбаған болса, барлық жазықтықтарда орындалады. Поляризацияланған жарық толқындарының тербелу жазықтығы поляризация жазықтығы деп аталады. Поляризация жазықтығының ауытқуы бұрыштық градуспен өлшенеді және поляризация жазықтығының айналу бұрышы деп аталады. Поляризациялану жазықтығы сағат тілінің бағытымен бағыттас бұрылса (+) таңбасымен, ал керісінше жағдайда (−) таңбасымен белгіленеді.

Заттардың поляризация жазықтығын айналдыру (бұру) қабылеті меншікті айналыммен  қалыңдығы 1 дм, концентрациясы 1 г/мл ерітінді арқылы өткенде поляризация жазықтығын оң немесе сол жаққа бұрумен сипатталады.



мұндағы:

 - өлшенген айналу бұрышы;

 - ерітінді қабатының қалыңдығы, дм;

 - ерітіндінің концентрациясы, г/100 мл.

Бірлік зат тығыздығына келетін пропорционалдық коэффициент шамасы «меншікті бұрылу» (удельное вращение)  деп аталады. Сұйық заттарды анықтау үшін мына формуламен өрнектеледі:



мұндағы:

– заттың тығыздығы.

Оптикалық активті заттардың концентрациясын мына формуламен анықтаймыз:



мұндағы:

 шамасы концентрациясының белгілі интервалында ғана тұрақты болады, сол себепті осы формуланы қолдану сол интервалмен шектеледі. Айналу бұрышын өлшеу поляриметрде жүргізіледі. Бұрылу бұрышының шамасы нақты дәлдікпен анықталады.

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.

**Дәріс 5**

**Колориметрия. Фотоколориметрия. Спектрофотометрия**

**Жоспар**

1. Колориметрия, фотоколориметрия, спектрофотометрия.
2. Оптикалық әдістердің жіктелуі. Атомды-эмиссиалық анализдің негізі.

3. Атомдар мен молекулалардың қозуы, олардың спектрлері.

Колориметрия, фотоколориметрия, спектрофотометрия

Колориметрия, фотоколориметрия, спектрофотометрия – боялған ерітіндідегі заттың концентрациясын сол ерітіндіде жұтылған жарық мөлшерін өлшеу арқылы анықтауға негізделген сандық талдаудың [фотометрлік](http://kk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80) әдістері тобы. Колориметрия мен фотоколориметрияның жарық ағыны - монохроматты, ал спектрофотометриядағы - полихроматты болады. Ерітіндіде жұтылған жарықтың мөлшерінің және ерітінді қабатының қалыңдығы мен ерітінді концентрациясы арасындағы байланыс [Бугер – Ламберт – Бер заңы](http://kk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%91%D1%83%D0%B3%D0%B5%D1%80_%E2%80%93_%D0%9B%D0%B0%D0%BC%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82_%E2%80%93_%D0%91%D0%B5%D1%80_%D0%B7%D0%B0%D2%A3%D1%8B&action=edit&redlink=1) бойынша анықталады.

 немесе 



Мұндағы: А - ерітіндінің оптикалық жұтылуы;

I0 - ерітіндіге түскен сәулеленудің қарқындылығы;

I - ерітіндіден өткен сәулеленудің қарқындылығы;

C - заттың концентрациясы;

*l* - қабаттың қалындығы, см;

K - тұрақты шама.

Егер қосылыстың концентрациясы моль/дм3 анықталатын болса, онда К=ε, ε - жұтылудың молярлы коэффициенті, бұл ерітіндінің концентрациясы 1 моль/дм3, кюветаның қалындығы 1 см тең болғандағы оптикалық тығыздыққа тең шама. Егерде жұтатын қабаттың құрамы белгісіз болса, онда концентрациясын % белгілейді. Бұл жағдайда К= деп белгілейді, жұтылудың үлесті коэффициенті деп атайды. Оның физикалық мәні, қабаттың қалындығы 1 см тең болғандағы 100 мл ерітіндіде 1г еріген зат бар ерітіндінің оптикалық тығыздығы.

Оптикалық тығыздығы жұтылатын толқын ұзындығына тәуелді. Бұл байланысты көбінде қисық түрінде көрсетеді және жұтылудың спектрі деп атайды.

Түсетін және өтетін сәуленің абсолюттік шамасын анықтау өте қиын. Сондықтан, зерттелетін ерітіндінің жұтылуын салыстырушы ерітіндінің қатынасы арқылы өлшейді. Егер талдау барысында анықталатын қосылыс фотометриялық реакцияға қатысатын болса, онда эталон ерітіндісіне де сондай жағдай жасайды.

Мөлшерлік талдауды келесі тәсілдермен орындайды:

1. Стандартты ерітінділер тәсілі.

Зерттелетін ерітінділердің концентрациялары келесі формулары бойынша есептеледі:

Колориметрияда 

Фотоколориметрияда 

Стандартты және зерттелетін ерітінділердің оптикалық тығыздығын немесе қабаттың қалындығын өлшеп концентрацияны есептейді.

1. Калибрлік график тәсілі.

Бірнеше стандартты ерітінділер даярлайды, оптикалық тығыздықтарын өлшейді. Алынған мәліметтер бойынша графикті сызады. Содан соң зерттелетін заттың оптикалық тығыздығын өлшеп, графикке сүйене отырып белгісіз концентрацияны анықтайды.

1. Үстеме тәсілі.

Зерттелетін ерітіндінің оптикалық тығыздығын өлшейді, содан соң оған концентрациясы белгілі осы қосылыстың белгілі көлемін қосып, тағы оптикалық тығыздығын өлшейді де концентрацияны анықтайды.



Спектрофотометрияда заттың концентрациясы молярлы немесе үлесті коэффициенті арқылы есептеуге болады.

 моль/дм3 немесе  г/ 100 см3

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.

**Дәріс 6**

**Потенциометрия**

**Жоспар**

1. Электрохимиялық әдістердің жіктелуі.
2. Потенциометрия, әдістің теориялық негіздері.
3. Нернст теңдеуі.
4. Индикаторлы және салыстырмалы электродтар.

Потенциометрия

Потенциометрия құрамында анықталатын заты бар ерітіндіге салынған стандартты және индикаторлы электродтардың арасында туындайтын электродтық потенциалдар айырмасын өлшеуге негізделген. Индикаторлық электродтың потенциалы ерітіндідегі анықталатын иондардың активтігіне, яғни концентрациясына, температураға, тотыққан және тотықсызданған формалардың концентрацияларының қатынасына тәуелді. Реалды тепе-теңдік потенциалды Нернст теңдеуімен есептеледі:



немесе Т=273 +25оС=298 К температурада



Мұндағы: Е0 – редокс жұптың стандартты потенциалы, В;

n – электрондардың саны;

R – әмбебап газ тұрақтысы, 8,312 Дж/(моль.К);

F – Фарадей тұрақтысы, 96500 Кл;

,  - редокс жұптың тотыққан тотықсызданған түрлерінің концентрациялары, моль/дм3.

Потенциометриялық өлшеуді потециометр көмегімен өткізеді. Потенциометр (рН-метр, ионометр) – бұл ЭҚК дәл және тез өлшеуге арналған құрал, шкаласы мВ және рН–пен градуирленген.

Мөлшерлік талдауда тура потенциометрия мен потенциометрлік титрлеу әдістері қолданылады.

**Тура потенциометрия**. Бұл әдіс бойынша ерітіндідегі талданатын заттың концентрациясын немесе активтілігін табу үшін тәжірибе кезінде өлшенген тізбектің ЭҚК немесе салыстыру электроды арқылы анықталған индикаторлық [электрод](http://kk.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4) потенциалының мәнін Нернст теңдеуіне қояды. Тура потенциометрияда рН-метрия және [ионометрия](http://kk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%98%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1) дейтін екі түрлі тәсіл бар. Ионометрияны ионның құрамына енетін катион және анионға сәйкес катионометрия және анионометрия деп екі түрге жіктейді. Мұндағы рН-метрия әдісі өз алдына үлкен бір топ құрайды, өйткені бұл сутек иондарына өте сезімтал шыны (рН) электродының ертерек пайда болған, өзінін қарапайымдылығымен тез және кең таралған түрі. Ал ионометрия әдісі ионды таңдап, талғап, оларды бөле алатын электродтар мен сенсорлардың жасалуына байланысты дамыды.

**Потенциометрлік титрлеу** - бұл анықталатын ион және сәйкес келетін титрант арасындағы химиялық реакция процесіндегі гальваникалық элементтің ЭҚҚ-н өлшеу арқылы эквиваленттік нүктені анықтау әдісі. Потенциометрлік титрлеуді бақылау арқылы да, жартылай не толық автоматты түрде де жүргізеді, нәтижесінде титрленуші бөліктің концентрациясы анықталады. Бұл әдіс индикатормен де, индикаторсыз да қолданылады. Потенциометрлік титрлеу кезінде бейтараптау, кешенді қосылыс түзу, орын басу, тұнбаға түсіру, тотығу-тотықсыздану реакциялары қолданылады.

Қолдану тәсілі бойынша барлық электродтары индикаторлы және салыстырмалы электродтар деп бөледі.

**Индикаторлы электродтар** деп, олардың потенциалдары анықталатын иондарының концентрациясына тәуелді және осы иондардың концентрациясы өзгергенде потенциалдары өзгеретін электродтарды айтады.

**Салыстыру электроды** деп электродтың потенциалы белгілі, тұрақты және анықталатын иондардың концентрациясына тәуелді емес, яғни өлшеу кезінде потенциалы тұрақты болатын электродтарды айтады.

Индикаторлық электродтың потенциалы (секіруі) эквивалент нүктенің маңында күрт өзгереді. Барлық титрлеу әдістеріндегідей, потенциометрлік титрлеу реакциясы да тез, соңына дейін және бүкіл көлемдік өлшемде жүруі керек. Мұнда әуелі электрохимиялық тізбекті құрастырып алып, содан кейін титрлеуді жүргізе отырып, қосылатын титрант мөлшеріне тәуелді өзгеретін ЭҚК мәнін жазады. Алынған мәлімет бойынша тиісті координаттағы титрлеу қисығын қолдан сызуға, не өзі жазатын қондырғымен сызуға болады.

Потенциометриялық титрлеу әдісінде индикаторлық электродты титриметриялық қоспасына және оның электродпен әрекеттесуіне қарап таңдайды. Қышқылды-негіздік титрлеу кезінде шыны электрод, тотығу-тотықсыздану титрлеуде - инертті электрод, тұндыру титрлеуде - күміс электрод, комплексиметриялық титрлеуде - металлды электрод қолданылады.

Кондуктометрия

Кондуктометрия - ең қарапайым және талдап сұрыптаудын электрохимиялық әдісі. Кондуктометриялық әдісі зерттелетін ерітіндінің электр өткізгіштігін өлшеуге негізделген. [Электролит](http://kk.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%82" \o "Электролит) ерітінділерінің **электр өткізгіштігі** - осы ерігіндінің кедергісіне кері шама: . Электр өткізгіштік температураға және еріген [электролит](http://kk.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%82) пен еріткіштің табиғатына тәуелді. **Ерітіндісінің кедергісі** электродтардың аралығына *l* тура пропорционал және ерітіндіге батырған электродтардың аймығана *S* кері пропорционал болады: . Пропорционалдың коэффициент ρ меншікті кедергісі деп аталады, ал оның кері шамасы меншікті электр өткізгіштігі χ болады. **Меншікті электр өткізгіштік** дегеніміз - ауданы 1 м2, ара қашықтығы 1 м болатын өзара параллель орналасқан екі электрод арасындағы 1 м3 ерітіндінің өткізгіштігі.

 (4.3) немесе 

Әр түрлі ерітінділердің электр өткізгіштігін салыстыру үшін эквивалентті электр өткізгіштігін пайдалану қолайлы, ол мына теңдеумен беріледі:



Ерітіндінің **эквиваленттік** **электр өткізгіштігі** дегеніміз - 1 дм3 ерітіндегі меншікті электр өткізгіштігінің заттың эквиваленттік массалардың санына қатынасы, немесе беткі ауданы 1 см2, ара қашықтығы 1 см параллель орналасқан екі [электрод](http://kk.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4) арасында, құрамында заттың 1 моль эквиваленті болатын ерітіндінің электр өткізгіштігі.

Ерітінділердің электр өткізгіштігі олардың концентрацияларына пропорционал болады. Кондуктометриялық талдау бірнеше түрге бөлінеді: тура кондуктометрия, кондуктометриялық титрлеу, хронокондуктометрия т.с.с.

Тура кондуктометрия әдісінде зат концентрациясын ерітіндінің электр өткізгіштігі бойынша анықтайды. Эквиваленттік нүкте зерттелетін ерітіндінің электр өткізгіштігінің күрт өзгерісі бойынша анықталатын титрлеу кондуктометриялық деп аталады. Бұл әдіс индикаторларды пайдалануға келмейтін бұлынғыр немесе боялған ерітінділерді зерттеу үшін қолданылады.

Кондуктометриялық қисығы L (ерітіндінің электр өткізгіштігі) – V(қосылған титранттың көлемі) немесе R (ерітіндінің кедергісі) - V координаталармен құрады. Қисықтың сынуы эквивалент нүктеге сәйкес келеді. Кондуктометриялық титрлеу реакциясы жүргенде, яғни эквиваленттік нүктеге дейін және одан кейін титрлеу қисығында электр өткізгіштіктің өзгеруі салыстырмалы түзу сызықты болуы мүмкін. Осы түзу учаскелерді қиылысқанша экстрополюстей отырып, титрлеудің соңғы нүктесін табады, яғни екі түзудің қиылысы, осы эквиваленттік нүкте болады. Бұл жағдайда талдау дәлдігі қанағаттанарлық дәрежесіне жетеді. Қайсыбір жағдайларда реакцияның мөлшерлі етуі титрлеу қисығының түзу сызықты болмауы кезінде де, мәселен, әлсіз қышқылды күшті негізбен титрлегенде байқалады. Мұндай қисыктарды эквиваленттік нүктені графикпен анықтау ушін сиректеу қолдануға тура келеді, яғни оны эквиваленттік нүкте манайында сызықтың түзу болатын учаскесі айқын көрінгенде ғана пайдаланады. Басқа жағдайларда мұндай қисықтарды электронды есептегіш машиналар (ЭЕМ) көмегімен өңдеу қажет.

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.

**Дәріс 7**

**Тотығу-тотықсыздану титрлеу**

Жоспар

1. Редоксиметрия.
2. Тотығу-тотықсыздану титрлеу әдістері.
3. Перманганатометрия.
4. Иодометрия.

Тотығу-тотықсыздану титрлеу

Тотығу-тотықсыздану процестері табиғат пен ағзаларда көп қызметтер атқарады, олардың ішінде:

* Жанды ағзалардағы зат және энергия алмасу;
* Табиғаттағы шіру және ашу;
* Жасыл өсімдіктердегі фотосинтез реакциясы;
* Адамдар мен жануарлардың жүйке қызметі.

Фармпрепараттардың да әсерлері, көптеген жағдайларда, тотығу-тотықсыздану реакцияларымен түсіндіріледі. Көптеген антисептиктер, микробқа қарсы және залалсыздандырушы заттар, мысалы, І2, KMnO4, Н2О2, мыс, күміс, сынаптың тұздары күшті тотықтырғыштарға жатады. Na2S2O3 қосылысының антидот ретінде, уытты заттарға қарсы қолданылуы оның әрі тотықтырғыш, әрі тотықсыздандырғыш қасиеттерімен тығыз байланысты. Кейбір дәрілік препараттардың сақталуына қойылатын талап олардың тотығу-тотықсыздану қасиеттеріне байланысты, мысалы, KMnO4 мен Na2S2O3, КІ мен NaNO2, Н2О2 мен иодидтерді бірге сақтауға болмайды, себебі олар өзара әрекеттесуі мүмкін.

Тотығу-тотықсыздану титрлеу әдістері әрекеттесуші заттардың тотығу дәрежесінің өзгеруімен байланысты реакцияларға немесе тотығу-тотықсыздану реакцияларына редоксиметрия, оксидиметрияға негізделген.

Қазіргі уақытқа тотығу-тотықсыздану титрлеу әдістерінің жіктелуі тиісті титрантты қолдануға негізделген.

**Оксидиметрия** – тотықсыздандырғаштарды стандартты тотықтырғыштырмен титрлеу барасында анықтау. Ең кең тараған тотықтырғыштар перманганат, хромат (бихромат), ванадат, церий (IV), бромат, иодат, иод, темір (III) және т.б. болып табылады.

**Редоксиметрия** – тотықтырғыштырды стандартты тотықсыздандырғаштармен титрлеу барасында анықтау. Тотықсыздандырғыштан жие иод, тиосульфат, иодид, сутек пероксиді, темір (II), аскарбин қышқылы және сирек басқа да тотықсыздандырғыштар колданылады.

Жүз мыңнан астам тотығу-тотықсыздану реакциялар белгілі, бірақ осынша көптіктен төмендегі талапқа жауап беретін реакциялар ғана пайдаланылады:

* олар соңына дейін тез және стехиометриялық түрде өтуі керек,
* белгілі химиялық кұрамдағы (формулалар) өнімдер түзуі кажет,
* титрлеудің соңғы нүктесін дәл белгілеуге мүмкіндікті  
  туғызатын болуы кажет,
* зерттелетін ерітіндідегі қосымша өнімдермен және басқа  
  заттармен титранттар реакцияға түспеуі керек.

Тотығу-тотықсыздану титрлеу барасында **тотығу-тотықсыздану потенциалы** өзгереді. Потенциал тотығу-тотыксыздану қабілетінің өлшемі болып табылады және Нернст теңдеуі бойынша есептеледі:

 (1)

Мұндағы: Е – нақты жүйенің редокс-потенциалы, В;

Е0 – стандартты редокс-потенциалы, В;

Т – абсолютты температурасы, К;

n – тотығу-тотықсыздану реакциядағы қатысатын электрондардың саны;

R – әмбебап газ тұрақтысы, 8,312 Дж/(моль.К);

F – Фарадей тұрақтысы, 96500 Кл;

,  - редокс жұптың тотыққан тотықсызданған түрлерінің белсенділіктері, моль/дм3.

Тотығу – тотықсыздану реакциясының толық жүруі келесі факторларға тәуелді:

* Төмендегі теңдеу бойынша есептелетін редокс-реакцияның тепе-теңдік константасына

 (2) мұндағы 25 0С-да  (3)

* Реакцияның ЭҚК (әдетте ЭҚК 0,4В жоғары болғанда реакциялар толық өтеді).

Тотығу-тотықсыздану титрлеуде тура, кері және орын басу әдістері қолданылады.

Тура титрлеу реакцияның жылдамдығы жоғары, ал ЭҚК > 0,4 В болған кезде қолданылады.

Егер реакция баяу жүрсе және оның аяқталуының уақыт қажет болғанда, сол сияқты титрантпен әрекеттеспейтін ұшқыш заттарды анықтау үшін кері титрлеуді қолданады. Мысалы, сульфид-иондарын йодометрия әдісімен анықтаған кезде ерітіндіге дәл өлшеммен алынған стандартты йод ерітіндісінің артық мөлшерін қосады да, оның қалдығын стандартты натрий тиосульфаты ерітіндісімен титрлейді.

Егер реакция стехиометриялық емес немесе анықтылатын зат титрантпен әрекеттеспейтін болса, титрлеу орын басу әдісі бойынша жүргізіледі.

Тотығу-тотықсыздану титрлеуде индикаторларды титрлеу қисықтары бойынша таңдайды. Титрлеу қисықтары тотығу-тотықсыздану потенциалы Е – қосылған тирант ерітіндінің көлемі V координаталармен құрылады.

Эквиваленттік нүктеге дейін анықталатын заттың потенциалы Нернст теңдеуі бойынша есептейді.

Эквиваленттік нүктедегі жүйінің потенциалы анықталатын затпен бірге титранттың қатысуымен анықталады. Оны келесі теңдеу бойынша есептеуге болады:

 (4)

Мұндағы:  және - тотықтырғыш пен тотықсыздандырғыштың стандартты тотығу-тотықсыздану потенциалдары, В;

 және - тасымалданған электрондардың саны.

10,0 см3 0,1 н FeSO4ерітіндісі 0,1 н Ce(SO4)2 ерітіндісімен титрлеудің қисығын қарастырайық. Титрлеудің барасында жүретін реакция:

Fe2+ + Ce4+ = Fe3+ + Ce3+

.

Эквиваленттік нүктеге дейінгі потенциал келесі теңдеу бойынша есептейміз: ,

мұндағы , ал .

Онда 0,1 см3 0,1 н Ce(SO4)2 ерітіндісін қосқан кезде тотығу-тотықсыздану потенциалы

 тең болады,

ал 5 см3 0,1 н Ce(SO4)2 ерітіндісін қосқан кезде

 және т.с.с.

Эквиваленттік нүктедегі, 10 см3 0,1 н FeSO4 ерітіндісіне 10,0 см3 0,1 н Ce(SO4)2 ерітіндісін қосқан кезде, потенциалы

.

Эквиваленттік нүктеден кейін ерітіндіде артық мөлшерде титрант болады, сондықтан потенциалы келесі теңдеуі арқылы есептеледі:

.

Олай болса 10,01 см3 0,1 н Ce(SO4)2 ерітіндісін қосқан кезде потенциалы

,

ал 10,10 см3 0,1 н Ce(SO4)2 ерітіндісі қосқан кезде потенциал

 тең болады.

|  |  |
| --- | --- |
| Обычная кривая потенциометрического титрования  э.н  №1 сурет - Қышқылдық-негіздік титрлеудің қисығы | Алынған нәтижелері бойынша титрлеу қисығын құрастырып оның секіруін анықтауға болады.  Потенциалдың кенеттен секіруі эквиваленттік нүктені анықтау үшін не потенциометриялық өлшеулерді немесе потенциал өзгергенде түсі өзгеретін индикаторларды қолдануға мүмкіндік жасайды. |

Редоксиметриялық анықтауларда эквиваленттік нүктеде әрекеттесетін компонент бояуының өзгеруінен немесе редокси-индикаторлардың көмегімен анықтауға болады.

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.

**Дәріс 8**

**Тұнбалау титрлеу**

Жоспар

1. Тұнбалау титрлеу қисықтары. Олардың түріне әсер ететін факторлар: қосылыстардың ерігіштігі, анықталатын иондардың концентрациясы, температура.
2. Аргентометрия. Гей-Люссактың тең лайлау әдісі. Мор, Фольгард, Фаянс тұнбалау әдістері.

Тұнбалау титрлеу

Тұндыру титрлеу жүргізінде титриметриялық қоспасындағы нашар еритін электролиттердің тұнбалары түзіледі. Аналитикалық тәжірибеде тұндыру әдістерінде ең кең тарағаны аргентометрия, тиоционатометрия және меркуриметрия. Реакцияның толық жүруі түзілген нашар еритін электролиттердің ерігіштік көбейтіндісімен (ЕК) анықталады. Тұндыру титрлеу әдісімен ЕК<10-8 (құрамы 1:1, реакция 1) немесе ЕК < 10-12 (құрамы 1:2 немесе 2:1, реакция 2) нашар еритін электролиттер түзілген кездегі заттарды анықтауға болады.

А + В → АВ (реакция 1)

А + 2В → АВ2 (реакция 2)

Тұнба түзілу әдісінің реакцияларына келесі шарттар қойылады:

* түзілген тұнба ерімеуі керек;
* тұнба тез түзілуі керек;
* титрлеу барысында қосымша реакция жүрмеуі тиіс;
* эквиваленттік нүкте, оңай белгіленуі қажет.

Тұндыру әдісінің титрлеу қисықтары рА (рВ) - V кооридинаттарында құрады, мұндағы рА = -lg[A], V - титранттың көлемі.

Мысалы, 10 см3 0,1 М NaCl ерітіндісі 0,1 М AgNO3 ерітіндісімен титрлеудің қисығын қарастырайық.

Сулы ерітіндіде AgNO3 және NaCl толық диссоциацияланады. Ерігіштік көбейтіндісі EK = 1,78.10-10 (25ºC болғанда ). Бастапқы нүктеде Cl-иондарының концентрациясы 0,1 М, ал рСl=1.

1см3 0,1М AgNO3 қосқанда, AgCl тұнбасы түзілетін, хлорид иондарының концентрациясы 10%-ға кемиді. Иондардың ерігіштік тепе-теңдік концентрациясы мынаған тең:

[Ag+] + x, ал [Cl-] = 0,09 + x 0,09 M.



Ерігіштік көбейтіндісінің ережесіне сәйкес

x.(0,09 + x) = 0,09x = 1,78.10-10 онда

x=[Ag+]= 1,78.10-10/ 0,09 = 1,96.10-9 M, немесе pAg=8,71,

pCl = -lg 9.10-2 = 1,05.

9 см3 0,1 М AgNO3 қосқанда, ерітіндіде 10 % хлорид-иондары қалады, яғни [Cl-] = 0,01 + x 0,01 M;



[Ag+]= x = 1,78.10-10/ 0,01 = 1,78 .10-8 M, pAg=7,74, pCl = 2.

Көрнекі болу үшін бұл берілгендерді №3 кестеде көрсетеміз.

**№3 кесте - 10 см3 0,1 М NaCl –ды 0,1 М күміс нитраты ерітіндісімен титрлегенде рСl және pAg өзгеруі.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Қосылған ерітіндінің мөлшері, см3 | [] моль/дм3 | [] моль/дм3 | рСІ | pAg |
| 0 | 0,10 | - | 1,00 |  |
| 1,00 | 0,09 | 2.10-9 | 1,05 | 8,7 |
| 9,00 | 0,01 | 2.10-8 | 2,00 | 7,74 |
| 9,90 | 0,001 | 2.10-7 | 3,00 | 6,74 |
| 9,99 | 0,0001 | 2.10-6 | 4,0 | 5,74 |
| 10,0 э.н. | 1,3.10-5 | 1,3.10-5 | 4,89 | 4,89 |
| 10,01 | 2.10-6 | 0,0001 | 5,74 | 4,0 |
| 10,10 | 2.10-7 | 0,001 | 6,74 | 3,0 |
| 11 | 2.10-8 | 0,01 | 7,74 | 2,0 |
| 20 | 2.10-9 | 0,1 | 8,74 | 1,0 |

Эквиваленттік нүктесінде күміс және хлорид иондарының концентрациясы тең болады. Оларды ерігіштік көбейтіндісінің шамасымен анықтаймыз:

[Cl-] =[Ag+]== 1,3.10-5 M.

Эквиваленттік нүктеге дейін, 9,99 см3 күміс нитраты қосылған болса, онда хлорид-иондарының концентрациясы сәйкес 10-4 М тең, себебі оның ерітіндідегі қалған мөлшері 0,1%. Күміс иондардың концентрациясы:

1,78.10-10 / 10-4 ~ 2.10-6 M, pAg=5,7.

Егер эквиваленттік нүктесінен кейін, 10,01 см3 0,1 М күміс нитраты қосылған болса, онда оның концентрациясы:

0,01. 0,1 / 10 = 10-4  M, pAg=4, ал

[Cl-]=EKAgCl / [Ag+] = 1,78.10-10 / 10-4 ~ 2.10-6, pCl=5,7.

Осы және басқа есептеулері №3 кестеде берілген. Алынған нәтижелер бойынша титрлеу қисығын құрады (№1 сурет).

|  |  |
| --- | --- |
| №1 сурет - Аргентометриялық титрлеу қисық сызығы 1-NaCl, 2-NaBr, 3- NaI | Эквиваленттік нүктесінің маңында кенет секіруі байқалады. Титрлеудің секіру мөлшері әрекеттесуші заттардың концентрациясының жоғарылауына және температураның кемуіне байланысты артады, ЕК температураға байланысты өзгеруіде дәл солай. |

**1 Мысал.** Кальций мен стронцийдің тұздарын анықтау үшін келесі заттардың қайсысын титрант ретінде қолдануға болады: H2SO4, Na2CO3, (NH4)2C2O4.

Шешуі. Реакциядағы иондардың зарядтары бірдей болса, оның рЕК>8 болуы керек. Анықтама кестелерден түзілетін тұздардың рЕК қарап, Са2+-иондарын Na2CO3 (рЕК=8,14) мен (NH4)2C2O4 (рЕК=8,06) ерітінділерімен анықтауға болады.

**2 Мысал.** Құрамындағы 60% NaCl мен 37% KCl (қалдық индифферентті қоспалар) бар заттың 20 см3 0,1 М AgNO3 ерітіндісімен титрлеу үшін қандай массаны алу керек?

Шешуі. NaCl мен KCl заттардың мөлшерін анықтаймыз:

; 

Эквиваленттік нүктеде

, онда

, *x=*0,1313 г.

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.

**Дәріс 9**

**Комплексонометриялық титрлеу**

Жоспар

1. Комплексонометриялық титрлеу тәсілі.

2. Индикаторлары. Индикаторларға қойылатын шарттар, түсінің ауысу интервалы.

3. Комплексонометрия, комплексон ІІІ, оның қасиеттері, жұмыс ерітіндісі, эквиваленттік факторы.

Комплексонометриялық титрлеу

Комплексонометрия комплексон деп аталатын кейбір органикалық реактивтермен комплекстік қосылыстар түзетін иондарды анықтау реакцияларына негізделген.

Комплексті қосылыстар түзетін реакцияларды титриметриялық әдісте қолдану үшін олар жылдам және көлемді түрде жүруі керек. Титриметриялық талдаудағы ең манызды металл иондарының галогенидтермен, псевдогалогенидтермен және полиаминокарбон қышқылдарымен комплекс түзілу реакциялары.

Ерітіндінің бұлыңғырлануы титрлеу соңы болып есептеледі. Комплексонометрия әдісі полиаминокарбон қышқылдары мен олардың тұздары (комплексондар) практикаға енген кезден бастап кең қолданыла бастады және сол себепті осылай аталады.

Жиі кездесетін комплексондарға келесі қосылыстар жатады:

1. Комплексон І – нитрилотрисірке қышқылы



1. Комплексон ІІ – этилендиаминтетрасірке қышқылы



1. Комплексон ІІІ – трилон Б – этилендиаминтетрасірке қышқылының динатрийлі тұзы (ЭДТА):



Немесе қысқартылған күйде Na2[H2Tr].

Комплексонометриялық әдістің сұрыпталуы (селективтігі) әдетте үлкен емес, және қандай донорлық атомдар катионмен әрекеттесуде қатысатынына байланысты. Йодидтер кейбір элементтермен ғана тұнба және комплекстер түзетін болғандықтан, калий иодидімен титрлеу жоғары сұрыпталуға алып келеді. Аммиак және полиаминдердің де, әсіресе, комплексондарға қарағанда сұрыпталуы жоғары.

Комплексонның металл иондарымен әрекеттесу реакциясы жалпы түрінде келесі теңдеуімен көрсетуге болады:

*Мn+ + Y4- ↔ MYn-4*

Осы тепе-теңдіктің константасы комплекстің тұрақтылық константасы деп аталады:

 . (1)

Комплекстің тұрақтылық константасы реагенттердің концентрациясына және рН мәніне тәуелсіз, ал металл иондарының табиғатына, оның зарядына, электрондық құрылысына, температураға тәуелді болады. ЭДТА-мен кейбір катиондар үшін тұрақтылық константасының мәні №1 кестеде берілген.

**№1 кесте - 200С және ерітіндінің иондық күші 0,1 моль/л болғандағы ЭДТА-мен кейбір металл комплекстерінің тұрақтылық константалары**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Иондар | lg*KMY* | Иондар | lg*KMY* |
| Ba2+  Mg2+  Ca2+  Fe2+  Al3+  Co2+  Ce3+  Cd2+  Zn2+  Pb2+ | 7,8  8,7  10,7  14,3  16,1  16,3  16,4  16,5  16,5  18,0 | Ni2+  Cu2+  Hg2+  Cr3+  Th4+  Ce4+  Fe3+  U4+  Bi3+  Zr4+ | 18,6  18,8  21,8  23,0  23,0  24,2  25,1  25,2  27,9  29,5 |

Металлдардың комплексонометриялық титрлеуімен мөлшерлік анықтауы тек *KMY >*108 болған кезде болады.

Комплексонометриялық титрлеу барысында рН ортаның әсер еткені α коэффициентпен есептейміз. Ол протондану бәсекелі реакциясын есепке алады:

 (2)

Егер α өрнегін 2 теңдеуіне қоятын болсақ онда шартты тұрақтылық константасының өрнегі шығады:

. (3)

Шартты тұрақтылық константасы рН мәніне тәуелді болады. Тұрақтылық константасымен α коэффициент белгілі болса шартты тұрақтылық константасын есептеуге болады және оны 108 шамасымен салыстырып металлдардың комплексонометриялық анықтауының мүмкіндігін көруге болады.

**№5 кесте - рН байланысты ЭДТА үшін** α **коэффициенттің мәні**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **рН** | **** | **рН** | α |
| 1  2  3  4  5  6  7 | 5,7.10-18  3,7.10-14  2,5.10-11  3,6.10-9  3,5.10-7  2,2.10-5  4,8.10-4 | 8  9  10  11  12  13  14 | 5,4.10-3  5,2.10-2  3,5.10-1  8,5.10-1  9,8.10-1  1,0  1,0 |

Комплексонометриялық титрлеу процесі титрлеу қисықтарының көмегімен талдайды. Титрлеу қисығын құру үшін, әдетте, координаталар ретінде рМ шамасын және комплексонның көлемін таңдайды. Мұндағы рМ=-lg[Mn+].

Эквиваленттік нүктеге дейін металл иондарының концентрациясын келесі теңдеуі бойынша есептеуге болады:

, (4)

Эквиваленттік нүктеде:

. (5)

Эквиваленттік нүктесінен кейін:

. (6)

Комплексонометрия әдісінде эквиваленттік нүктені анықтау үшін арнайы қолданылатын индикаторлар металды индикаторлар деп аталады.

**№2 кесте - Комплексонометриялық титрлеуде пайдаланатын кейбір металды индикаторлар**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Анықталатын ион** | **Индикатор** | **рН** | **Түстің өзгеруі** |
| **Тура титрлеу** | | | |
| Mg2+ | Эриохром қара Т | 8-10 | Шарап-қызыл-көк |
| Ca2+ | Мурексид | 12-13 | Қызыл-күлгін |
| Cu2+ | Мурексид | 7-8 | Қызғылт сары-күлгін |
| **Кері титрлеу** | | | |
| Cd2+, Zn2+ | Эриохром қара Т | 10 | Шарап-қызыл-көк |
| Al3+ | Дитизон | 4-5 | Жасыл-қызыл |
| Fe3+, Sn4+ | Пирокатехин күлгін | 5 | Көк-сары |
| **Жанама титрлеу** | | | |
| (BaSO4 )  (MgNH4PO3) | Эриохром қара Т  Эриохром қара Т | 10-12  9-10 | Шарап-қызыл-көк  Шарап-қызыл-көк |

Олардың ішінде аса маңызды эриохром қара Т (хромоген қара Т), қышқылдық хром қара – көк (қышқылдық хром көк Т) және мурексид.

Бұл индикаторлар металл иондарымен әрекеттесіп, боялған комплексті қосылыс түзеді. Бұл қосылыстың түсі бос индикатордың түсінен өзгеше болуы керек. Трилон Б мен титрлегенде, ол металл ионымен бпйланысып, индикатор бос күйінде бөлініп шығады.

Mn+ + HInd2- ↔ MIndn-3 + H+

MIndn-3 + H2Y2- ↔ MYn-4 + Hind2- + H+

Мысалы:

Ca2+  + Hind2- ↔ CaInd- + H+

түссіз көк қызғылт

CaInd- +H2Y2- ↔ СаY2- + Hind2- + H+

қызғылт түссіз түссіз күлгін

Металл иондары сілтілік ортада көбірек байланысады. Ең қолайлы шама болып рН = 10 есептеледі, сондықтан да титрлеу үрдісі аммиакты буферде жүргізіледі.

Индикаторды таңдау үшін оның шартты тұрақтылық константасын есептеу керек. Оның шамасы комплекстің шартты тұрақтылық константасынан 10-100 есе кем болу керек >.

 осыдан (7)

 (8) немесе  (9)

Немесе титрлеудің соңғы нүктесінде, концентрациялар бір-біріне тең болғанда:

 (10)

Басқа титриметриялық әдістердегідей, дұрыс нәтижелерін алу үшін комплексонометрияда индикатордың рМТ титрлеу қисығының секірген жеріне кіруі қажет.

**1 мысал.** 50 см3 0,01М BaСl2 ерітіндісін 0,01 М ЭДТА ерітіндісімен рН=10 болғанда титрлеу қисығын салыңдар.

Шешуі. рН=10 болғанда α функциясы 0,35 тең, сондықтан =0,35.9.10-7=3,15.107.

|  |  |
| --- | --- |
| Бастапқы уақытта рМ=-lg 0,01=2  10 см30,01М ЭДТА қосқан кезде:  , ал рВа=2,18.  20, 40, 45см3 ЭДТА қосқан кезде:  [Ba2+]=4,29.10-3, pBa=2,37  [Ba2+]=1,1.10-3, pBa=2,96  [Ba2+]=5,3.10-4, pBa=3,28  Эквиваленттік нүктедегі: | №1 сурет - Комплексонометриялық титрлеудің қисығы |

, рВа=4,63

Эквиваленттік нүктесінен кейін немес 55 және 70 см3 ЭДТА қосқан кезде:

, рВа=6,5

, рВа=7,1.

Есептелген қисық №1 суретте келтірілген.

**2 мысал.** рН=9 және рН=5 ортасында Ni2+ мен Ca2+ иондары трилон Б ерітіндісімен анықтау мүмкін бе?

Шешуі. №4 кестеден lg*KNiY=*18,6 осыдан *KNiY=*4.1018, ал lg*KCaY=*10,7 және *KNiY=*5.1010.

рН=5 ортасында α=3,5.10-7, онда =4.1018.3,5.10-7=1,4.1012 >108

Ni2+ иондарын анықтауға болады.

рН=9 ортасында α =5,2.10-2, онда =4.1018.5,2.10-2=2,08.1017 >108

Ni2+ иондарын анықтауға болады.

рН=5 ортасында α =3,5.10-7, онда =5.1010.3,5.10-7=1,75.104 <108

Ca2+ иондарын анықтауға болмайды.

рН=9 ортасында α =5,2.10-2, онда =5.1010.5,2.10-2=2,6.109>108

Ca2+ иондарын анықтауға болады.

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.

**Дәріс 10**

**Хроматографиялық әдістер**

Жоспар

1. Хроматографиялық әдістің негізгі сипаттамасы.

Хроматографиялық әдістер

Хроматография деп күрделі қоспаның компоненттерін бөліп алуға, жекелендіруге негізделген әдістерді айтады. Хроматографиялау кезінде қоспаның компоненттері стационарлық фаза арқылы қозғалып тұрған сұйық немесе газ әсерінен жылжиді. Қозғалмайтын фазаны стационарлық, ал қозғалып тұрғанын қозғалмалы фаза деп атайды. Стационарлы фазаның қызметін тар шынылы түтікке орналастырған ұнтақталған қатты зат атқарады. Кейбір жағдайда стационарлы фаза ретінде ұсақ саңылаулы қағаз немесе шынылы пластинкаға қондырылған ұнтақталған қатты зат қолданылады.

Қозғалмалы фазаның қатты зат арқылы жылжуы капиллярлы немесе гравитациялы күштермен ескеріледі. Стационарлы фаза ретінде қозғалатын фазамен араласпайтын сұйықты да қолдануға болады. Стационарлы сұйықты бекітудің бірнеше әдісі бар. Ұнтақталған қатты затты сұйықпен қаптап шынылы немесе металды түтікке қондыруды және осы түтік арқылы қозғалмалы фаза өткізіледі. Тәртіп бойынша қатты зат бөлу процесіне қатыспайды, ол тек қана стационарлы сұйық фазаны ұстап тұрған астар. Фазалардың агрегаттық күйіне байланысты хроматографиялық әдістерді келесі түрлерге бөлуге болады:

**1 кесте. Фазалардың агрегаттық күйіне байланысты хроматографиялық әдістер**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Әдістің аты** | **Қозғалмалы фаза** | **Стационарлы фаза** | **Стационарлы фазаны бекіту жолдары** |
| Газды-сұйықтық хроматография | Газ | Сұйық | Ұнтақталған қатты зат түтікте астар ретінде ұстап тұрады |
| Газды-қатты фазалы хроматография | Газ | Қатты зат | Ұнтақталған қатты зат |
| Бөлінгіштік  хроматография | Сұйық | Сұйық | Ұнтақталған қатты зат түтікке астар ретінде ұстап тұрады |
| Қағаздағы  хроматография | Сұйық | Сұйық | Ұсақ саңылаулы қағаз ұстап тұрады |
| Жұқа қабатты  хроматография | Сұйық | Сұйық немесе қатты зат | Үсті ұнтақталған қатты затпен қапталған шынылы пластинка астар ретінде ұстап тұрады |
| Гель-өткізгіш  хроматография | Сұйық | Сұйық | Ұсақ ұнтақталған полимер ұстап тұрады |
| Ион алмастырғыш хроматография | Сұйық | Сұйық | Ион алмастырғыш шайыр түтікте ұстап тұрады |

Стационарлы және қозғалмалы фазалардың салыстырмалы жылжуына қарай хроматографияның үш өткізу жолы бар: фронтальды, элюентті және ығыстыру.

**Элюенттік әдіс.** Бұл әдіспен жұмыс істеген кезде құрамында **А** және **В** компоненттері бар **S** еріткіштің белгілі бір көлемі адсорбентпен толтырылған шынылы түтікке енгізіледі және бұл түтікті еріткішпен (**S**) үздіксіз жуып отырады. Бұл жағдайда зерттеліп отырған қоспада компоненттері зоналарға бөлінеді. Жақсы сорбцияланатын **В** компонент түтіктің жоғарғы бөлігін алады, ал нашар сорбцияланатын **А** компоненті төменгі бөлікті алады. Сондықтан түтіктен ағып шығатын ерітіндіде алдымен **А** компоненті пайда болады. Содан кейін таза еріткіш, бұдан кейін **В** компоненті бөлініп шығады.

**Ион алмастырғыш хроматография.** Ион алмастырғыш хроматография ерітіндідегі иондар мен ионалмастырушының құрамына кіретін иондар арасындағы қайтымды стехиометриялық иондар алмасу процесіне негізделген. Ион алмастырушыларға келесі қосылыстар жатады:

а) табиғи гидросиликаттар – цеолиттер;

б) қолдан жасанды гидросиликаттар – пермутиттер, жоғары молекулалық органикалық және анорганикалық қосылыстар (қышқылдар, гидроксидтер, тұздар) – иониттер.

Иониттер суда ерімейді, шектелген ісінігіштігімен сипатталады. Иониттердің бөлшектері қозғалмайтын анионнан R-An− немесе катионнан R-Kt+ және оларға сәйкес қозғалмалы катиондардан немесе аниондардан тұрады. Қозғалмалы иондар басқа қозғалмалы иондармен алмасу реакциясына түсе алады. Қозғалмайтын анионнан және қозғалмалы катионнан тұратын ионитті – **катионит** деп атайды. Қозғалмайтын катионнан және қозғалмалы анионнан тұратын ионит – **анионит** деп аталады.

Катиониттерде қозғалмалы катионның ролін **Н+ −** ионы атқарады, ал аниониттерде **ОН−** иондары.

Катиониттер сутек ионын ерітіндідегі басқа катионға келесі схема бойынша алмастырады:

**R−An−∙Н+ + Kt+ → R−An−∙ Kt+ + Н+**

Қарастырылып отырған процесс қайтымды және массалар әрекеттесу заңына бағынады. Бұл процесті кері бағытта жүргізуге болады. Егер катионитті қышқылмен әрекеттестірсе:

**R−An−∙Kt+ + Н+ → R−An−∙Н+ + Kt+**

Бұл реакцияны катиониттің регенерациясы деп атайды, өткені катионит қайтып өзінің Н+ формасына келеді.

Ионалмасу процесі ерітіндінің рН-а, катиониттің қасиеттеріне тәуелді. Катиониттерді екі топқа бөледі:

1. күшті қышқылды: **КУ-1, КУ-2, СДВ, СДВ-3** және т.б.
2. әлсіз қышқылды: **КБ-2, КБ-4, КФ-2, КФ-4** және т.б.

Аниониттер ерітіндідегі басқа аниондармен алмасу реакциясына келесі схема бойынша түседі:

**R−Kt+∙ОН− + An− → R−Kt+∙ An− + ОН−**

Аниониттерді екі топқа бөледі:

1. күшті сілтілік: АВ-17, АВ-18 және т.б.
2. әлсіз сілтілік: ЭДЭ-10, АИ-2Ф, АН-1 және т.б.

Негізгі әдебиеттер

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Под ред. Золотова Ю.А.- М.: Высшая школа.. - 2002. - 845 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. - М.: Высшая школа. - 1989. - 704 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. - М.: Химия. - 1990. - 846 с.
4. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. - М.: Высшая школа. - 1987. - 304 с.
5. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 ч. Ч. 1. М.: Химия.- 1978.- 918 с.
6. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. - М.: Химия. - 1979. - 624 с.
7. Бончев Г.В. Введение в аналитическую химию. - М.: Химия. - 1978. - 496 с.
8. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по анали­тической химии. - М.: МГУ. - 1984. -216 с.
9. Ляликов Ю.С., Клячко Ю.А. Теоретические основы современного качественного анализа. М.: Химия.- 1978. -312 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова – М.: Высшая школа. – 2001. – 463 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии. В 3 т. - М.: Химия. - 1977. -488 с.
2. Посыпайко В.И., Козырева Н.А. Логачева Ю.П. Химические методы анализа. - М.: Высшая школа. - 1989. - 448 с.
3. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. - М.: Просвещение. - 1979. - 480 с.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. - М.: Химия. - 1977. - 240 с.
5. Халитова А.И. Практическое руководство по качественному анализу. – Караганда: Изд-во КарГУ. – 2005. – 84 с.
6. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия. - 1977.- 560 с.
7. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. В 2 Кн. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: Химия. - 1978. – Кн.1. – 816 с.