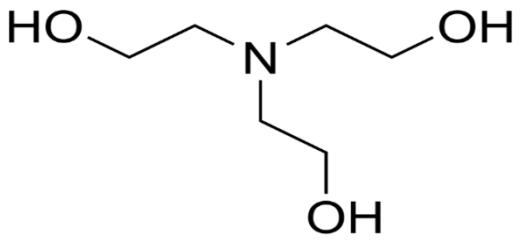
Задание экспериментального тура РХО-2026 для 11 класса, г. Алматы

Определение смеси ионов железа(III) и кальция(II) комплексонометрическим методом титрования

(*Время для выполнения работы – 180 мин*)

Всего – 30 баллов.

При комплексонометрическом анализе различных смесей катионов часто используют маскирующие реагенты, которые взаимодействуя с одним из ионов смеси делает возможным селективно оттитровать второй катион. Для этой цели наряду с неорганическими лигандами (тиосульфат, пирофосфат, тартрат, фторид и др.) широко используются различные органические полидентантные лиганды (комплексоны, сульфосалициловая кислота, различные красители и др.). В качестве таких реагентов в данной работе используется триэтаноламин (ТЭА), который со многими катионами переходных металлов образует очень прочные «хелатные комплексы».



<u>Методика выполнения работы</u>

Бюретку промывают сначала дистиллированной водой, а затем небольшим количеством титранта (~5-10 мл). Бюретку заполняют стандартным раствором ЭДТА. Анализируемый раствор в мерной колбе вместимостью 100,0 мл доводят до метки дистиллированной водой, содержимое колбы тщательно перемешивают.

1-титрование:

Для титрования в коническую колбу мерной пипеткой отбирают аликвотную часть (10,0 мл) анализируемого раствора. Нейтрализуют взятую пробу, добавляя по каплям аммиак (l0%-й раствор) до появления неисчезающей мути, которую затем растворяют 1-2 каплями HCl (1:1). Для создания необходимой кислотности добавляют еще 2 мл 2М HCl и 30 мл дистиллированной воды.

Раствор нагревают до 60-70^0 С, добавляют 3 капли индикатора - *сульфосалициловой кислоты* (HSal) - и титруют стандартным раствором ЭДТА до перехода *красно-фиолетовой окраски раствора в светло-желтую*.

Отмечают по бюретке объем раствора ЭДТА (V_1). Титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов.

2 – титрование:

В кониическую колбу помещают пипеткой аликвотную часть (10,0 мл) анализируемого раствора, добавляют мерным цилиндром или стаканом ~70 мл дистиллированной воды, 20 мл раствора ***триэтаноламина*** (ТЭА) и 5 мл 20%-го раствора NaOH. Вносят 3-5 капель *индикатора хром-темно-синего* (ХТС) до появления хорошо заметной *розово-сиреневой окраски*. Затем по каплям добавляют раствор ЭДТА до появления *фиолетовой окраски*, перемешивая после каждой капли*. (**При приближении к конечной точке титрования добавлять титрант следует медленно, так как смена окраски может произойти через 2-3 секунды после добавления очередной капли!!!*).

Отмечают по бюретке объем раствора ЭДТА (V_2). Титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов.

По результатам данных 1-го и 2-го титровании рассчитывают массу железа и кальция в исходном растворе задачи.

Штрафные баллы: если участнику потребуется дополнительное количество реактива или анализируемого раствора, его заполнение (в том же варианте) производится штрафом в 5 баллов в каждом случае.

Лист ответа

Задача № _____ **$C_{ЭДТА}$ = _____ ;**

$\boldsymbol{V}_{м.к.}$ = $\boldsymbol{V}_{ал}$ =

Результаты 1-титрования:
Объемы раствора ЭДТА (мл):

V_1^1 = _____

V_2^1 = _____

_____

V_3^1 =

Среднее V^1 = _____

4 б.

Результаты 2-титрования:
Объемы раствора ЭДТА (мл):

V_1^2 = _____

V_2^2 = _____

_____

V_3^2 = __

_____

Среднее V^2 =

4 б.

1. Напишите уравнения всех химических реакции (молекулярные и ионные), протекающие в ходе 1- и 2-го титрования с участием ЭДТА (Na_2H_2Y) и индикаторов (H_3Sal и ХТС – H_2Ind). Укажите факторы эквивалентности металлов.

а) 1-титрование:

б) 2 -титрование:

Σ 4 б (2+2)

2. а) Что такое «хелаты», чем они отличаются от обычных комплексов?

б) Приведите структурные формулы ЭДТА, комплексонатов железа и кальция.

в) Опишите свойства образующихся комплексов (координационное число металла, дентантность лиганда, типы химических связей, количество циклов, заряд комплекса).

Σ 4 б (1+1.5+1.5)

3. а) Приведите реакцию маскирующего реагента – триэтаноламина – с ионами металла в данном титровании и структурную формулу образующегося комплекса.

.

б) Опишите свойства этих комплексов (координационное число металла, дентантность лиганда, типы химических связей, количество циклов, заряд комплекса).

Σ 3 б (2+1)

4. а) Как кислотность среды (pH) влияет на прочность комплексонатов металлов и как это учитывается при комплексонометрическом титровании?

б) Рассчитайте значения $\beta^{усл.}$ для комплексонатов железа (pH≈2.0, α_Y=$3.7 \cdot 10^{-14}$) и кальция (pH=12, α_Y=0.98), если $\beta^0(FeY^-)=1.7 \cdot 10^{24}$, $\beta^0(CaY^{2-})=3.7 \cdot 10^{10}$. Сделайте соответствующие выводы о возможности титрования ионов железа и кальция при данных значениях pH раствора.

Σ 3 б (1+2)

5. а) По каким количественным показателям подбирают металлиндикатор для комплексонометрического титрования и как их рассчитывают, приведите формулы?

б) Каким требованиям должны удовлетворять металл-индикаторы в комплексонометрии?

Σ 2 (1+1) б

6. По результатам 1-го и 2-го титровании рассчитайте содержания Fe и Ca (m, грамм) в исходной задаче.

$\boldsymbol{m_{Fe}} =$

$\boldsymbol{m_{Ca}} =$

Σ 6 б (3+3)

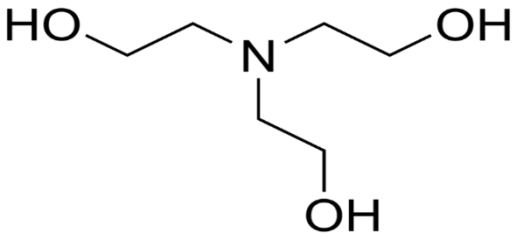
11 сыныпқа арналған РХО-2026 тәжірибелік турының тапсырмасы. Алматы қаласы.

Темір (III) және кальций (II) иондарының қоспасын комплексонометрлік титрлеу әдісімен анықтау

(Жұмысты орындау уақыты – 180 минут).

Барлығы -30 балл.

Әртүрлі катиондар қоспаларын комплексонометрлік талдауда көбінесе бүркемелеуші реагенттер қолданылады, олар қоспа иондарының бірімен әрекеттесу арқылы екінші катионды селективті түрде титрлеуге мүмкіндік береді. Осы мақсатта бейорганикалық лигандтармен (тиосульфат, пирофосфат, тартрат, фторид және т.б.) қатар, әртүрлі органикалық полидентантты лигандтар да (комплексондар, сульфосалицил қышқылы, әртүрлі бояғыштар және т.б.) кеңінен қолданылады. Бұл жұмыста осындай реагент ретінде триэтаноламин (ТЭА) пайдаланылады, ол көптеген ауыспалы металл катиондарымен өте берік «хелат кешендерін» түзеді.



<u>Жұмысты орындау әдістемесі</u>

Бюретка алдымен дистилденген сумен, содан кейін аз мөлшерде титрантпен (~5-10 мл) шайылады. Бюретка стандартты ЭДТА ерітіндісімен толтырылады. Сиымдылығы 100,0 мл өлшеуіш колбадағы талданатын ерітінді дистилденген сумен колба белгісіне дейін сұйытылып, мұқият араластырылады.

1-ші титрлеу:

Талданатын ерітіндінің аликвотты бөлігі (10,0 мл) өлшеуіш пипетка көмегімен конусты колбаға көшіріледі. Ерітінді тұрақты лайлану пайда болғанша аммиак (10%) ерітіндісін тамшылатып қосу арқылы үлгіні бейтараптандырылады, содан кейін ол 1-2 тамшы HCl (1:1) қосылып ерітіледі. Қажетті қышқылды орта жасау үшін оған тағы 2 мл 2М HCl және 30 мл дистилденген су қосылады.

Ерітінді 60-70°С дейін қыздырылады, оған 3 тамшы сульфосалицил қышқылы (HSal) индикаторы қосылады. Ерітінді стандартты ЭДТА ерітіндісімен қызыл-күлгін түстен ашық сары түске өзгергенше титрленеді.

Бреткадан титрлеуге жұмсалған ЭДТА ерітіндісінің көлемі (V_1) жазып алынады. Титрлеу бірнеше рет жақсы қайталанылатын нәтиже алынғанша жүргізіледі7

2 – Титрлеу:

Талданатын ерітіндінің аликвотты бөлігі (10,0 мл) өлшеуіш пипетка көмегімен конусты колбаға көшіріледі. Өлшеуіш цилиндр не стакан көмегімен оған шамамен 70-80 мл дистилденген су, 20 мл триэтаноламин (ТЭА) және 5 мл 20% NaOH ерітінділері қосылады. Ерітіндіге оның қызғылт-күлгін түсі айқын көрінгенше 3-5 тамшы хром-қою көк (ХТС) индикаторы қосылады.

Содан кейін ЭДТА ерітіндісі тамшылатылып, әр тамшыдан кейін араластырыла отырып, таза күлгін түс пайда болғанша қосылады. (*Титрлеудің соңғы нүктесіне жақындағанда титрантты баяу қосу керек, себебі түстің өзгеруі келесі тамшыны қосқаннан кейін 2-3 секундтан кейін ғана байқалуы мүмкін!!!).

Бюреткадан ЭДТА ерітіндісінің (V_2) көлемі жазылады. Титрлеу үш жақсы қайталанылатын нәтиже алынғанша жүргізіледі. Бірінші және екінші титрлеу нәтижелеріне сүйене отырып, бастапқы ерітіндідегі темір мен кальцийдің массасы есептел\еді.

Айып ұпайлары: Егер қатысушыға қосымша реагент немесе сынақ ерітіндісі қажет болса, оны қайта толтыру (сол нұсқада) әр жағдайда 5 ұпай айыппұлға әкеп соғады.

Жауап беру парағы

Есеп № _____ **$C_{ЭДТА}$ = _____ ;**

$V_{ө.к.}$ = $V_{ал}$ =

1-титрлеу нәтижелері:
ЭДТА ерітіндісінің көлемі (мл):

V_1^1 = _____

V_2^1 = _____

_____

V_3^1 =

Орташа V^1 = _____

4 б.

2-титрлеу нәтижелері:
ЭДТА ерітіндісінің көлемі (мл):

V_1^2 = _____

V_2^2 = _____

_____

V_3^2 = __

_____

Орташа V^2 =

4 б.

1. 1- және 2- титрлеулер барысында ЭДТА (Na_2H_2Y) және индикаторлар (H_3Sal и ХТС – H_2Ind) қатысуымен жүретін барлық химиялық реакциялардың теңдеулерін (молекулалық және иондық түрде) жазыңыз. Металдардың эквиваленттік факторларын көрсетіңіз.

а) 1-титрлеу:

б) 2 -титрлеу:

Σ 4 б (2+2)

2. а) «Хелаттар» дегеніміз не және олар қарапайым кешендерден қалай ерекшеленеді?

б) ЭДТА, темір және кальций комплексонаттарының құрылымдық формулаларын келтіріңіз.

в) Алынған кешендердің қасиеттерін сипаттаңыз (металлдың координациялық саны, лигандтың дентанттығы, химиялық байланыс түрлері, циклдер саны, заряды).

Σ 4 б (1+1.5+1.5)

3. а) Осы титрлеуде қолданылатын бүркемелеуші реагент – триэтаноламиннің - металл иондарымен реакциясын және түзілетін кешеннің құрылымдық формуласын келтіріңіз.

б) Алынған кешеннің қасиеттерін сипаттаңыз (металлдың координациялық саны, лигандтың дентанттығы, химиялық байланыс түрлері, циклдер саны, заряды).

Σ 3 б (2+1)

4. а) Ортаның қышқылдығы (pH) металл комплексонаттарының беріктігіне қалай әсер етеді және бұл комплексонометрлік титрлеуде қалай ескеріледі?

б) Темір ($pH=2.0$, $\alpha_Y=3.7\cdot10^{-14}$) және кальций ($pH=12$, $\alpha_Y=0.98$) комплексонаттары үшін $\beta^{шарт.}$ мәндерін есептеңіз, егер $\beta^0(FeY^-)=1.7\cdot10^{24}$, $\beta^0(CaY^{2-})=3.7\cdot10^{10}$ болса.

Ерітіндінің берілген pH мәндерінде темір және кальций иондарын титрлеу мүмкіндігі туралы тиісті қорытындылар жасаңыз.

Σ 3 б (1+2)

5. а) Комплексонометрлік титрлеуге қажет индикаторды оның қандай сандық көрсеткіштері бойынша таңдайды және олар қалай есептеледі?

б) Комплексонометрияда қолданылатын индикаторлар қандай талаптарға сай болуы керек?

Σ 2 (1+1) б

6. 1-ші және 2-ші титрлеу нәтижелеріне сүйене отырып, бастапқы есептегі Fe және Ca мөлшерлерін (m, грамм) есептеңіз.

$\boldsymbol{m_{Fe}} =$

$\boldsymbol{m_{Ca}} =$

Σ 6 б (3+3)