

Номер места _____

Фамилия _____

55-ая Международная химическая Олимпиада



Отборочный экспериментальный тур

Москва, 15 июня 2023 года

Общие указания

1. В течение всего практического тура Вы должны носить лабораторный халат и защитные (или свои корректирующие) очки.
2. Осторожно обращайтесь с растворами кислот и щелочей!
3. Набирайте растворы в пипетки только с помощью трёхходовой груши или пипетатора. Запрещается набирать жидкость в пипетки ртом.
4. Выданное Вам количество растворов ограничено. Пролитый или полностью израсходованный раствор будет заменен с наложением штрафа.
5. Работа с бюреткой:
 - а) если кран бюретки открыт, закройте его перед использованием;
 - б) если при заполнении бюретки в носике остается пузырёк воздуха, аккуратно встряхните бюретку в вертикальном положении; если не помогает, обратитесь к ассистенту;
 - в) кран бюретки может подтекать; пользуйтесь стаканом на 50 мл под бюретку.
6. Выполняя задачу, не создавайте помех другим участникам. Содержите своё рабочее место в порядке.
7. Если вы что-то разбили, обратитесь к ассистентам, которые помогут вам убрать все осколки и выдадут замену.
8. Подпишите все листы комплекта.
9. Вы можете использовать обратную сторону листов задания в качестве черновика.
10. Вы можете выполнять задачи в любой последовательности. Рекомендуем перед началом работы прочитать все задания и составить план работы.
11. Вся посуда для проведения задачи 3 маркирована надписью «НХ 482». Используйте только её для проведения задачи. Все вещества для синтеза находятся в стаканах и взвешены в необходимом количестве – нужно использовать всё выданное Вам количество веществ.
12. Вы можете использовать посуду многократно. Тщательно мойте ее перед повторным использованием.
13. Комплект состоит из 19 страниц, включая титульный лист и Периодическую таблицу элементов.
14. Общая продолжительность экспериментального тура составляет 5 ч. После того, как прозвучит команда СТОП, Вы должны немедленно прекратить работу и сдать все листы.

Оборудование и посуда

Наименование	Количество
На каждого участника	
Пробирки для качественного анализа в штативе	10 шт.
Набор для качественного анализа (шпатель, предметное стекло, стеклянный капилляр и пр.)	1 шт.
Прихватки для горячих предметов	1 пара
Стакан 25 мл	1 шт.
Стакан на 50 мл	1 шт.
Стакан на 100 мл	1 шт.
Стакан на 150 мл	1 шт.
Мешальник магнитный	1 шт.
Магнитная мешалка с нагревом	1 шт.
Капельная воронка	2 шт.
Шпатель	2 шт.
Фильтр бумажный	2 шт.
Воронка химическая	2 шт.
Бюкс или стеклянный стаканчик с номером места	1 шт.
Мерный цилиндр на 25 мл	2 шт.
Стеклянная палочка	1 шт.
Термометр	1 шт.
Штатив с лапками и муфтами	1 шт.
Воронка со стеклянным пористым фильтром для задачи 2	1 шт.
Воронка со стеклянным пористым фильтром для задачи 3	1 шт.
Прибор для фильтрования под вакуумом	1 шт.
Промывалка с дистиллированной водой	1 шт.
Круглодонная двугорлая колба на 50 мл	1 шт.
Обратный холодильник	1 шт.
Колба для фильтрования	1 шт.
Капилляры	3 шт.
Коническая колба для титрования на 300 мл (термостойкая)	1 шт.
Мерная колба на 100.0 мл с номером места	1 шт.
Пробка для мерной колбы	1 шт.
Бюретка прямая с краном на 25 мл	1 шт.
Стеклянная воронка для заполнения бюретки	1 шт.
Стеклянная воронка для сыпучих веществ	1 шт.
Пипетка Мора на 10.00 мл	2 шт.
Резиновая груша или пипетатор	1 шт.
Штатив для титрования с белым матовым основанием	1 шт.
Бюкс или стеклянный стаканчик с номером места (ан. химия)	1 шт.
На столе общего пользования или под тягой	
Капельница с дистиллированной водой (ан. химия)	много
Шпатель стеклянный (ан. химия)	много
Склянки с реактивами (ан. химия)	много
Склянки с металлоиндикатором (ан. химия)	2 шт.

Номер места _____

Фамилия _____

Фильтровальная бумага	много
Весы	2 шт.
Бумага для взвешивания	много
Водяная баня	4 шт.
Центрифуга	1 шт.
УФ лампа	1 шт.
Микроскоп	1 шт.
Удочка для извлечения магнитного мешальника	3 шт.
Прибор для измерения температуры плавления	2 шт.
Баня со льдом	4 шт.

Реактивы (на одного участника)

Вещество	Состояние	Кол-во	Комментарий
Задача 1			
Смесь твердых солей	Твердое		Навеска в бюксе
HCl	Раствор	1 мл	В кристаллизаторе или деревянном ящике
CH ₃ COOH	Раствор	1 мл	
CH ₃ COONa	Раствор	1 мл	
H ₂ SO ₄	Раствор	1 мл	
NaOH	Раствор	1 мл	
NH ₃ ·H ₂ O	Раствор	1 мл	
NH ₄ Cl	Раствор	1 мл	
(NH ₄) ₂ CO ₃	Раствор	1 мл	
H ₂ O ₂	Раствор	1 мл	
Реактив Несслера	Раствор	1 мл	
Na ₂ HPO ₄	Раствор	1 мл	
Ализариновый красный S	Раствор	1 мл	
Хинализарин	Раствор	1 мл	
Алюминон	Раствор	1 мл	
8-Гидроксихинолин	Раствор	1 мл	
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	Раствор	1 мл	
K ₃ [Fe(CN) ₆]	Раствор	1 мл	
K ₄ [Fe(CN) ₆]	Раствор	1 мл	
Na ₂ C ₆ O ₆	Раствор	1 мл	
K ₂ Cr ₂ O ₇	Раствор	1 мл	
(NH ₄) ₂ S	Раствор	1 мл	
Дитизон	Раствор	1 мл	
(NH ₄) ₂ Hg(SCN) ₄	Раствор	1 мл	
Кверцетин	Раствор	1 мл	
ЭДТА	Раствор	1 мл	
1,5-Дифенилкарбазид	Раствор	1 мл	
NaBiO ₃	Твердое	1 г	
1-(2-Пиридилазо)-2-нафтол	Раствор	1 мл	
CHCl ₃	Жидкое	1 мл	
CCl ₄	Жидкое	1 мл	
Изоамиловый спирт	Жидкое	1 мл	
NH ₄ F	Твердое	1 г	

Диметилглиоксим	Раствор	1 мл	
Сульфосалициловая кислота	Раствор	1 мл	
KSCN	Твердое	1 г	
KNO ₂	Твердое	1 г	
Нитрозо-R-соль	Раствор	1 мл	
Na ₂ S ₂ O ₃	Твердое	1 г	
MgSO ₄	Раствор	1 мл	
AgNO ₃	Раствор	1 мл	
BaCl ₂	Раствор	1 мл	
Хлорная вода	Жидкое	1 мл	
Дифениламин	Раствор	1 мл	
FeSO ₄	Раствор	1 мл	
FeCl ₃	Раствор	1 мл	
Нитрон	Раствор	1 мл	
KI	Раствор	1 мл	
KMnO ₄	Раствор	1 мл	
Задача 2			
Анилин	Жидкое	1.85 г	
Бензальдегид	Жидкое	2.10 г	
Спирт этиловый (96%)	Жидкое		Под тягой
Задача 3			
Гептагидрат сульфата никеля(+2)	Твердое	1.00 г	В стакане на 50 мл
Пероксодисульфат аммония	Твердое		В стакане на 25 мл
Тетрагидрат гептамолибдата аммония	Твердое		В стакане на 150 мл
Спирт этиловый (96%)	Жидкое		Под тягой
Задача 4			
Тетрагидрат гептамолибдата аммония	Твердое		Навеска в бюксе
ЭДТА, 0.05 М раствор	Раствор	100 мл	Точная концентрация написана на склянке
ZnSO ₄ , 0.05 М раствор	Раствор	100 мл	Точная концентрация написана на склянке
N ₂ H ₄ ·H ₂ SO ₄	Твердый	15 г	Под тягой
H ₂ SO ₄ , 6 н раствор	Раствор	100 мл	Под тягой
NH ₃ ·H ₂ O, 25%-й раствор	Раствор	50 мл	Под тягой
Аммиачно-аммонийный буферный раствор с pH 10	Раствор	200 мл	Под тягой
Эриохромовый черный Т, смесь с хлоридом натрия в соотношении 1:100	Твердый	0.3 г	
Для всех задач			
Дистиллированная вода в промывалке	Жидкое		Заполняйте по мере необходимости

Задача 1. Качественный анализ смеси твердых солей (10 баллов)

Вопрос	1.1	1.2	1.3	1.4	Итого
Очки	0.5	1.5	1	7	10
Результат					

В основе систематического хода анализа катионов кислотно-щелочным методом лежат различная растворимость в воде хлоридов, сульфатов и гидроксидов, амфотерные свойства гидроксидов некоторых металлов и способность к образованию растворимых аммиачных комплексных соединений. Групповыми реагентами в этом методе являются растворы HCl , H_2SO_4 , NaOH и $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Анализируемый образец представляет собой смесь твердых солей, которая содержит некоторое (неизвестное) количество ионов из следующего набора: Ag^+ , Al^{3+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Co^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , NH_4^+ , Zn^{2+} ; CH_3COO^- , F^- , Cl^- , Br^- , I^- , CO_3^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , S^{2-} , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} . Половину образца отделяют и сохраняют до конца анализа. Это неприкосновенный запас, который используют в случае повторения анализа. Прежде чем приступить к систематическому ходу анализа, выполняют некоторые предварительные испытания, которые помогают при интерпретации результатов. Следует также обнаружить ряд ионов дробным методом (т.е. напрямую в смеси, без разделения ее на компоненты), используя специфические и селективные реакции, маскируя мешающие ионы.

1.1. Из приведенного в условии задачи набора ионов выпишите те, которые могут быть обнаружены в смеси твердых солей дробным методом.

1.2. Напишите уравнения реакций, которые позволяют обнаружить ионы, указанные в пункте 1.1, дробным методом (приведите по одному уравнению реакции для каждого иона). Укажите аналитические признаки написанных Вами реакций. Укажите условия проведения написанных Вами реакций, если это необходимо.

--

1.3. Исходя из предположения, что в смеси твердых солей присутствуют **все** катионы из приведенного в условии набора, составьте схему их разделения на аналитические группы с использованием кислотно-щелочного метода. Для каждого катиона укажите форму его существования после действия группового реагента.

Шаг 1	
Шаг 2	
Шаг 3	
Шаг 4	
Шаг 5	
Шаг 6	
Шаг 7	
Шаг 8	

Номер места _____

Фамилия _____

--	--

Номер места _____

Фамилия _____

1.4. Используя схему, составленную в пункте 1.3, проведите качественный анализ выданной смеси твердых солей. Запишите катионы и анионы, обнаруженные Вами.

Наблюдения:

В смеси присутствуют:

Задача 2. Синтез N-[(E)-фенилметилена]анилина (10 баллов).

Вопрос	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	Итого
Очки	0.5	6	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	10
Результат									

Поместите 2.10 г свежеперегнанного бензальдегида в круглодонную двугорлую колбу, снабжённую капельной воронкой и обратным холодильником. В капельную воронку добавьте 1.85 г свежеперегнанного анилина. При интенсивном перемешивании добавьте всё количество амина в реакционную колбу, после окончания прибавления продолжайте перемешивание в течение 15 минут. По окончании перемешивания перенесите реакционную смесь в стакан, содержащий 15 мл спирта, содержимое реакционной колбы ополосните 5 мл спирта. Поместите стакан в баню со льдом на 10 минут. Перенесите выпавший осадок в воронку со стеклянным пористым фильтром и проводите фильтрование, а затем высушивание в течение 10 минут.

2.1. Запишите уравнение реакции.

2.2. Измерьте массу продукта, рассчитайте выход и оставьте небольшое количество кристаллов для измерения температуры плавления.

Масса бюкса или бумаги для взвешивания без продукта _____ г

Масса бюкса или бумаги для взвешивания с продуктом _____ г

Масса продукта _____ г

Расчет выхода:

Выход _____ %

Номер места _____

Фамилия _____

2.3. Определение температуры плавления: поместите небольшое количество продукта в капилляр, запаянный с одной стороны. Поместите капилляр в аппарат для измерения температуры плавления, предварительно установив ожидаемую температуру плавления. Запишите результат.

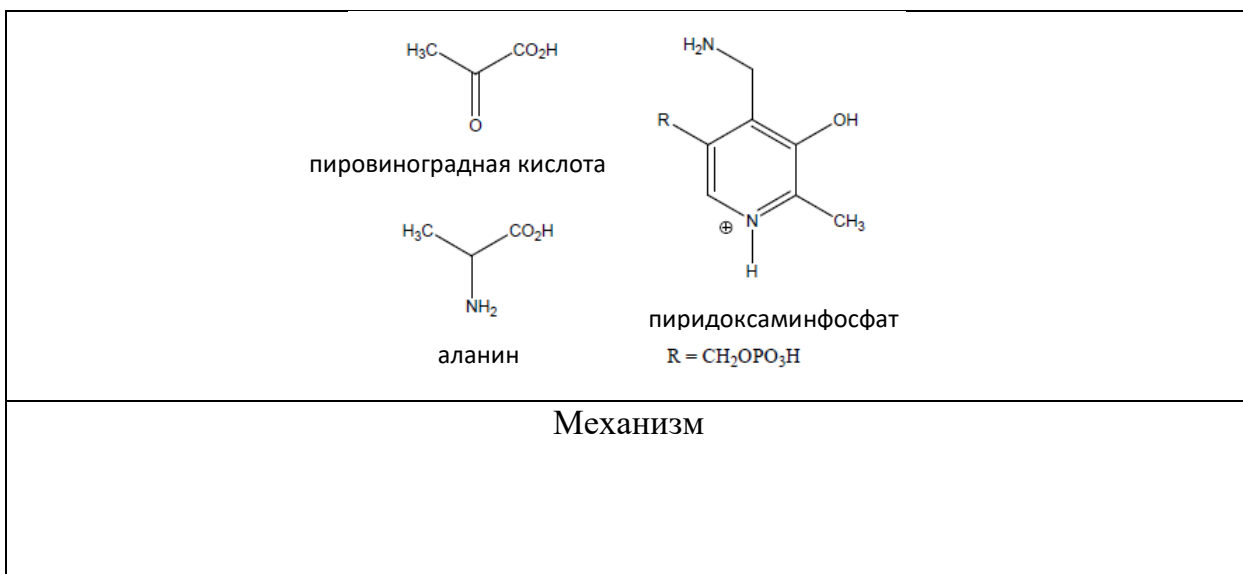
Температура плавления = _____ °С

Ответьте на теоретические вопросы:

2.4. Напишите механизм протекающей реакции. Обозначьте лимитирующую стадию процесса, написав над ней «lim».

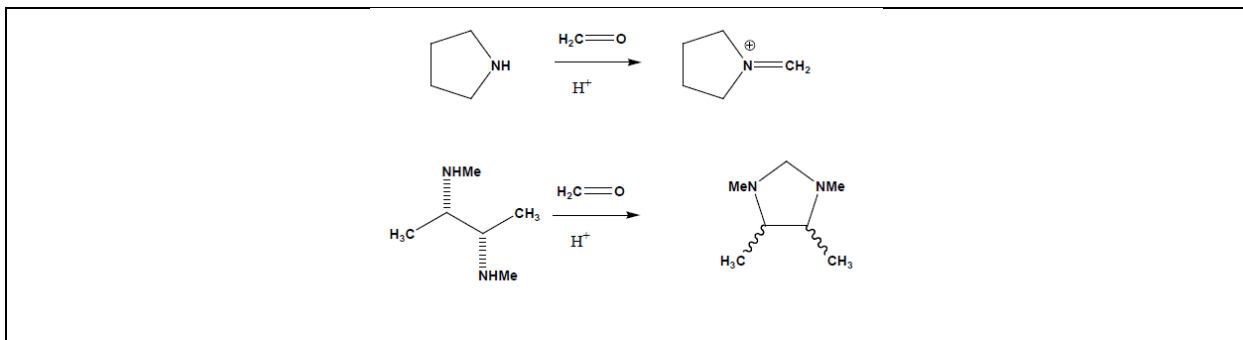
2.5. Что общего и каковы различия в образовании иминов и ацеталей?

2.6. Напишите механизм превращения пировиноградной кислоты в аланин, катализируемой при помощи производного витамина В6.



2.7. Напишите механизм восстановительного аминирования циклогексанона с использованием диметиламина и натрийцианборгидрида.

2.8. Напишите механизмы нижеприведённых реакций.



Механизмы

Задача 3. Синтез молибдоникелата(+2) аммония (10 баллов)

Вопрос	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	Итого
Очки	0.25	0.25	7	0.25	1	0.75	0.25	0.25	10
Результат									

Внимание! Вся посуда для проведения задачи 3 маркирована надписью «НХ 482». Используйте только её для проведения задачи. Все вещества для синтеза находятся в стаканах и взвешены в необходимом количестве – нужно использовать всё выданное Вам количество веществ.

Стабилизация неустойчивых степеней окисления переходных металлов может осуществляться благодаря комплексообразованию, образованию малорастворимого соединения, формированию кластерных фрагментов и в гетерополисоединениях. В данной задаче вам предстоит синтезировать гетерополисоединение, в котором никель находится в необычно высокой степени окисления +4.

Методика:

В стакан на 50 мл, содержащий 1.00 г гептагидрата сульфата никеля и магнитный мешальник, перенесите выданное количество пероксодисульфата аммония из стакана на 25 мл.

3.1. Рассчитайте необходимую массу пероксодисульфата аммония.

Масса пероксодисульфата аммония = _____ г.
--

0.25 балла

Добавьте в стакан цилиндром 13 мл дистиллированной воды и поместите на магнитную мешалку. Включите вращение и тщательно перемешайте до полного растворения солей. Выключите вращение, уберите стакан с магнитной мешалки и выньте из него мешальник удочкой. Закрепите капельную воронку в лапке штатива и перелейте раствор сульфата никеля(+2) и пероксодисульфата аммония в неё .

В стакан на 150 мл, содержащий рассчитанное по уравнению реакции количество тетрагидрата гептамолибдата аммония, добавьте 50 мл воды и поместите стакан на магнитную мешалку, аккуратно поместите в стакан мешальник.

3.2. Рассчитайте необходимую массу тетрагидрата гептамолибдата аммония.

Масса тетрагидрата гептамолибдата аммония = _____ г.
--

0.25 балла

При интенсивном перемешивании нагрейте стакан с гептамолибдатом аммония на магнитной мешалке до 95 °С. Для этого установите значение «260» на регуляторе температуры плитки. Температуру раствора контролируйте с помощью термометра.

После достижения нужной температуры раствора по каплям прилейте раствор сульфата никеля и пероксодисульфата аммония с примерной скоростью 1 капля в 3-4 секунды. Температура реакционной смеси при этом не должна опускаться ниже 90 °С. После внесения примерно половины раствора можно увеличить значение регулятора температуры мешалки до «280». По окончании добавления раствора сульфата никеля и пероксодисульфата аммония прокипятите полученную смесь в течение 7 минут при интенсивном перемешивании. Для кипячения регулятор температуры установите на значение «300».

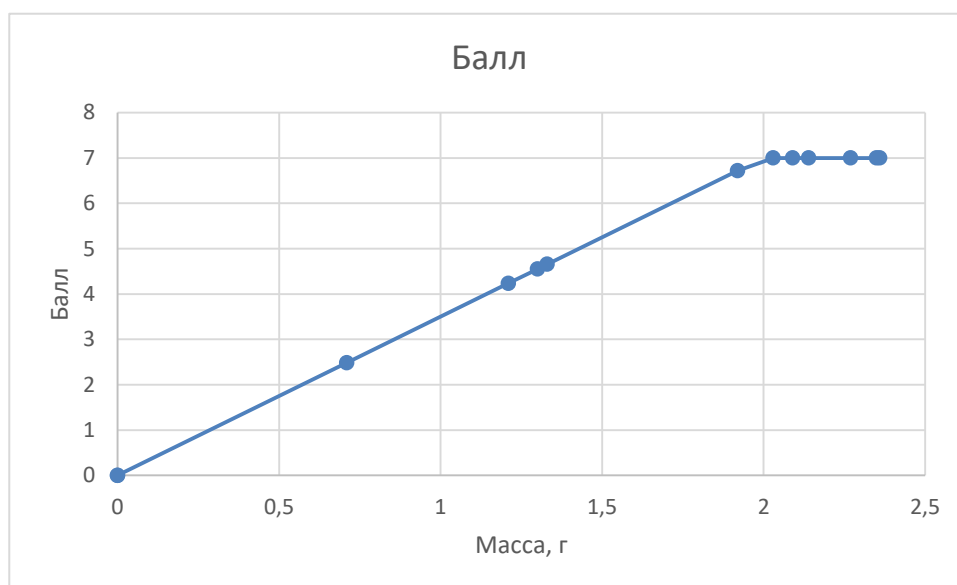
Во время кипячения приготовьте складчатый фильтр и поместите его в стеклянную воронку. Выключите нагрев и перемешивание, и аккуратно снимите стакан с полученным раствором с мешалки, выньте мешалочник. Быстро профильтруйте полученный горячий раствор через складчатый фильтр в стакан на 100 мл и оставьте полученный раствор на 40-50 минут при комнатной температуре.

Выпавшие кристаллы отделите при пониженном давлении на воронке со стеклянным фильтрующим дном. Осадок промойте дважды 20 мл дистиллированной воды, а затем 15 мл этилового спирта и сушите на фильтре в течение 3 минут.

3.3. Взвесьте полученные кристаллы в бюксе с номером места и сдайте его преподавателю.

$m_{\text{бюкса}} =$ _____ г
$m_{\text{бюкса с продуктом}} =$ _____ г
$m_{\text{продукта}} =$ _____ г

Масса продукта – максимум 7 баллов, если продукт грязный (видно по цвету), то понижающий коэффициент *0.5, если продукт вообще не того цвета или не получен, то 0 баллов.



3.4. Рассчитайте выход, учтите, что продукт выпадает в виде 6 водного гидрата.

Выход = _____ %

Расчет – 0.25 балла

Ответьте на теоретические вопросы:

Сложный анион, входящий в состав соединения $[\text{NiMo}_9\text{O}_{32}]^{6-}$, относится к структуре Андерсона.

3.5. Укажите координационное окружение никеля и молибдена в данном анионе.

КЧ (Ni) = _____	Полиэдр (Ni) – _____
КЧ (Mo) = _____	Полиэдр (Mo) – _____

3.6. С позиций теории кристаллического поля, изобразите расщепление *d*-орбиталей никеля в молибдоникелате(+4) аммония и распределите электроны них. Подпишите орбитали. Рассчитайте спиновую составляющую эффективного магнитного момента на атоме никеля.

Номер места _____

Фамилия _____

$\mu_{эфф} =$ _____

3.7. Какое примесное соединение никеля может образоваться в процессе проведения синтеза, и от которого фильтруется конечный раствор?

3.8. Предложите химический способ идентификации полученного продукта с целью доказательства высокой степени окисления никеля. Запишите уравнение химической реакции.

Задача 4. Титрование молибдена в форме молибдата (10 баллов)

Вопрос	4.1-4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	Итого
Очки	7	1	1	0.25	0.25	0.25	0.25	10
Результат								

Двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) образует с ионами молибдена(V) устойчивое внутрикомплексное соединение с эквимолярным соотношением компонентов. Определение проводят методом обратного титрования, для чего к раствору молибдена(V) добавляют стандартный раствор ЭДТА в избытке, после чего избыток комплексона оттитровывают стандартным раствором соли цинка в присутствии эриохромового черного Т в качестве металлоиндикатора.

Методика:

Выданную навеску гептамолибдата аммония перенесите через стеклянную воронку в мерную колбу объемом 100.0 мл, растворите ее в небольшом количестве дистиллированной воды, доведите раствор в колбе до метки дистиллированной водой и тщательно перемешайте, многократно переворачивая колбу. Отберите пипеткой Мора аликвоту анализируемого раствора объемом 10.00 мл в термостойкую коническую колбу для титрования емкостью 300 мл. Далее введите в раствор пипеткой Мора 10.00 мл стандартного раствора ЭДТА, добавьте 3 г сернокислого гидразина и 10 мл 6 н раствора серной кислоты, разбавьте смесь дистиллированной водой до объема 100 мл, нагрейте на магнитной мешалке с подогревом и кипятите в течение 5 мин. Затем раствор охладите, добавьте мерным цилиндром 5 мл водного раствора аммиака и 20 мл аммиачно-аммонийного буферного раствора с рН 10, внесите на кончике шпателя смесь 20–30 мг эриохромового черного Т с хлоридом натрия и тщательно перемешайте раствор до полного растворения индикаторной смеси. Титруйте стандартным раствором сульфата цинка до изменения окраски из голубой в сиреневую. Проведите титрования требуемое число раз.

4.1. Запишите результаты в таблицу:

Показания бюретки, мл		Объем раствора сульфата цинка, затраченный на титрование, мл
Исходное	Конечное	

Принятый Вами объем сульфата цинка (V): _____ мл

Параллельно проведите контрольный опыт. Для этого отберите пипеткой Мора аликвоту анализируемого раствора объемом 10.00 мл в термостойкую коническую колбу для титрования емкостью 300 мл. Прделайте те же операции, что описаны выше, но без добавления сернокислого гидразина. Проведите титрования требуемое число раз.

4.2. Запишите результаты в таблицу:

Показания бюретки, мл		Объем раствора сульфата цинка, затраченный на титрование, мл
Исходное	Конечное	

Принятый Вами объем сульфата цинка (V_{ref}): _____ мл

4.3. Рассчитайте массу гептамолибдата аммония в выданной навеске.

--

Ответьте на теоретические вопросы:

4.4. Напишите уравнения реакций, происходящих в процессе эксперимента. Для органических соединений используйте структурные формулы.

4.5. Выберите один или несколько правильных вариантов ответа из предложенных. Комплексометрическое определение молибдена(V) проводят методом обратного, а не прямого титрования из-за того, что:

- взаимодействие между молибденом(V) и ЭДТА протекает нестехиометрично;
- взаимодействие между молибденом(V) и ЭДТА характеризуется низким значением термодинамической константы равновесия;
- взаимодействие между молибденом(V) и ЭДТА характеризуется низким значением константы скорости реакции;
- нет подходящего индикатора для фиксирования конечной точки титрования.

4.6. Выберите один или несколько правильных вариантов ответа из предложенных. При определении молибдена(V) методом комплексометрического титрования контрольный опыт проводят с целью:

- улучшения правильности результатов определения;
- улучшения воспроизводимости результатов определения;
- улучшения точности результатов определения;
- улучшения чувствительности определения;
- улучшения селективности определения;

4.7. Выберите один или несколько правильных вариантов ответа из предложенных. Какие процессы следует учитывать при выборе рН буферного раствора в комплексометрическом титровании?

- изменение контрастности перехода окраски индикатора вследствие его протонирования или депротонирования;

Номер места _____

Фамилия _____

- изменение константы устойчивости комплексоната металла вследствие протонирования или депротонирования ЭДТА;
- изменение константы устойчивости комплексоната металла вследствие образования гидроксида или гидроксокомплекса металла;
- изменение стехиометрии протекания реакции вследствие протонирования или депротонирования ЭДТА;
- изменение константы устойчивости комплекса металла с индикатором вследствие протонирования или депротонирования несвязанного индикатора.

4.8. Выберите один или несколько правильных вариантов ответа из предложенных.

В какой форме находится металлоиндикатор в растворе до точки эквивалентности при комплексонометрическом титровании иона металла?

- связан в комплексонат;
- связан в комплекс с ионом металла;
- в свободном виде;
- связан в комплекс с посторонними лигандами.

Периодическая таблица с относительными атомными массами элементов

1										18							
1 H 1.008												13	14	15	16	17	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -