

58-я Международная химическая Олимпиада



Отборочный практический тур

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

23 июня 2026 г.

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 трехходовой груши. Запрещается набирать жидкость в пипетки ртом.
- 4.** Выданное Вам количество растворов ограничено. Пролитый или полностью израсходованный раствор будет заменен с наложением штрафа в 1 полный балл за каждую замену (без штрафа обходится только первая замена).
- 5.** Работа с бюреткой:
 - а) если кран бюретки открыт, закройте его перед использованием;
 - б) если при заполнении бюретки в носике остается пузырьёк воздуха, аккуратно встряхните бюретку в вертикальном положении; если не помогает, обратитесь к ассистенту;
 - в) кран бюретки может подтекать; пользуйтесь стаканом 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.** Записывайте ответы только в специально отведенных ячейках. Вы можете использовать обратную сторону листов в качестве черновика.
- 10.** Вы можете выполнять задачи в любой последовательности.
- 11.** Вы можете использовать посуду многократно. Тщательно мойте ее перед повторным использованием.
- 12.** Комплект состоит из 15 страниц, включая титульный лист и Периодическую таблицу элементов.
- 13.** Общая продолжительность экспериментального тура составляет 5 ч. После того, как прозвучит команда СТОП, Вы должны немедленно прекратить работу и сдать все листы.
- 14.** Обратите внимание, что первый долив или выдача сухого реактива не штрафуются, но начиная со второго будет штраф.

Фамилия _____

Оборудование и посуда

Наименование	Количество
Для использования в нескольких задачах	
Магнитная мешалка с нагревом	1
Стакан для жидких отходов (подписан «Waste»)	1
Нитриловые перчатки (на столе общего пользования)	1
Бумажные салфетки (на столе общего пользования)	1
Колба Бунзена и вакуумный насос (на столе общего пользования)	1 на 3-4 участников
Лабораторный штатив	1
Держатель для бюретки	1
Лапка с муфтой для рН-электрода	1
Стакан 50 мл для хранения электрода	1
Пипетка Мора 10 мл	1
Бюретка 25 мл	1
Воронка	1
Стакан 50 мл	1
Трехходовая груша	1
Пипетка Пастера	5
Цилиндр 10 мл	1
Фильтровальная бумага	10 кусочков
Напалечники	2 шт
Черный лист бумаги	1
Шпатель	1
Пинцет	1
Задача 1	
На каждого участника	
Якорь	1
Стакан 100 мл	1
Цилиндр 100 мл	1
Цилиндр 10 мл	1
Стеклянная палочка	1
Чашка Петри «Sample-1»	1
Чашка Петри «Sample-2»	1
Фильтр Шотта	1
Задача 2	
96-луночный планшет	1
Дозатор 20-200 мкл	1
Носики	12
Задача 3	
Стакан 100 мл	1
Цилиндр 25 мл	1
Задача 4	
Пипетка Мора 5.00 мл	1
Коническая колба 100 мл	1
Пипетка Мора 10.00 мл	1
Часовое стекло	1

Фамилия _____

Реактивы

Вещество	Состояние	Кол-во	Комментарий
Для использования в нескольких задачах			
Дистиллированная вода	Жидкое	500 мл	Промывалка «H ₂ O»
H ₂ SO ₄	2 М	70 мл	Банка «H ₂ SO ₄ 2 М»
Задача 1			
H ₂ O ₂	10%	10 мл	Капельница «H ₂ O ₂ »
KMnO ₄	твердое	1 г	Виала «KMnO ₄ »
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	твердое	10 г	Стакан 400 мл «Synthesis-1»
C ₂ H ₅ OH	жидкое	15 мл	Виала «C ₂ H ₅ OH»
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	твердое	1.5 г	Стакан 50 мл «Synthesis-2»
Ацетилацетон	жидкое	3 мл	Виала «Ацетилацетон»
HNO ₃ конц.	жидкое	1 мл	Виала «HNO ₃ конц.»
Задача 2			
Неизвестные образцы 1-10	жидкое	1.5 мл	Виалы «1-10»
Задача 3			
Смесь HCl и H ₃ BO ₃	жидкое	XX мл	Мерная колба «HCl+ H ₃ BO ₃ №XX»
NaOH	~0.05М (точная концентрация у преподавателя)	100 мл	Банка «NaOH»
Глицерин	жидкое	30 мл	Банка «Глицерин»
Задача 4			
Na ₂ S ₂ O ₃	0.100М	100 мл	Банка «Na ₂ S ₂ O ₃ »
Иод	~0.1М	100 мл	Банка «I ₂ »
Крахмал	1%	10 мл	Капельница «Крахмал»
Аскорбиновая кислота	твердое	XXXX г	Мерная колба «Аскорбиновая кислота»

Фамилия _____

Задача 1. Синтез неорганических соединений (10 баллов)

Вопрос	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	Итого
Очки	3	2	2	1	20	2	2	20	52
Результат									

1.) Синтез молибдоманганата (+4) аммония $(\text{NH}_4)_6[\text{MnMo}_9\text{O}_{32}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

В стакане на 400 мл у Вас находится 10 г гептамолибдата аммония. Опустите в стакан якорь и при слабом нагревании и перемешивании на магнитной мешалке, растворите его в 100 мл дистиллированной воды. Полученный раствор охладите до комнатной температуры.

Достаньте рН метр и электрод из упаковки. Подготовьте стакан с дистиллированной водой для временного хранения электрода. Снимите колпачок с электрода и промойте его дистиллированной водой. Протрите электрод фильтровальной бумагой. Закрепите электрод рН-метра в лапке над стаканом. Включите рН метр и начните измерение.

Медленно по каплям добавляйте раствор 20% H_2SO_4 пока рН не понизится до 3-3.5.

Перенесите выданный Вам перманганат калия в стакан и растворите его в 70 мл дистиллированной воды. Прилейте в стакан с гептамолибдатом аммония свежеприготовленный раствор перманганата. Нагрейте раствор в стакане при непрерывном перемешивании до 70-80 °С. По каплям (~1 капля за 5 секунд) с помощью пипетки Пастера прибавьте к раствору в стакане раствор 10% H_2O_2 до перехода фиолетовой окраски раствора в ярко-оранжевую. После перехода окраски, оставьте раствор охлаждаться сначала при комнатной температуре, после чего охладите реакционную смесь в бане со льдом, достаньте якорь пинцетом. Выпавшие кристаллы отфильтруйте при пониженном давлении на фильтре Шотта, промойте осадок 5 мл дистиллированной воды и 5 мл этилового спирта. Высушите на фильтре в течение 3-х минут. Перенесите кристаллы в чашку Петри, подписанную «Sample-1».

1.1. Напишите суммарное уравнение реакции синтеза продукта.

Фамилия _____

1.2. Рассчитайте величину ЭСКП (кДж/моль) для иона марганца, входящего в состав продукта. Справочные данные: $\Delta_o(\text{Mn}^{4+}) = 254$ кДж/моль, $\Delta_T(\text{Mn}^{4+}) = 110$ кДж/моль, энергия спаривания электронов $P = 290$ кДж/моль.

ЭСКП = _____ кДж/моль

1.3. Определите длину волны поглощения (нм), соответствующую наиболее интенсивной линии спектра в видимой области.

$\lambda_{\text{max}} =$ _____ нм

1.4. Претерпевает ли ион марганца в составе продукта искажение Яна-Теллера? Отметьте правильный вариант ответа сердечком.

☐ Да ☐ Нет

1.5. Выход и чистота продукта I (заполняется преподавателем):

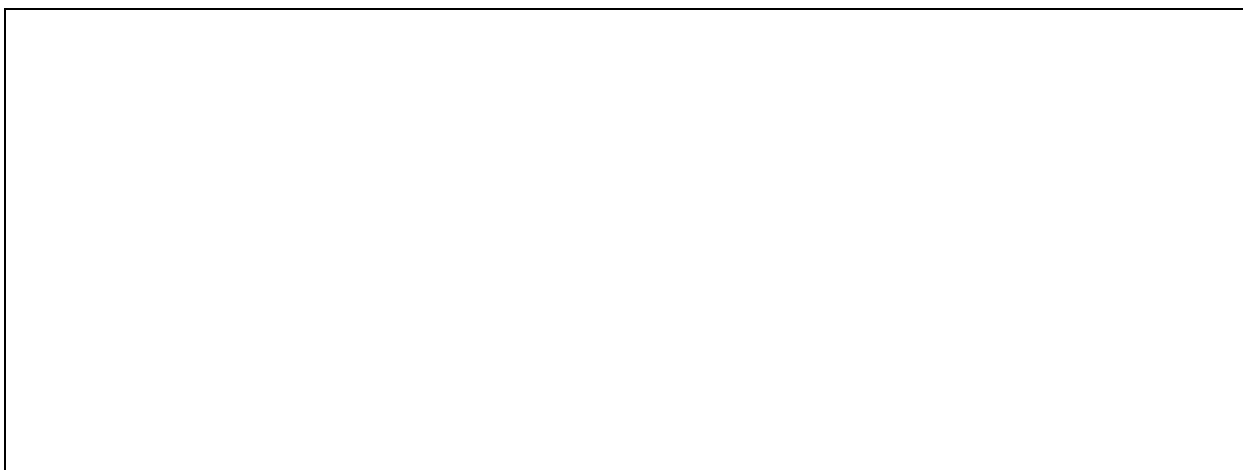
2.) Синтез бисацетилацетоната диоксомолибдена (+6) $\text{MoO}_2(\text{Acac})_2$

Растворите в стакане 1.5 г тетрагидрата гептамолибдата аммония в 5 мл воды. Поставьте стакан на магнитную мешалку и при постоянном перемешивании с помощью пипетки Пастера медленно добавляйте к полученному раствору 3 мл ацетилацетона, а затем 1 мл конц. HNO_3 . Продолжите перемешивание раствора вместе с образующимся осадком в течение 1 ч. Пинцетом достаньте якорь. Выпавший осадок отфильтруйте при пониженном давлении на фильтре Шотта, промойте водой, этанолом (по 5 мл), сушите на фильтре в течение 3 мин. Перенесите кристаллы в чашку Петри, подписанную «Sample-2».

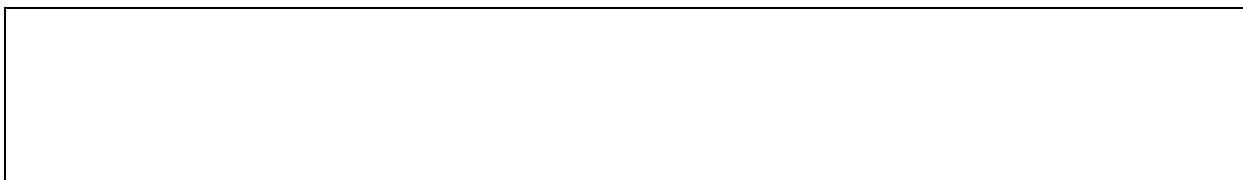
1.6. Напишите суммарное уравнение реакции синтеза продукта.

Фамилия _____

1.7. Изобразите пространственную структуру молекулы $\text{MoO}_2(\text{Asac})_2$. В явном виде выделите координационный полиэдр.



1.8. Выход и чистота продукта II (заполняется преподавателем):



Фамилия _____

Задача 2. Качественный анализ неорганических соединений (10 баллов)

Вопрос	2.1	Итого
Очки	10	10
Результат		

В пронумерованных склянках (1 - 10) находятся растворы веществ: NaCl, KI, NaOH, K₂CO₃, AlCl₃, Na₂S₂O₃, NaNO₂, KIO₃, BaCl₂, H₂SO₄. Вам необходимо установить, какое соединение находится в каждой из склянок, используя 96-луночный планшет, дозатор и реакции веществ между собой.

Напишите, какие наблюдения ожидаются при попарном смешивании веществ. Осадок обозначайте «↓», газ – «↑». Данный пункт не оценивается, его можно не выполнять – это для Вашего удобства. Уравнения реакций записывать не требуется.

	NaCl	KI	NaOH	K ₂ CO ₃	AlCl ₃	Na ₂ S ₂ O ₃	NaNO ₂	KIO ₃	BaCl ₂	H ₂ SO ₄
NaCl										
KI										
NaOH										
K ₂ CO ₃										
AlCl ₃										
Na ₂ S ₂ O ₃										
NaNO ₂										
KIO ₃										
BaCl ₂										
H ₂ SO ₄										

Фамилия _____

Запишите в таблицу Ваши наблюдения при попарном смешивании пронумерованных веществ. Осадок обозначайте «↓», газ – «↑». Данный пункт не оценивается, его можно не выполнять – это для Вашего удобства.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Фамилия _____

2.1. Идентифицируйте вещества.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Фамилия _____

Задача 3. Потенциометрическое титрование (10 баллов)

Вопрос	3.1	3.2	3.3	3.4	Итого
Очки	20	20	2	2	44
Результат					

В мерной колбе у Вас находится раствор смеси двух кислот (соляной и борной). Доведите раствор до метки дистиллированной водой. Тщательно перемешайте.

Заполните бюретку раствором NaOH. Отберите аликвоту раствора кислот пипеткой Мора на 10.00 мл в стакан на 50 мл. Добавьте 20 мл дистиллированной воды. Поместите в стакан с раствором якорь. Погрузите в раствор электрод так, чтобы якорь его не касался, закрепите электрод в лапке. Включите мешалку на слабое перемешивание. Проведите первое ориентировочное титрование, добавляя раствор NaOH порциями по 1.00 мл. Зафиксируйте первый скачок титрования (V_1).

Поднимите электрод из раствора, прибавьте в раствор 10 мл глицерина, тщательно перемешайте до полного его растворения. Погрузите электрод в раствор и продолжите титрование до второго скачка pH (V_2).

V, мл	0	1	2	3	4	5	6	7	8
pH									
V, мл	9	10	11	12	13	14	15	16	17
pH									
V, мл	18	19	20	21	22	23	24	25	
pH									

Выполните точное титрование новой аликвоты в тех же условиях, прибавляя раствор NaOH вблизи конечной точки титрования по каплям.

V, мл									
pH									
V, мл									
pH									
V, мл									
pH									

Фамилия _____

3.1. Запишите значение объема при первом скачке титрования (V_1).

$V_1 =$ _____ мл

3.2. Запишите значение объема (суммарно затраченного на аликвоту от начала ее титрования) при втором скачке титрования (V_2).

$V_2 =$ _____ мл

3.3. Рассчитайте массы (мг) HCl и H_3BO_3 в выданной Вам колбе.

$m_{\text{HCl}} =$

$m_{\text{H}_3\text{BO}_3} =$

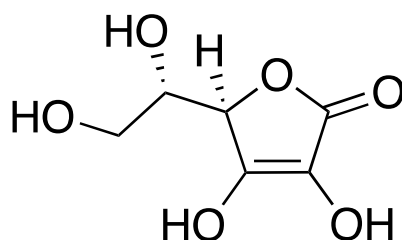
3.4. Зачем в процессе титрования добавляют глицерин? Подкрепите свой ответ уравнением реакции.

Фамилия _____

Задача 4. Определение содержания аскорбиновой кислоты (10 баллов)

Вопрос	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	Итого
Очки	15	1	1	1	2	20	2	1	43
Результат									

Структурная формула аскорбиновой кислоты:



I. Стандартизация раствора I_2 .

Запишите концентрацию $Na_2S_2O_3$ (указана на банке):

$C(Na_2S_2O_3)$ _____ М

Заполните бюретку раствором $Na_2S_2O_3$.

Аликвотную часть анализируемого раствора иода 5.00 мл перенесите в коническую колбу для титрования ёмкостью 100 мл, добавьте 5 мл 2 М H_2SO_4 , разбавьте дистиллированной водой до 50 мл. Титруйте раствором $Na_2S_2O_3$ до слабожелтого окрашивания раствора. Затем добавьте 0.5 мл раствора крахмала и титруйте до исчезновения окрашивания.

4.1. Запишите в таблицу объем раствора $Na_2S_2O_3$, затраченного на титрование раствора иода (V_{cp}):

Титрование №	1	2	3	4	5
Начальный объем, cm^3					
Конечный объем, cm^3					
Объем, израсходованный на титрование, cm^3					

Объем, принятый Вами в качестве ответа, V_{cp} : _____ cm^3

4.2. Запишите уравнение реакции взаимодействия иода с $Na_2S_2O_3$ в кислой среде.

Фамилия _____

4.3. Какого цвета стала окраска раствора после добавления крахмала? Отметьте подходящий вариант.

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| ☐ Синий | ☐ Оранжевый |
| ☐ Красный | ☐ Зеленый |
| ☐ Желтый | ☐ Фиолетовый |

4.4. Рассчитайте точную концентрацию иода (в моль/л) в выданном Вам растворе.

Расчеты:

$C(I_2) =$ _____ моль/л

4.5. Какие процессы могут протекать с $Na_2S_2O_3$ при хранении. Напишите не менее 2-х реакций.

II. Определение содержания аскорбиновой кислоты

В мерной колбе находится навеска аскорбиновой кислоты, растворите ее в дистиллированной воде, разбавьте дистиллированной водой до метки и хорошо перемешайте.

В коническую колбу для титрования перенесите аликвоту 10.00 мл раствора аскорбиновой кислоты. Добавьте 5 мл раствора H_2SO_4 и 10.00 мл раствора иода. Накройте колбу часовым стеклом и выдерживайте 5 минут для полноты протекания реакции. Титруйте раствор в колбе раствором $Na_2S_2O_3$ до светло-желтой окраски. Добавьте 0.5 мл крахмала и продолжайте титрование до исчезновения окраски.

4.6. Запишите в таблицу объем $Na_2S_2O_3$, затраченного на титрование аскорбиновой кислоты (V_{cp}):

Титрование №№	1	2	3	4	5
Начальный объем, см ³					
Конечный объем, см ³					
Объем, израсходованный на титрование, см ³					

Объем, принятый Вами в качестве ответа, V_{cp} : _____ см³

Фамилия _____

4.7.Рассчитайте массу аскорбиновой кислоты (мг) в выданной Вам навеске, запишите ее.

Расчеты:

m(аскорбиновая кислота) = _____ мг

4.8.Напишите уравнение реакции взаимодействия аскорбиновой кислоты с иодом (для органических веществ используйте структурные формул).