



Город

Участник

5-ая Олимпиада мегаполисов



Химия

Практический тур

17 декабря 2020 года



Инструкция. Общие положения

- **Правила техники безопасности:** следуйте общепринятым правилам проведения химического эксперимента; в течение всего времени пребывания Вы обязаны носить лабораторный халат и защитные или корректирующие очки; в лаборатории запрещается принимать пищу и пить.
- **Нарушение правил техники безопасности:** Вам будет сделано лишь одно предупреждение; в случае повторного нарушения Вы будете дисквалифицированы.
- **Тур состоит из двух частей:** заданий по неорганической и аналитической химии. Выполняйте задания строго в предложенной Вам последовательности.
- **Время:** на выполнение всех заданий практического тура отводится 4 ч. За 30 мин до окончания будет сделано соответствующее объявление.
- **Используйте только калькулятор и ручку.**
- Обратитесь к Вашему преподавателю, если у Вас возникли **вопросы** по технике безопасности или Вам нужно выйти в туалет.
- Аккуратно сливайте **жидкие отходы** в раковину.
- Записывайте **ответы только в предназначенных для этого местах** в буклете; ответы, записанные в других местах, оцениваться не будут. Приводите расчеты везде, где это требуется.
- **После команды «стоп»** отложите буклет в сторону и оставьте его на рабочем месте.
- **Вы должны прекратить работу, как только прозвучит команда «стоп».** Задержка на 2 минуты приведет к нулевому результату за выполняемую часть задачи.
- **Вы можете использовать некоторую посуду в течение тура несколько раз. Мойте ее тщательно.**
- **Данный буклет с задачей по неорганической и аналитической химии состоит из 12 страниц (включая титульный лист и периодическую таблицу элементов).**

Посуда и оборудование	
Перчатки	1 пара
Напалечники для обращения с горячими предметами	1 пара
Стакан химический на 50 или 100 мл	4 шт.
Стакан химический на 250 мл	2 шт.
Кристаллизатор или баня	2 шт.
Цилиндр мерный на 10 мл	2 шт.
Стеклянная палочка	2 шт.
Шпатель	1 шт.
Газовая горелка с асбестовой сеткой на треноге/штативе или электроплитка	1 шт.
Спички (в случае использования горелки)	1 коробок
Весы с точностью не ниже 0.001 г	1 шт. на 2 участников
Фильтровальная бумага или бумажный фильтр (подходящая по размеру к стеклянной воронке)	10 шт.
Воронка стеклянная	2 шт.
Штатив лабораторный с кольцом и лапками	1 шт.
Лед	~ 1 кг
Калька или пластмассовые емкости для взвешивания реактивов	10 шт.
Промывалка с дистиллированной водой	1 шт.
Часовое стекло для взвешивания (опционно)	2 шт.
Капельная воронка на 50 мл	1 шт.
Ступка с пестиком	1 шт.
Оптический микроскоп	1 шт. на 2 участников
Термометр	1 шт.
Лабораторный штатив с держателем для бюретки	1 шт.
Бюретка на 25 мл	1 шт.
Пипетка градуированная или пипетка Мора на 10 мл	2 шт.
Стакан маленький под бюретку	1 шт.
Мерный цилиндр на 100 мл	2 шт.
Колба коническая на 250 мл	4 шт.
Колба мерная на 100 мл	3 шт.
Воронка для заполнения бюретки	1 шт.
Стакан 50 или 100 мл с носиком (для заполнения бюретки)	1 шт.
Пипетатор или 3-ходовая груша	1 шт.
Часовое стекло (для накрывания конической колбы) или воронка по диаметру горла колбы	2 шт.
Пипетка для отбора жидкости (например, пипетка Пастера)	5 шт.
Чашка Петри	2 шт.



Город

Участник

Реактивы	
Хлорид натрия технический	200 г
Дихромат калия	8 г
Серная кислота концентрированная (~94%)	10 мл
Спирт этиловый (96%)	20 мл
Соляная кислота (24%)	8 мл
Универсальная индикаторная бумага	5 полосок
Бура	10 г
Гидрокарбонат натрия	10 г
Хлорид натрия	10 г
Агар-агара 0.1% раствор (или желатин, 5 г)	10 мл
Флуоресцеин (или натриевая соль флуоресцеина 1 г или дихлорфлуоресцеин 1 г или натриевая соль дихлорфлуоресцеина 1 г или крахмал 10 г плюс дифенилкарбазон 1 г)	1 г



Вопрос	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	D1	D2	D3	D4	E1	E2	E3	Всего
Баллы	15	3	2	2	2	2	2	3	15	3	2	15	2	8	20	4	100
Результат																	

Задача 1. Неорганический синтез и химический анализ соединений хрома.

Химические производства находятся во многих крупных городах мира. Они обеспечивают рабочими местами жителей этих городов и позволяют производить необходимые товары, но, несмотря на все усилия, могут быть источниками загрязнения окружающей среды. Допустимые концентрации для разных веществ различны. Чтобы контролировать загрязненность окружающей среды, необходимо знать не только вещество-загрязнитель, но и возможные пути его превращения в другие соединения. Вам предлагается осуществить синтезы двух веществ с последующим анализом одного из них, используя в качестве исходного вещества одно и то же соединение хрома.

Часть А. Взвесьте на весах порцию дихромата калия массой примерно 4 г и запишите точную массу:

Масса = _____ г

Перенесите взвешенную порцию в ступку и разотрите в вытяжном шкафу. Возьмите химический стакан емкостью 50 мл, в вытяжном шкафу перенесите в него дихромат калия и прилейте 8 мл 24% раствора соляной кислоты. Смесь подогрейте при постоянном перемешивании так, чтобы весь дихромат калия растворился. Не доводите раствор до кипения. Растворение соли при нагревании необходимо проводить в вытяжном шкафу. После того, как все кристаллы растворятся, нагрев следует прекратить и дать стакану с содержимым остыть до комнатной температуры. Через 15 минут выпавшие кристаллы отфильтруйте на стеклянной воронке с бумажным фильтром, для чего перенесите все кристаллы с раствором на фильтр и дайте основной массе раствора стечь. Оставшиеся на фильтре кристаллы перенесите на чашку Петри, накройте их еще одним фильтром и надавите через фильтр на кристаллы, чтобы максимально удалить оставшийся раствор.

A1. Взвесьте полученное вещество и рассчитайте выход. Попросите ассистента в лаборатории сфотографировать показания весов и взвешиваемый продукт так, чтобы они были на одной фотографии. Присоедините эту фотографию к работе, назвав файл «Product 1».

Масса продукта = _____ г

Расчет:

Выход = _____ %

Максимум 13 баллов за выход (схема оценки будет дана позже), 2 балла за расчет



A2. Рассмотрите кристаллы полученного продукта и исходного дихромата калия под микроскопом. Изобразите их форму и сравните их цвет.

Форма кристаллов: призматические игольчатые
 $K_2Cr_2O_7$ полученное соединение

Окраска кристаллов близки по цвету совершенно отличаются по цвету

По 1 баллу за каждую форму и информацию об окраске

Часть В. Взвесьте на весах примерно 2.5 г дихромата калия и запишите точную массу:

Масса = _____ г

В стакан емкостью 50 мл налейте 25 мл воды и растворите там порцию дихромата калия. В вытяжном шкафу к получившемуся раствору **аккуратно** при интенсивном перемешивании добавьте 10 мл концентрированной (94-98%) серной кислоты. В результате добавления кислоты раствор разогревается, поэтому сначала охладите его до комнатной температуры, а затем поставьте стакан с раствором в кристаллизатор с охлаждающей смесью (вода со льдом).

B1. Наблюдается ли изменение окраски раствора? Если да, то чем это можно объяснить (запишите реакцию)?

Изменение окраски раствора:

Да Нет

1 балл

Если «Да», то запишите реакцию:

$3Cr_2O_7^{2-} + 2H^+ = 2Cr_3O_{10}^{2-} + H_2O$ или сходная реакция

1 балл

В капельную воронку налейте 7 мл этилового спирта и закрепите капельную воронку в штативе над стаканом с раствором. Добавляйте медленно, по каплям этиловый спирт к раствору в стакане при непрерывном перемешивании. Используя термометр, следите за тем, чтобы температура в растворе не поднималась выше 40°C.

После завершения реакции прикройте стакан часовым стеклом или фильтровальной бумагой и оставьте охлаждаться.

B2. Запишите уравнение протекающей реакции.

$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3CH_3CH_2OH = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3CH_3CHO + 7H_2O$

2 балла



В3. Какого цвета получившийся раствор?

- | | |
|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Бордовый | <input type="checkbox"/> Голубой |
| <input type="checkbox"/> Красный | <input type="checkbox"/> Синий |
| <input type="checkbox"/> Оранжевый | <input checked="" type="checkbox"/> Фиолетовый |
| <input type="checkbox"/> Желтый | <input type="checkbox"/> Коричневый |
| <input type="checkbox"/> Зеленый | <input type="checkbox"/> Черный |
| <input type="checkbox"/> Бесцветный | |

2 балла

В4. Какие частицы обуславливают окраску получившегося раствора?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ | <input type="checkbox"/> Cr^{3+} |
| <input checked="" type="checkbox"/> $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ | <input type="checkbox"/> $[\text{Cr}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_5]^+$ |
| <input type="checkbox"/> Cr^{2+} | <input type="checkbox"/> $[\text{Cr}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ |
| <input type="checkbox"/> $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ | <input type="checkbox"/> $\text{Cr}(\text{OH})_3$ |
| <input type="checkbox"/> $\text{Cr}(\text{OH})_2$ | <input type="checkbox"/> K^+ |

2 балла

Переходите к выполнению следующей части работы, а к раствору, полученному в Части В, Вы вернетесь позже.

Часть С. Количественный анализ. Приготовление растворов.

Приготовьте **один** из указанных ниже растворов индикатора:

Флуоресцеин (дихлорфлуоресцеин). Приготовьте 5 мл 0.2% раствора индикатора (0.01 г) в 60-70% этаноле.

Флуоресцеин (дихлорфлуоресцеин) натриевая соль. Приготовьте 5 мл 0.2% раствора индикатора (0.01 г) в дистиллированной воде.

Дифенилкарбазон. Приготовьте 5 мл 0.2% раствора индикатора (0.01 г) в 60-70% этаноле.

Рабочие растворы.

Раствор крахмала. Приготовьте 20 мл 0.4% раствора крахмала (0.08 г) в дистиллированной воде.

Раствор желатина. Приготовьте 25 мл 0.1% раствора желатина (0.025 г) в дистиллированной воде.

Раствор нитрата серебра. Приготовьте 100 мл 0.1 М раствора нитрата серебра.

Часть D. Стандартизация раствора нитрата серебра по хлориду натрия.

При использовании в качестве индикатора флуоресцеина или дихлорфлуоресцеина или их натриевых солей взвесьте на весах примерно 0.6 г хлорида натрия и запишите точную массу:

Масса = _____ г

Количественно перенесите навеску хлорида натрия в мерную колбу на 100 мл. Доведите дистиллированной водой до метки. Аликвотную часть раствора хлорида натрия 10.00 мл пипеткой перенесите в коническую колбу для титрования объемом 250 мл, добавьте 10 мл дистиллированной воды и 3-5 капель индикатора. Титруйте раствором нитрата серебра до резкого перехода цвета из белого в розовый.

При использовании в качестве индикатора дифенилкарбазона взвесьте на весах примерно 0.6 г хлорида натрия и запишите точную массу:

Масса = _____ г

Количественно перенесите навеску хлорида натрия в мерную колбу на 100 мл. Доведите дистиллированной водой до метки. Аликвотную часть раствора хлорида натрия 10.00 мл пипеткой перенесите в коническую колбу для титрования объемом 250 мл, добавьте 10 мл дистиллированной воды. Проверьте pH раствора по индикаторной бумаге (должен быть около 7), при необходимости нейтрализуйте раствор гидрокарбонатом натрия или бурой. Добавьте 2 мл раствора крахмала и 5-8 капель индикатора. Титруйте раствором нитрата серебра до перехода цвета из светло-красного в фиолетовый.

D1. Рассчитайте точную концентрацию раствора хлорида натрия.

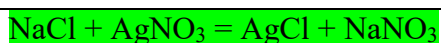
Расчет:

$$c = m / (V * M)$$

2 балла

Концентрация раствора NaCl = около 0.100 М. 1 балл за верный диапазон

D2. Запишите уравнение проведенной химической реакции.



2 балла

D3. Запишите результаты титрования. **Максимум 15 баллов (схема оценки будет дана позже)**

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

Объем, принятый Вами в качестве ответа, V_{reply} 1: _____ см³

**D4.** Рассчитайте концентрацию раствора нитрата серебра.

Расчет:

$$c_1 V_1 = c_2 V_2$$

2 балла

Концентрация нитрата серебра = _____ М.

После того, как Вы стандартизуете раствор нитрата серебра, стакан с раствором, полученным в Части В, поставьте в кристаллизатор с охлаждающей смесью (льдом, перемешанным с техническим хлоридом натрия).

Часть Е. Определение ионов, содержащихся в кристаллах, полученных в Части А.

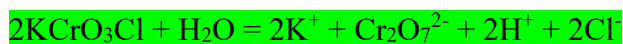
Взвесьте примерно 0.9 г полученных в Части А кристаллов и запишите точную массу:

Масса = _____ г.

Перенесите количественно взвешенный образец в мерную колбу на 100 мл, добавьте дистиллированной воды до середины колбы, растворите осадок легким взбалтыванием, после чего доведите раствор до метки и тщательно перемешайте. Аликвотную часть раствора (10.00 мл) пипеткой перенесите в коническую колбу для титрования. По индикаторной бумаге определите рН раствора, добавьте на кончике шпателя гидрокарбонат натрия (или буру) для достижения значения рН 7-8. Отметьте изменение цвета раствора. К анализируемому раствору добавьте 5 мл раствора желатина (или 2 мл раствора агар-агара) и 15 мл дистиллированной воды. Титруйте стандартизованным раствором нитрата серебра до изменения цвета раствора на оранжево-коричневый, не исчезающий в течение 30 с.

E1. Запишите уравнения проведенных химических реакций в ионном виде, наблюдения за изменением цвета, а также предположите, какой ион титруют.

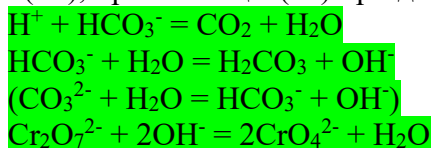
Реакция, протекающая при растворении кристаллов:



Какой цвет раствора?

- | | |
|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Бордовый | <input type="checkbox"/> Голубой |
| <input type="checkbox"/> Красный | <input type="checkbox"/> Синий |
| <input checked="" type="checkbox"/> Оранжевый | <input type="checkbox"/> Фиолетовый |
| <input type="checkbox"/> Желтый | <input type="checkbox"/> Коричневый |
| <input type="checkbox"/> Зеленый | <input type="checkbox"/> Черный |
| <input type="checkbox"/> Бесцветный | |

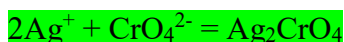
Реакция(ии), протекающая(ие) при добавлении гидрокарбоната натрия:



Какой цвет раствора?

- | | |
|--|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Бордовый | <input type="checkbox"/> Голубой |
| <input type="checkbox"/> Красный | <input type="checkbox"/> Синий |
| <input type="checkbox"/> Оранжевый | <input type="checkbox"/> Фиолетовый |
| <input checked="" type="checkbox"/> Желтый | <input type="checkbox"/> Коричневый |
| <input type="checkbox"/> Зеленый | <input type="checkbox"/> Черный |
| <input type="checkbox"/> Бесцветный | |

Реакция, объясняющая изменение цвета осадка в конце титрования:



Титруют ион: Cl⁻ по 1 баллу за каждую реакцию или выбор

E2. Запишите объемы титрования. **Максимум 20 баллов (схема оценки будет дана позже)**

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

Объем, принятый Вами в качестве ответа, V_{reply 2}: _____ см³

E3. Рассчитайте, сколько молекул воды приходится на одну молекулу соединения.

Расчет:

3 балла за любой разумный расчет и правильный ответ.

Формула кристаллогидрата. Соотношение безводной соли и воды: _____ .

Часть В (продолжение). По окончании количественного анализа продолжите работу с раствором, помещенным в охлаждающую смесь.

Выпавшие кристаллы отфильтруйте на воронке с бумажным фильтром. Промойте их 5 мл этанола. Перенесите кристаллы на сухую фильтровальную бумагу или фильтр, накройте кристаллы сверху сухой фильтровальной бумагой или фильтром и сильно надавите через фильтр на кристаллы, чтобы максимально удалить растворитель.

В5. Напишите формулу синтезированного соединения.

$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ или $K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ или $[K(H_2O)_6][Cr(H_2O)_6](SO_4)_2$
2 балла

Отберите несколько кристаллов и рассмотрите их под микроскопом.

В6. Какую форму имеют эти кристаллы? Изобразите кристаллы.

Призматические

3 балла

В7. Перенесите кристаллы на чашку Петри или часовое стекло, взвесьте и рассчитайте выход. Попросите ассистента в лаборатории сфотографировать показания весов и взвешиваемый продукт так, чтобы они были на одной фотографии. Присоедините этот фотографию к работе, назвав файл «Product 2».

Масса продукта = _____ г

Расчет:

Выход = _____ %

Максимум 13 баллов за выход (схема оценки будет дана позже), 2 балла за расчет

Периодическая таблица с относительными атомными массами элементов

	1																18	
	1 H 1.008	2																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										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 -