

Химическая олимпиада имени Германа Гесса
Заключительный этап
Теоретический тур

(ФИО участника)

(населенный пункт, школа, класс)

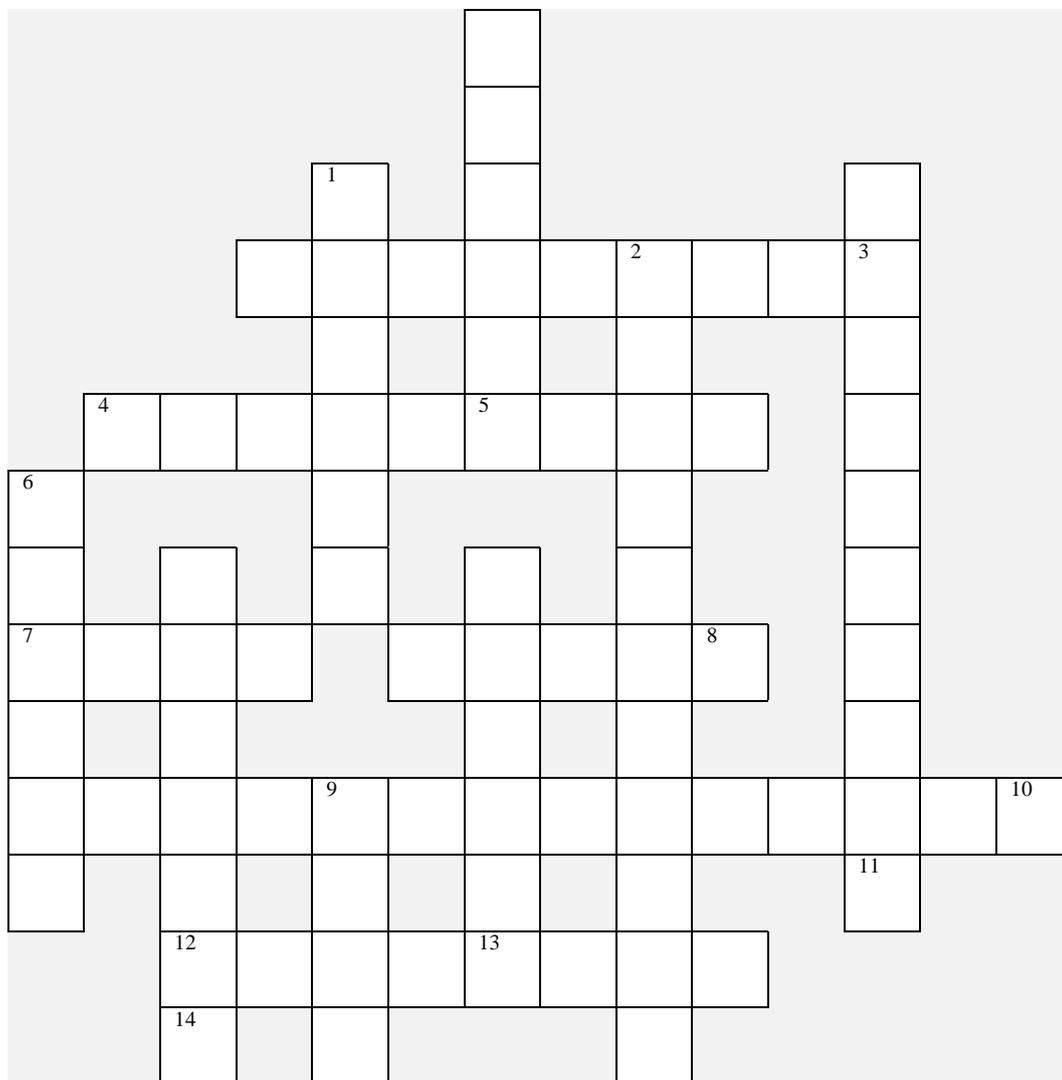
Москва, 2 мая 2021

Заполняется проверяющими:

Задача 1	Задача 2	Задача 3	Задача 4	Задача 5	Задача 6	Сумма

Задача 1. На все четыре стороны (20 баллов)

Вашему вниманию предлагается кроссворд. Ответы на его задания могут быть вписаны в любом направлении.



По горизонтали, слева направо:

- 4. Название процесса сольволиза в случае нитрида триводорода.
- 7. Источник субстанции, которая дала калию его *английское* название.
- 12. В некотором атоме заряд ядра -1 . Какая частица вокруг этого ядра вращается?

По горизонтали, справа налево:

- 3. Соль, однажды сыгравшая важную роль в становлении органической химии.
- 8. Элемент, названный в честь планеты, открытой вскоре после Урана.
- 10. Сульфат с широко известным тривиальным названием.

По вертикали, сверху вниз:

1. Устаревшее собирательное название ряда отдалённо схожих веществ – в частности, плавикового шпата, поваренной соли и сулемы.
2. Некая частица, про которую известно следующее: все связи в ней ковалентные, а заряд нулевой.
6. Абсолютно необходимое условие получения фтора в чистом виде.
9. Из ЭТИХ персонажей химику ближе всего, пожалуй, либо Урания (из-за имени), либо Каллиопа (по сфере ответственности). О ком речь?

По вертикали, снизу вверх:

5. Кого или что Ломоносов называл «подонком»?
11. Явление, косвенно «ответственное» за запах после грозы.
13. Металл с переменной степенью окисления, образующий щёлочь.
14. Железная окалина $FeFe_2O_4$ – один из наиболее известных представителей веществ ТАКОГО структурного типа.

Бланк ответов на кроссворд (сюда записывайте слова в обычном нормальном порядке):

По горизонтали	По вертикали
3 —	1 —
4 —	2 —
7 —	5 —
8 —	6 —
10 —	9 —
12 —	11 —
	13 —
	14 —

Задача 2. В начале было... часть 2 (20 баллов)

Восстановите левые части реакций и уравняйте их. Каждое многоточие соответствует ровно одному веществу.

- 1) ... + ... (0°C) → KClO + KCl + H₂O
- 2) I₂ + KOH (0°C) → ... + ... + ...
- 3) CuSO₄ + KBr + SO₂ + H₂O → H₂SO₄ + ... + ...
- 4) CrO₃ + Cl₂O₆ → ClO₂ + O₂ + ...
- 5) ... + ... + ... → NaBrO₄ + NaF + H₂O

Бланк ответов на задание

Номер реакции	Уравнение реакции
1	
2	
3	
4	
5	

Задача 3. Задача о трансмутации (20 баллов)

Ниже приведен синтез чрезвычайно важного для современной медицины неорганического препарата, сильно помогающего в диагностике опухолевых заболеваний.

В природе элемент **W** состоит из 7 изотопов:

^{92}W	^{94}W	^{95}W	^{96}W	^{97}W	^{98}W	^{100}W
15,68%	9,12%	15,70%	16,50%	9,45%	23,75%	9,62%

Фольгу из **W** облучили в ядерном реакторе нейтронами (**реакция 1**). Потом ее растворили в азотной кислоте (**реакция 2**), при этом выделился оксид азота (II). После этого продукты ввели в реакцию с избытком NaOH (**реакция 3**). Среди всех продуктов последней реакции особый интерес представляет соль **X**, которую сорбируют (практически «намертво» закрепляют) на оксиде алюминия. **X** на оксиде алюминия оставляют на некоторое время в свинцовой ампуле, где происходит превращение **X** в **Y** (**реакция 4**). Образовавшийся **Y** смывают изотоническим раствором хлорида натрия.

Соль **X** содержит в своем составе три элемента, массовая доля кислорода в ней составляет 30,62%, а два других элемента составляют 22,01% и 47,37% массы соли **X**. **Y** содержит в своем составе три элемента, массовая доля кислорода в ней составляет 34,41%, а два других элемента составляют 53,23% и 12,36% массы соли **Y**.

1. Запишите уравнения **реакций 1–3**, приводящих к образованию **X**. Схематически запишите **реакцию 4**. К какому классу реакций относится превращение 4?

2. Что такое изотонический раствор?
3. Предположите, как вещество **Y** используется в медицине?

Стоит отметить, что **Y** проявляет окислительные свойства. Их можно продемонстрировать, сравнив **Y** с аналогичным соединением **Z**, воспользовавшись периодическим законом. Например, **Y**, подобно **Z**, способен взаимодействовать с сульфитом натрия в нейтральной и слабокислой среде.

4. Какое соединение вы выберете на роль **Z**? Запишите уравнение реакции **Y** с сульфитом натрия.

5. Предложите еще одну реакцию, демонстрирующую окислительно-восстановительные свойства **Y**.

6. Почему один из элементов в соли **Y** надо было предсказать Менделееву, чтобы вообще задуматься о его существование? Почему у химиков 18–19 века не было шансов открыть его?

Задача 4. Полимеры (20 баллов)

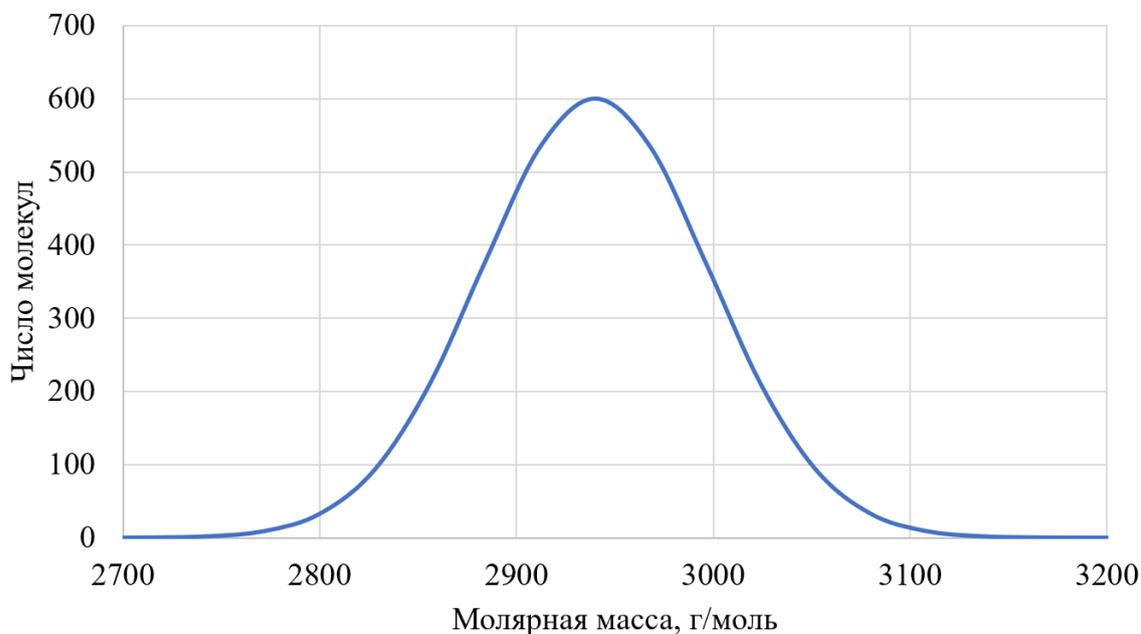
*«Все на свете из пластмассы, и вокруг пластмассовая жизнь»
группа Сплин*

В современной промышленности полимеры играют важнейшую роль. Однако со многими из них мы встречаемся каждый день в быту. Примерами таких соединений являются полимеры на основе этена (**A**) и тетрафторэтена (**B**).

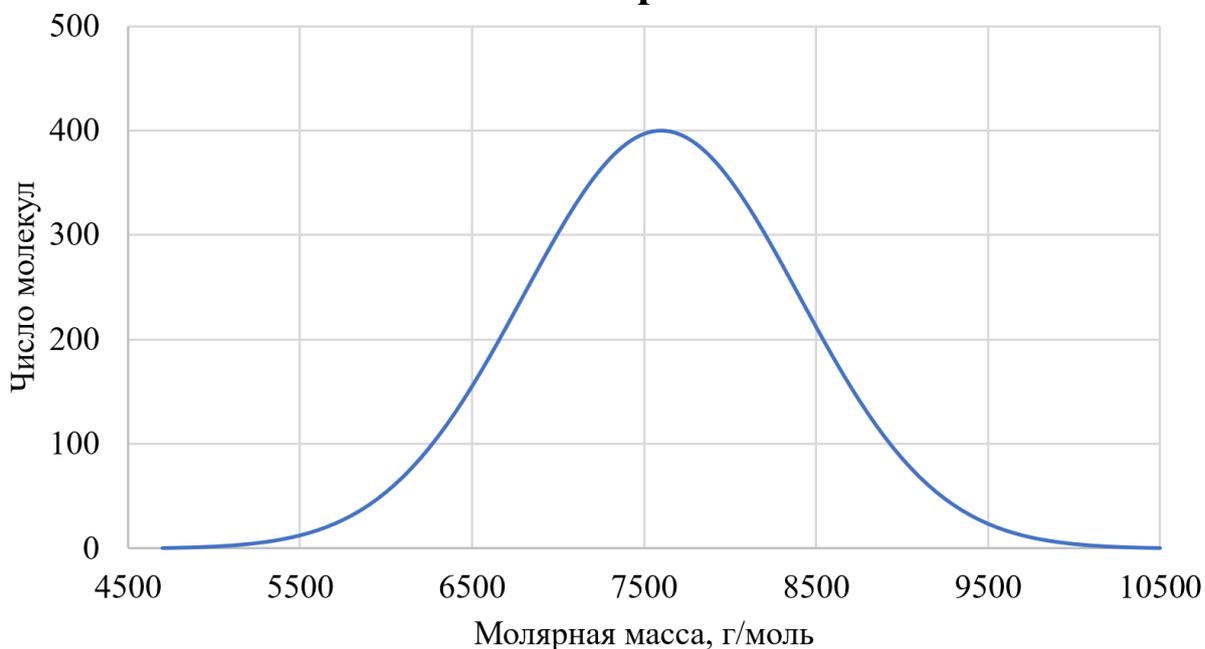
1. Напишите уравнения реакций получения соответствующих полимеров, приведите их тривиальные названия и укажите, где они могут быть использованы.

В лаборатории Химического факультета был проведён синтез данных полимеров. В ходе их исследований была получена следующая диаграмма распределения числа молекул полимера от их молярной массы.

Полимер А



Полимер Б



2. С помощью данной зависимости оцените среднюю степень полимеризации для каждого полимера.

Данные синтезы являлись практической работой двух студентов третьего курса, причём студент А получал полимер на основе этена, а студент Б — на основе тетрафторэтена. Известно, что преподаватель группы ставит зачёт, если отношение ширины пика на его полувысоте к средней молярной массе полимера составляет не более, чем 0,100, в противном случае работу придётся переделывать. Данный параметр является показателем однородности полученного полимера, а, следовательно, качества работы студента.

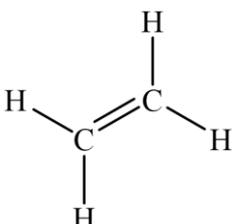
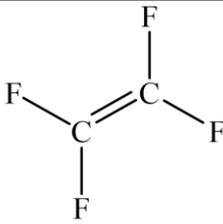
3. Помогите преподавателю оценить работу студентов, оценив требуемое соотношение. Укажите, кто из них получит зачёт.

Справочные данные:

- 1) Степень полимеризации n :

$$n = \frac{M_{\text{ср}}}{M_{\text{мономера}}}, M_{\text{ср}} - \text{средняя молярная масса полимера}$$

- 2) Химические формулы исходных мономеров:

Этен	Тетрафторэтен
	

- 3) Чтобы найти полувысоту, нужно определить среднее значение по оси Y между верхней точкой пика и фоновым сигналом (нулевым в данном случае)

Задача 5. Авиация (20 баллов)

*«Воздухоплавание не было ни наукой, ни отраслью промышленности.
Оно было чудом!»*

Игорь Сикорский

Авиация, появившаяся в самом начале 20 века, быстро нашла своё применение как в гражданских, так и в военных целях. Лёгкие, быстрые и неуловимые самолёты стали по-настоящему грозным оружием в умелых руках, борьба с ними представляла собой крайне сложную задачу, ведь далеко не каждое попадание по корпусу приводило к крушению.

Параллельно с развитием самолётостроения ускоренными темпами шло усовершенствование средств борьбы с ними — активно создавались патроны, содержащие в себе белый порошок **A** хлорида металла **M**, содержащий 26,114% хлора по массе и являющийся довольно токсичным веществом. В результате взаимодействия **A** с простым веществом **B**, которое является основным компонентом фюзеляжей самолётов, образуется соединение **C**, которое быстро и легко окисляется кислородом воздуха с образованием **D**.

1. Расшифруйте вещества **A–D** и определите металл **M**, напишите уравнения протекающих реакций

В лаборатории был получен ряд соединений элемента **M** и изучены их свойства. При растворении металла **M** в концентрированной азотной кислоте образуется соль **E**, добавление к которой раствора гидроксида натрия приводит к образованию жёлтого осадка оксида **F**. При взаимодействии **F** с водным раствором аммиака образуется ярко-жёлтый дигидрат основания **G** ($\omega(M) = 85,685\%$), которое имеет своё тривиальное название. Реакция между **E** и иодидом калия приводит к комплексному соединению **H**, в котором анион имеет форму тетраэдра (правильного геометрического тела с 4 вершинами). Взаимодействие **H** с хлоридом аммония в среде гидроксида калия сопровождается образованием бурого осадка **J**, представляющего собой моногидрат иодида основания **G** ($\omega(M) = 71,609\%$).

2. Расшифруйте формулы веществ **E–J**, напишите уравнения протекающих реакций

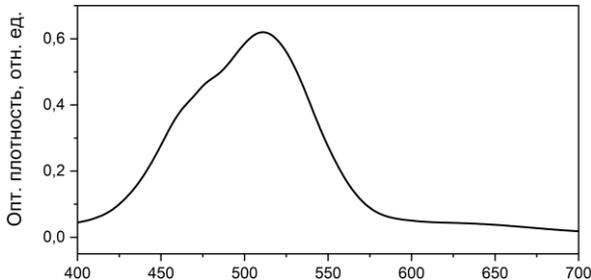
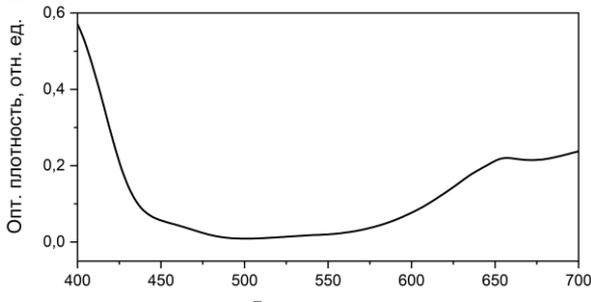
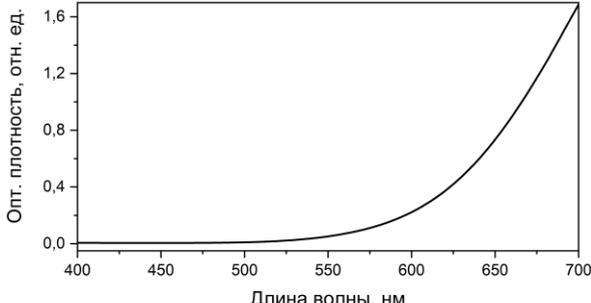
3. Какое тривиальное название носит основание **G**?

1. Предскажите, какой цвет будут иметь смеси растворов следующих соединений, а также дайте пояснения к своему ответу основываясь на справочных данных и цветовых кругах:

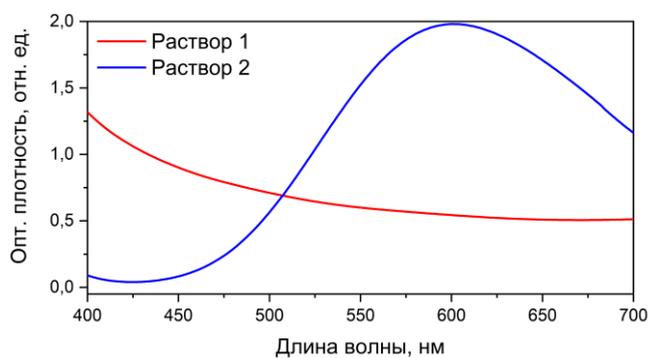
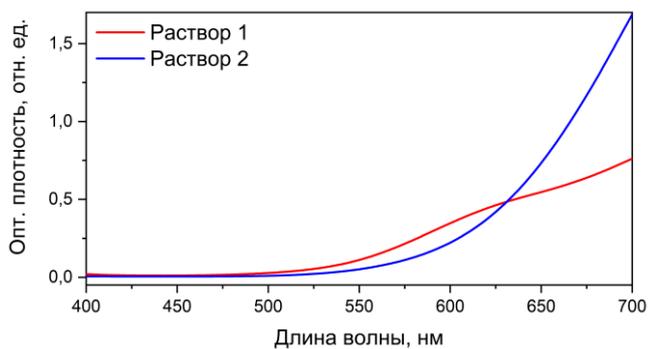
Смесь	Цвет	Объяснение
$\text{CuSO}_4 + \text{FeCl}_3$		
$\text{KMnO}_4 + \text{CuSO}_4$		
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KMnO}_4$		

Многие соединения 3d элементов, в частности растворы их солей, имеют окраску. Среди них есть и бесцветные, и бледные, и ярко окрашенные. Цвета различных степеней окисления 3d элементов приведены в справочной информации. В данной задаче мы будем работать со спектрами поглощения водных растворов, содержащих в себе 3d элементы в той или иной форме. Спектр поглощения представляет собой график зависимости оптической плотности раствора от длины волны. Оптическая плотность — количественный показатель, определяющий насколько сильно среда поглощает излучение с заданной длиной волны. Он численно равен десятичному логарифму отношения интенсивности прошедшего излучения к исходной интенсивности. Если оптическая плотность равна 0, то раствор вообще не поглощает излучение в данном диапазоне, если она равна единице, то через раствор проходит только 1/10 от изначальной интенсивности, если опт. плотность равна двум, то через раствор проходит 1/100 интенсивности и так далее. Чем выше оптическая плотность, тем более явно выражена окраска соединения (она также зависит от концентрации элемента и толщины поглощающего слоя).

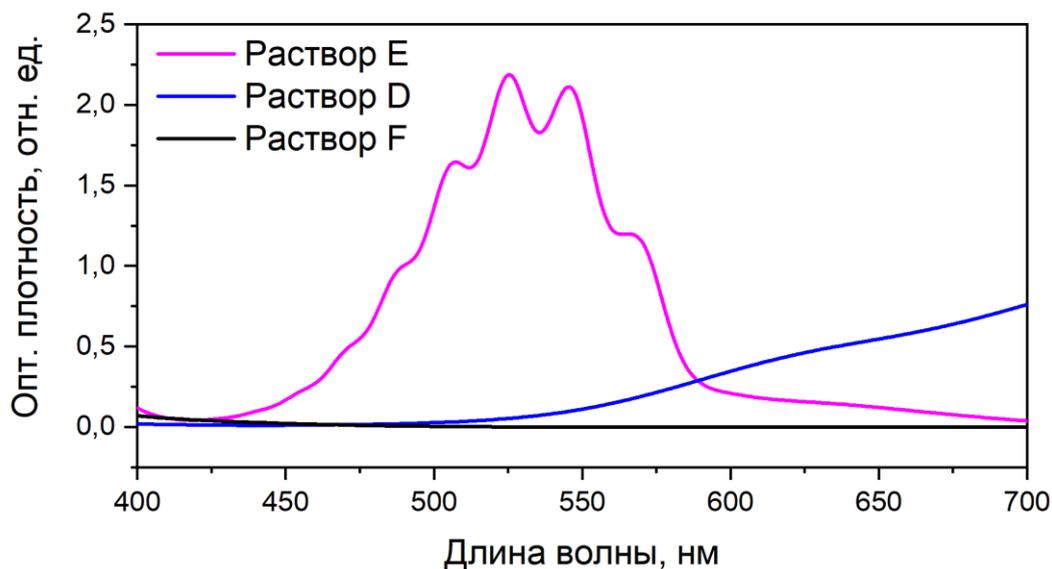
2. По спектрам поглощения определите, какой возможный 3d элемент содержится в растворе.

Спектр поглощения	Цвет	Предполагаемые элементы с указанием степени окисления (укажите все подходящие)
<p>A</p> 		
<p>B</p> 		
<p>C</p> 		

Наряду с соединением **C** (раствор 2 на картинке ниже) существует еще соединение **D** (раствор 1), имеющее в одной из степеней окисления достаточно похожий окрас. Для того, чтобы различить эти соединения к их растворам был добавлен концентрированный раствор аммиака (реакции 1 и 2), в результате чего образовались растворы, спектры поглощения которых представлены на рисунке справа.



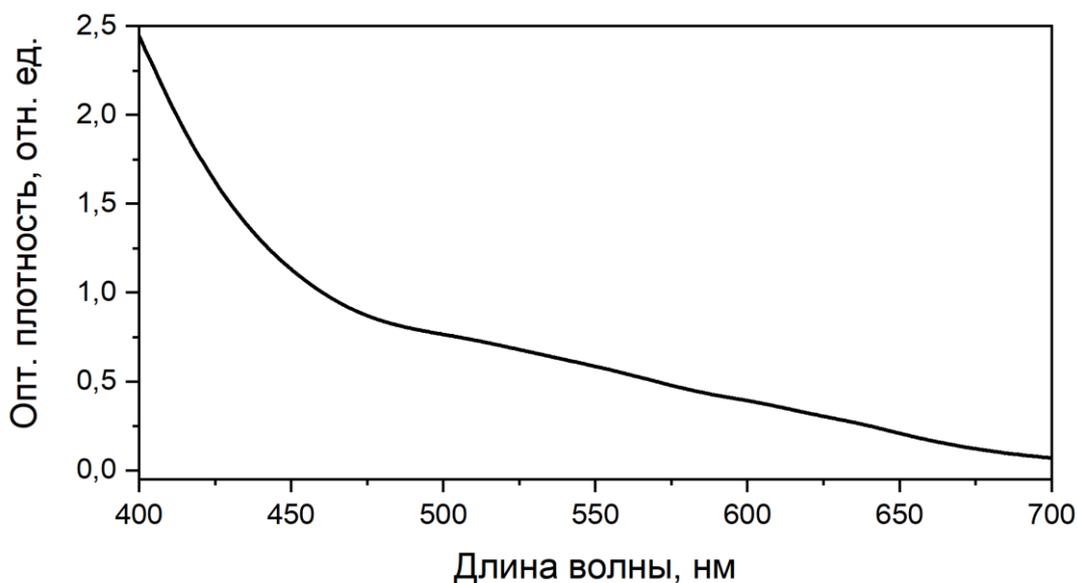
Кроме того, при реакции раствора соединения **D** с широко известным ярко окрашенным подкисленным раствором **E** образуется крайне бледно окрашенный раствор **F** (реакция 3). Интересно, что раствор соединения **E** при этом не вступает в реакцию с раствором **C**.



Известно, что соединения **A**, **B**, **C**, **D** и **F** содержат в себе различные d-элементы в стабильных при обычных условиях степенях окисления (при этом каждый раствор только один d). Соединение **D** содержит в себе d-элемент в достаточно высокой степени окисления.

3. Напишите уравнения реакций 1–3, считая соединения **C** и **D** сульфатами.

Не менее интересной является и реакция соединения **A** с аммиаком. Вначале образуется не очень интенсивно окрашенное комплексное соединение (*реакция 4*), которое затем при стоянии на воздухе постепенно изменяется (*реакция 5*). Спектр поглощения полученного раствора приведен ниже. Образовавшееся соединение содержит в себе металл в неустойчивой степени окисления; при подкислении раствора металл восстанавливается назад в ту же степень окисления, что была в исходном соединении **A**, при этом окисляя воду.



4. Напишите уравнения реакций 4 и 5, считая соединение **A** нитратом.

Справочная информация.

В таблице ниже приведены некоторые данные об окраске соединений различных 3d элементов. По умолчанию для элементов приведены цвета акваионов, однако, в случае отсутствия стабильных акваионов для конкретной степени окисления, приведены цвета устойчивых форм (оксоанионов / оксокатионов, гидроксидов).

Металл	Степень окисления	Окраска
Sc	+3	Бесцветный
Ti	+2	Черный
	+3	Фиолетово-красный
	+4	Бесцветный
V	+2	Сине-фиолетовый
	+3	Зеленый
	+4	Синий
	+5	Бледно-желтый
Cr	+2	Синий
	+3	Зеленый / фиолетовый (разные формы)
	+4	Темно-зеленый
	+5	Голубой
	+6	Ярко желтый / оранжевый (разные формы)
Mn	+2	Бледно-розовый
	+3	Бурый
	+4	Темно-коричневый
	+5	Сине-зеленый
	+6	Зеленый
	+7	Ярко малиновый
Fe	+2	Бледно-зеленый
	+3	Желто-коричневый
	+6	Фиолетовый
Co	+2	Розово-фиолетовый
	+3	Коричневый
Ni	+2	Зеленый
	+3	Черный
Cu	+1	Бесцветный
	+2	Синий
Zn	+2	Бесцветный