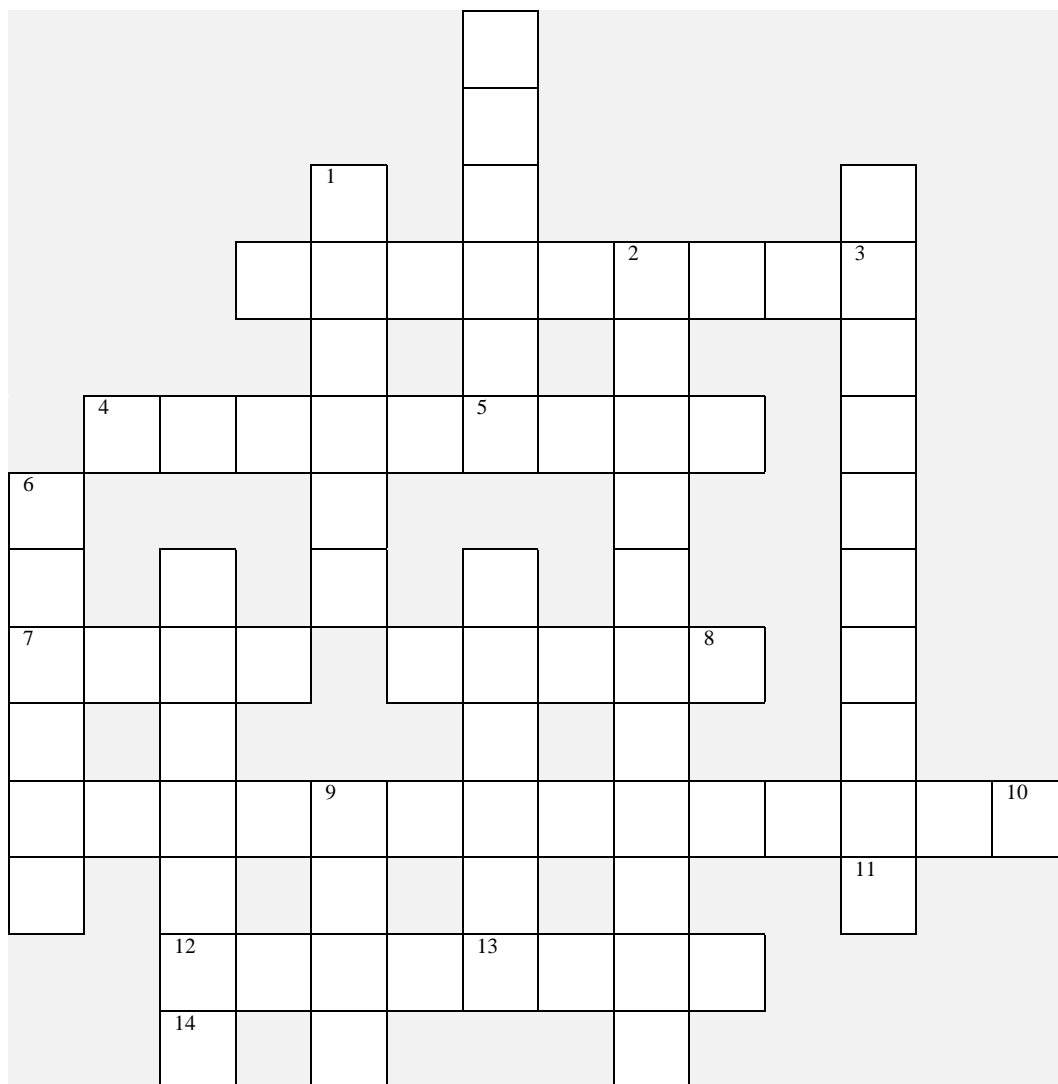


**Разбалловка и решения теоретического тура
Химической олимпиады имени Германа Гесса 2021**

Задача 1. На все четыре стороны (автор Алексей Чепига)

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 — изоцианат	1 — галоид
4 — аммонолиз	2 — цвиттер-ион
7 — зола	5 — осадок
8 — церий	6 — разряд
10 — калия-алюминия	9 — муза
12 — позитрон	11 — аллотропия
	13 — таллий
	14 — шпинель

Задача 2. В начале было... часть 2 (Владимир Королёв, Никита Крысанов и Анна Шалыбкова)

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	$\text{Cl}_2 + 2 \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO} + \text{H}_2\text{O}$
2	$3 \text{I}_2 + 6 \text{KOH} \rightarrow \text{KIO}_3 + 5 \text{KI} + 3 \text{H}_2\text{O}$ (верно) $\text{I}_2 + 2 \text{KOH} \rightarrow \text{KIO} + \text{KI} + \text{H}_2\text{O}$ (допустимо, 2 балла)
3	$\text{CuSO}_4 + \text{KBr} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CuBr} + \text{K}_2\text{SO}_4$
4	$\text{CrO}_3 + \text{Cl}_2\text{O}_6 \rightarrow \text{ClO}_2 + \text{O}_2 + \text{CrO}_2(\text{ClO}_4)_2$
5	$\text{NaBrO}_3 + \text{F}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{NaBrO}_4 + \text{NaF} + \text{H}_2\text{O}$

Разбалловка:

По 4 балла за уравнение, итого 20 баллов.

Задача 3. Задача о трансмутации (Глеб Алёшин и Владимир Королёв)

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?

Для начала воспользуемся численными данными, чтобы определить соли **X** и **Y**. **X** — соль натрия, в которой есть кислород и элемент ζ . Пусть это $\text{Na}_a\text{X}_b\text{O}_c$

$$\frac{\omega(\text{Na})}{M(\text{Na})} : \frac{\omega(\zeta)}{M(\zeta)} : \frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})} = a : b : c$$

$$\frac{\omega(\text{Na})}{M(\text{Na})} : \frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})} = 1 : 2$$

Если $a = 1$, то молярная масса $\zeta = 49,5$. Это не похоже на элемент или чистый изотоп.

Если $a = 2$, то молярная масса $\zeta = 99$. Это похоже на технеций или на один из изотопов молибдена, который получил добавочный нейтрон в первой реакции. Степень окисления $\zeta = 6$, что характерно для молибдена.

Теперь разберемся с **Y**. Аналогично предположим, что **Y** – соль натрия и кислородсодержащей кислоты. Тогда

$$\frac{\omega(\text{Na})}{M(\text{Na})} : \frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})} = 1 : 4$$

Если $a = 1$, то молярная масса третьего элемента вновь 99. Нам говорят о том, что произошло химическое превращение, а степень окисления 7 в NaMoO_4 невозможна. Рутений и родий по тем же. Значит, третий элемент здесь не молибден. Зато сюда хорошо подходит технеций. Обратите внимание на последний вопрос задачи: даже теоретически возможности получить этот элемент в 18–19 веке было невозможно, так как не были открыты законы радиоактивного распада, а технеций – элемент, у которого нет ни одного стабильного изотопа

X – Na_2MoO_4 , **Y** – NaTcO_4

Тогда, к примеру.

1. $^{98}\text{Mo} + n^0 = ^{99}\text{Mo}$
2. $\text{Mo} + 2\text{HNO}_3 = \text{MoO}_3 + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
3. $\text{MoO}_3 + 2\text{NaOH} = \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{MoO}_4$
4. $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \rightarrow \text{NaTcO}_4$

Принимаются *разумные* вариации. **Реакция 4**, это, конечно, ядерная реакция, а точнее, бета-плюс распад.

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

Изотонический раствор: раствор определенной концентрации, сходный по свойствам с плазмой крови. Концентрация хлорида натрия в нем равна 0,9%. Такие растворы можно вводить в кровь.

Применение в медицине: изотоп Tc-99m, образующийся при распаде Mo-99 испускает гамма-излучение, распадаясь. При введении источника излучения внутрь организма технеций может избирательно накапливаться, например, в раковых опухолях, а наружным детектором анализируется накопление радиоактивности и тем самым визуализируется злокачественное новообразование. Так устроена однофотонная эмиссионная компьютерная томография.

В задаче описан так называемый генератор, который непрерывно, за счет реакции ядерного распада, нарабатывает пертехнетат натрия для медицинских применений. Период полураспада молибдена-99 чуть меньше трех суток, и поэтому его можно перевозить от медицинских реакторов до клиник (грубо говоря, за три дня количество молибдена уменьшится лишь в 2 раза). А вот технеций 99m, который из него получается, имеет период полураспада 6 часов, везти такой препарат нецелесообразно (за три дня количество технеция уменьшится в 4096 раз). Поэтому его получают смыванием пертехнетата натрия с генератора на основе молибдена. Пертехнетат натрия гораздо хуже фиксируется на оксиде алюминия, чем молибден. Готовый препарат сразу можно использовать. Конечно, со временем генератор портится, но это занимает недели, а не сутки.

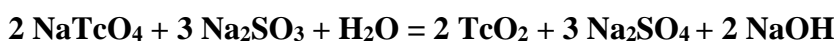
Стоит отметить, что **Y** проявляет окислительные свойства. Их можно продемонстрировать, сравнив **Y** с аналогичным соединением **Z**, воспользовавшись периодическим законом. Например, **Y**, подобно **Z**, способен взаимодействовать с сульфитом натрия в нейтральной и слабокислой среде.

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

Периодический закон указывает на сходство элементов в одной группе. Аналогом технеция, о свойствах которого вы можете знать, является марганец. Соответственно нам необходимо найти соединения марганца в той же самой степени окисления – и это перманганат (калия или натрия)

Z – KMnO₄

Действуя по аналогии в нейтральной среде можно записать:



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

В пункте 5 принимается любое разумное уравнение. Например,



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

Натрий и кислород, конечно, были открыты до 20 века. А вот технеций в силу отсутствия стабильных изотопов фактически отсутствует в природе и его необходимо получать искусственно, путем ядерных реакций. Как раз один из вариантов синтеза его препаратов приведен в условии. Радиоактивность и техники ядерных превращений были открыты лишь в 20 веке и поэтому и технеций удалось найти лишь в 20 веке:

«1936 г. Лоуренс из Калифорнийского университета в Беркли послал итальянскому физика Сегрэ в Палермо образец молибдена, подвергнутого длительному (несколько месяцев) облучению в циклотроне жесткими дейтеронами. Сегрэ совместно с Перрье установили, что радиоактивность этого образца относится не только к содержащимся в нем молибдену, цирконию и ниобию, но и рению и марганцу. Активная часть материала, близкая по химическим свойствам к рению, была выделена в невесомом количестве (около 10^{-10} г) и оказалась изотопом элемента 43. Вскоре Сегрэ и Перрье выделили еще пять изотопов этого элемента, а затем Сегрэ и Ву доказали существование его изотопов в продуктах распада урана. Позже было получено еще несколько изотопов нового элемента и среди них два вполне устойчивых. Элемент 43 отсутствует в природе, поэтому Сегрэ и Перрье предложили назвать его технецием от *греч.* искусственный, приготовленный руками человека». Н.А.Фигуровский, "Открытие элементов и происхождение их названий" (Москва, Наука, 1970)

Разбалловка:

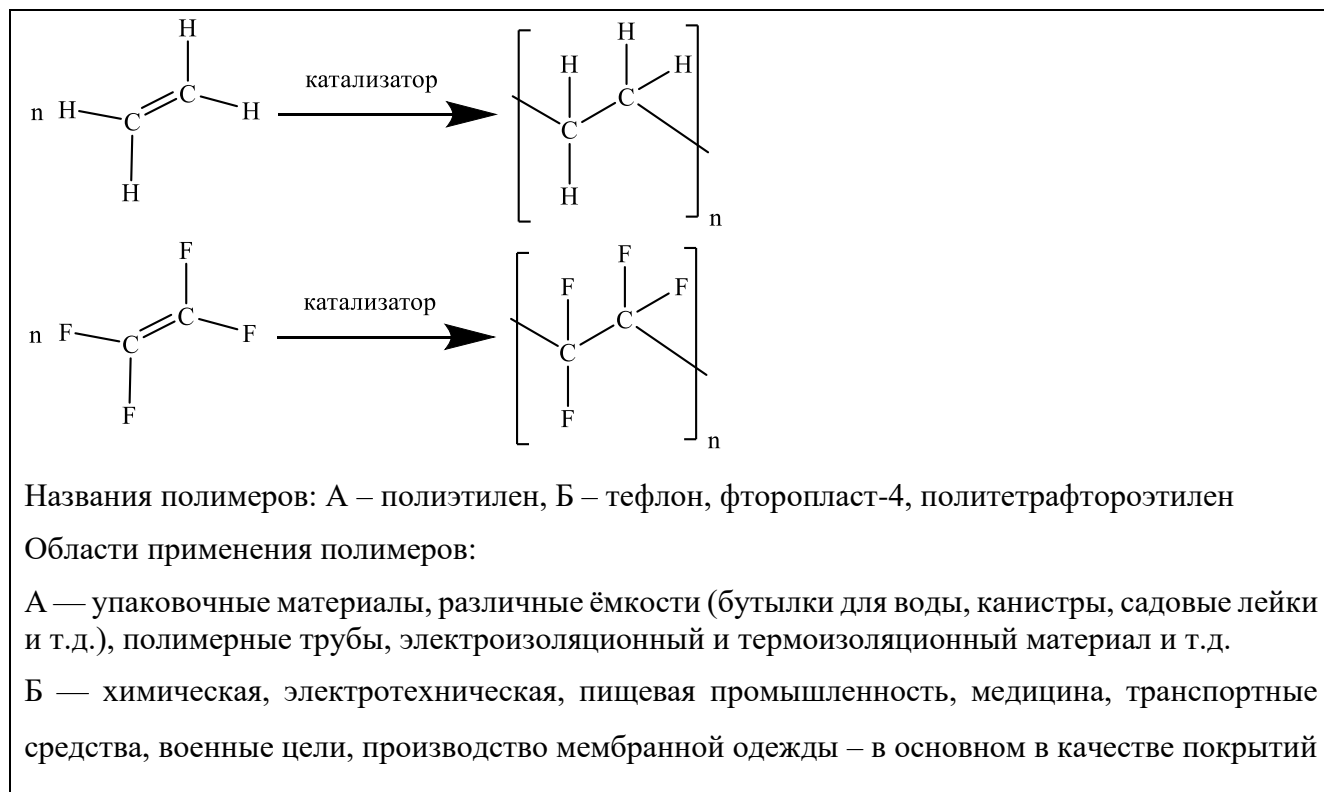
Уравнения реакций 1–3	2 балла за каждое, итого 6
Реакция 4	4 балла
Тип реакции 4	2 балла
Изотонический раствор	1 балл
Медицинские применения	1 балл
Реакция пертехнетата с сульфитом натрия	2 балла
Реакция пертехнетата №2	2 балла
Соединение Z (перманганат)	1 балл
Вопрос о сложностях открытия технеция	1 балл

Задача 4. Полимеры (Анна Шалыбкова)

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

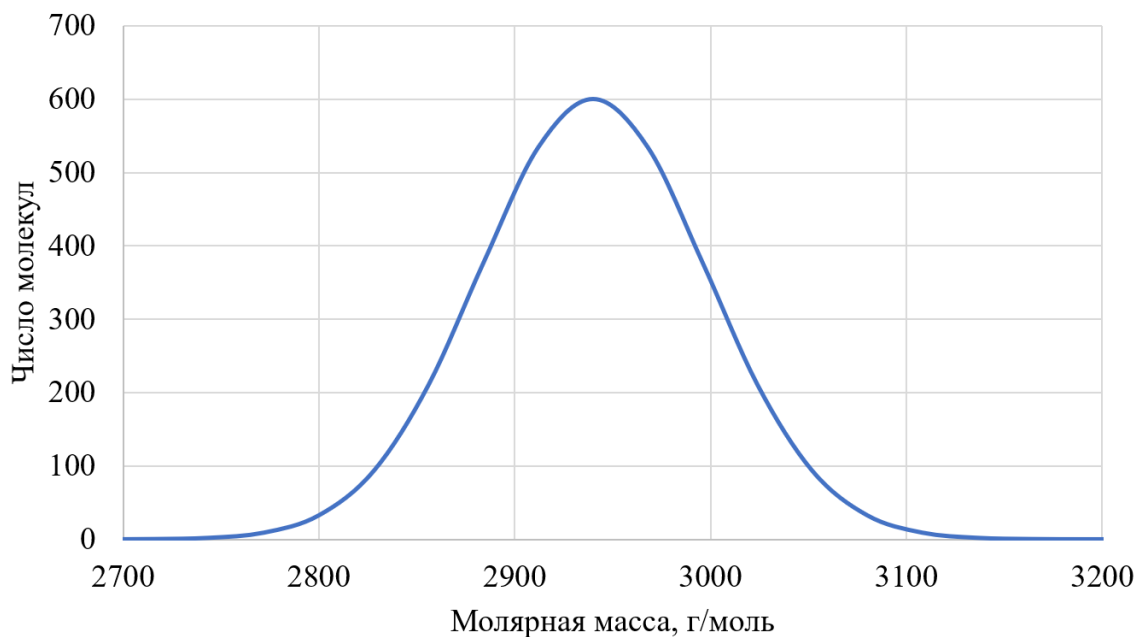
В современной промышленности полимеры играют важнейшую роль. Однако со многими из них мы встречаемся каждый день в быту. Примерами таких соединений являются полимеры на основе этена (**А**) и тетрафторэтена (**Б**).

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

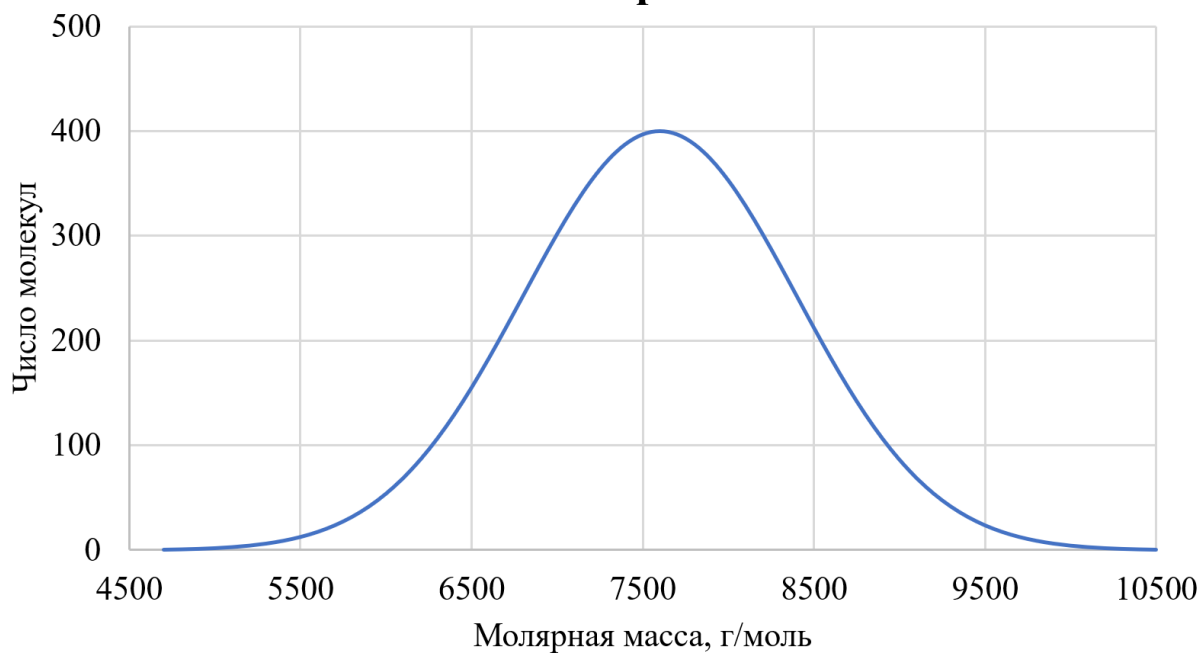


В лаборатории Химического факультета был проведён синтез данных полимеров. В ходе их исследований была получена следующая диаграмма распределения числа молекул полимера от их молярной массы.

Полимер А



Полимер Б



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

Поскольку зависимость числа молекул от молярной массы является симметричной, то средней молярной массе будет соответствовать максимум функции, абсциссу которого найдём из графика, например, используя линейку.

$$n(A) = \frac{M_{\text{cp}}(A)}{M(C_2H_4)} = \frac{2940 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}}{28 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}} = 105$$

$$n(B) = \frac{M_{\text{cp}}(B)}{M(C_2F_4)} = \frac{7600 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}}{100 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}} = 76$$

Данные синтеза 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.

Для решения данного пункта задачи возможны 2 различных подхода: 1 – с помощью линейки точно определить ширину пика на половине его высоты и рассчитать (более трудоёмкий) и 2 – оценить значение требуемой величины, например, по следующей схеме:

Полимер А: легко заметить, что ширина пика на его полувысоте (число молекул, равное 300) составляет менее 200 г/моль, поэтому требуемое значение оценим следующим образом:

$$\psi(A) = \frac{W_{0,5}(A)}{M_{\text{cp}}(A)} < \frac{200 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}}{2940 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}} = 0,068 < 0,100$$

Поэтому студент 1 за свою работу получит оценку «зачёт»

Полимер Б: легко заметить, что ширина пика на его полувысоте (число молекул, равное 200) составляет более 1500 г/моль, поэтому требуемое значение оценим следующим образом:

$$\psi(B) = \frac{W_{0,5}(B)}{M_{\text{cp}}(B)} > \frac{1500 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}}{7600 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}} = 0,197 > 0,100$$

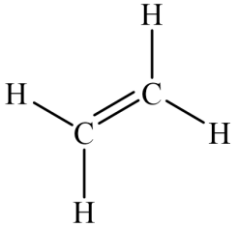
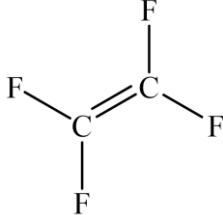
Поэтому студент 2 за свою работу получит оценку «незачёт»

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	Тetraфторэтен
	

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

Разбалловка

- 1) За уравнения реакций получения полимеров — по 1 баллу, итого — 2
- 2) За названия полимеров — по 1 баллу, итого — 2
- 3) За области применения полимеров — по 1 баллу за каждую названную область, максимум по 2 балла за каждый из полимеров — итого 4
- 4) Расчёт средней степени полимеризации — по 3 балла, итого 6
- 5) Расчёт отношения ширины пика на половине его высоты к средней молярной массе (или его оценка) — по 2,5 балла, итого 5
- 6) Определение оценок студентов исходя из расчётов п.5 — по 0,5 балла, итого 1

Задача 5. Авиация (Никита Крысанов)

*«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

Рассчитаем молекулярную формулу хлорида **A** по массовым долям:

$$\text{Пусть формула хлорида } MCl_n, \text{ тогда } \omega(Cl) = \frac{35,453 \cdot n}{M + 35,453 \cdot n},$$

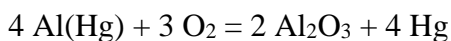
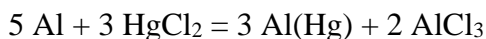
$$\text{откуда } M = \frac{35,453 \cdot (1 - \omega(Cl))}{\omega(Cl)} \cdot n = \frac{35,453 \cdot 0,73886}{0,26114} \cdot n = 100,31 \cdot n$$

n	M	Элемент
1	100,31	—
2	200,62	Hg

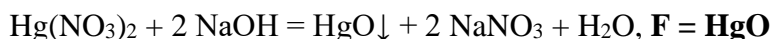
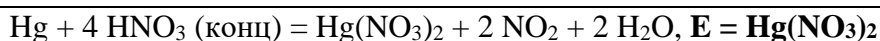
Тогда элемент **M = Hg**, **A = HgCl₂**

Основным компонентом фюзеляжей самолётов является алюминий **B = Al**

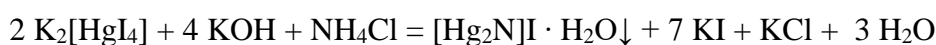
При взаимодействии хлорида ртути и алюминия образуются хлорид алюминия и амальгама алюминия **C = Al(Hg)**, которая легко окисляется кислородом с образованием оксида алюминия **D = Al₂O₃**:



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 Е–J, напишите уравнения протекающих реакций

При взаимодействии оксида ртути с водным раствором аммиака образуется дигидрат основания G с массовой долей ртути 85,685%, то есть на 1 атом ртути дополнительно приходится ещё 33,51 г/моль, что меньше, чем молярная масса двух молекул воды, поэтому атомов ртути в этом основании как минимум 2, а оставшаяся молярная масса соответствует 67 г/моль. После вычитания двух молекул воды остаётся 31 г/моль. Поскольку данное вещество является основанием можно предположить, что в его состав входит OH-группа, тогда на остаток в 14 г/моль приходится 1 атом азота

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

Основание $[\text{Hg}_2\text{N}]\text{OH}$ носит название «основание Миллона»

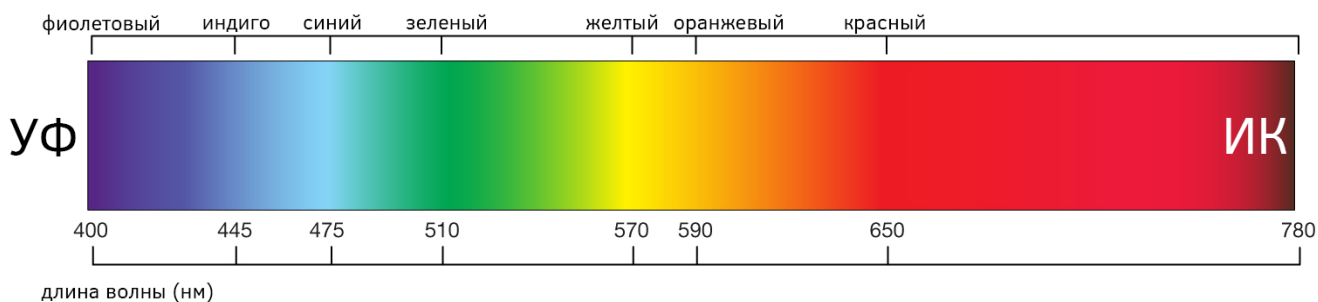
Разбалловка

- 1) За определение каждого вещества — по 1 баллу, итого 10
- 2) За написание уравнений упомянутых реакций — по 1 баллу, итого 7
- 3) За тривиальное название основания Миллона — 3 балла

Задача 6. Цветная химия трехмерных металлов (Евгений Анохин)

Свет — электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом. Обычно к видимому свету относят ЭМ-излучение с длинами волн от 380 до 760 нм; для упрощения в данной задаче будем рассматривать несколько более узкий диапазон 400–700 нм.

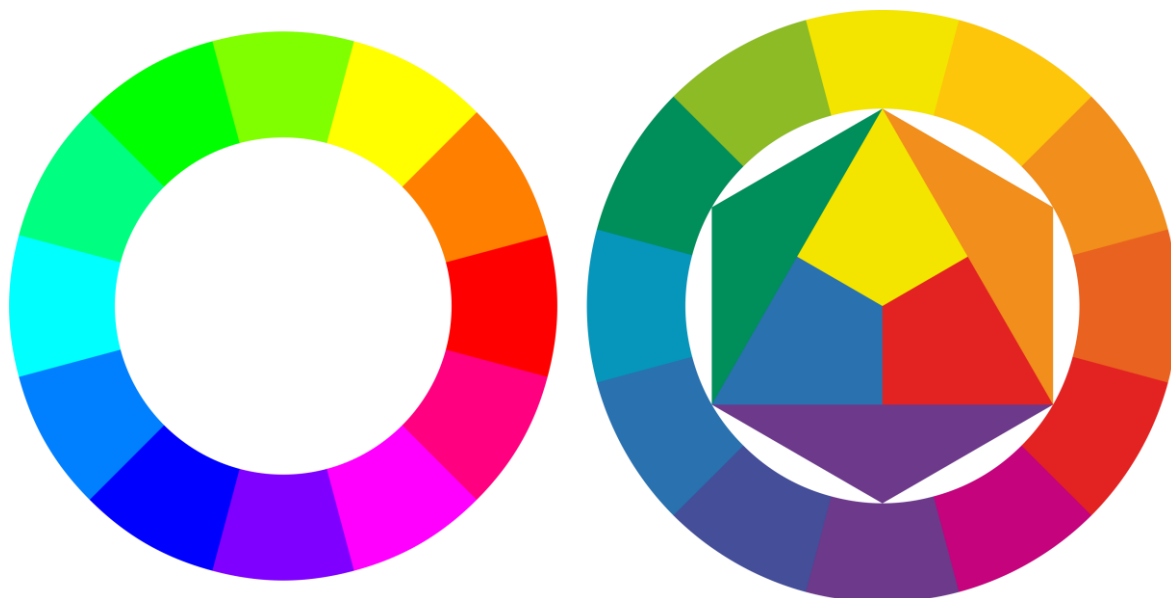
Внизу представлены спектр видимого света с соотношениями «длина волны / цвет». Смешение света всех цветов образует белый свет, а отсутствие излучения в этом диапазоне выглядит как отсутствие света, т.е. объект выглядит черным.



Если мы говорим, что какой-то объект при освещении белым светом имеет окраску, отличную от белой, мы подразумеваем, что из белого спектра «вырезана» некоторая область, которую объект поглотил. Для того, чтобы разобраться с тем, как будут выглядеть объекты, которые поглощают какую-либо часть видимого излучения, нам придется воспользоваться цветовыми кругами.

Принцип работы с левым кругом основан на термине «дополнительные цвета» или «противоположные цвета». Смысл его заключается в том, что если смешать пару противоположных на этом цветовом кругу цветов, то получится ахроматический тон (белый, серый или черный). Таким образом, если из белого света «вычесть» какую-либо цветовую составляющую, он станет выглядеть как дополнительный цвет. К примеру, если вычесть из белого желтый, то останется синий.

Правый цветовой круг показывает нам, какой цвет получится, если смешивать между собой различные цвета. Он основан на трёх основных цветах (синий, желтый, красный). При смешении любой пары этих цветов образуется новый цвет (зеленый, оранжевый или фиолетовый); к примеру, оранжевый получается при смешении желтого и красного. Если образовавшийся вторичный цвет дополнительно смешать с одним из первичных, то можно получить дополнительные оттенки. Так, при смешении фиолетового и красного получается малиновый, желтого и зеленого — желто-зеленый (внезапно, да), и так далее.

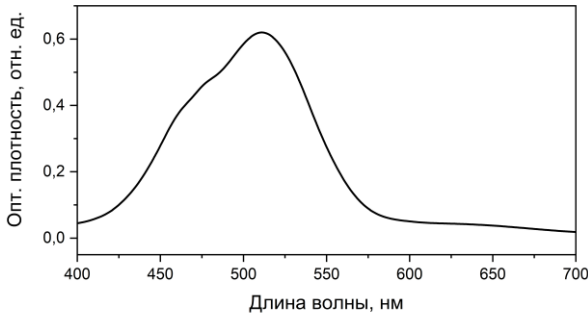
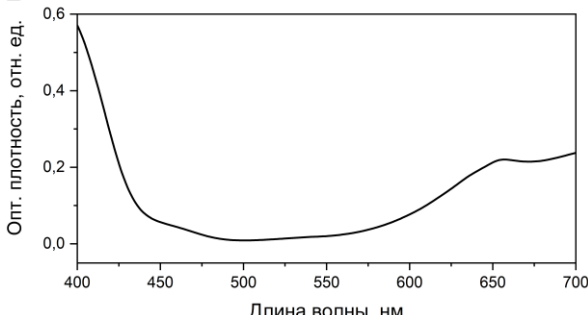
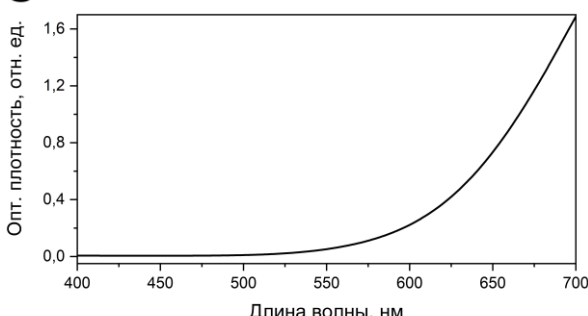


1. Предскажите, какой цвет будут иметь смеси растворов следующих соединений, а также дайте пояснения к своему ответу основываясь на справочных данных и цветовых кругах:

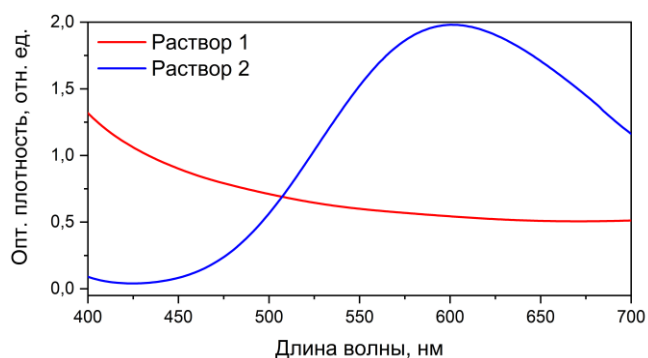
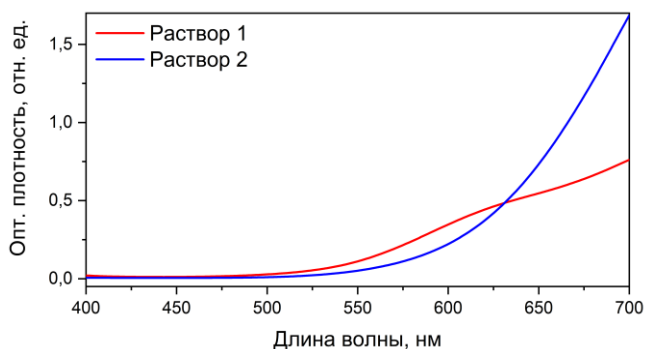
Смесь	Цвет	Объяснение
$\text{CuSO}_4 + \text{FeCl}_3$	Зеленый Засчитывать похожие цвета	Медь «вырезает» из спектра желто-оранжево-красную область, а железо — циано-сине-фиолетовую. Остается только зеленая часть спектра. Эту логику легко проверить по кругу со смешениями цветов: желтый + синий в круге дают зеленый. Засчитывать любые адекватные объяснения.
$\text{KMnO}_4 + \text{CuSO}_4$	Пурпурно-фиолетовый Засчитывать похожие цвета	Медь «вырезает» из спектра желто-оранжево-красную область, а перманганат — зелёно-циановую. Остается фиолетово-алая часть спектра. Засчитывать любые адекватные объяснения.
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KMnO}_4$	Красный Засчитывать похожие цвета	Перманганат «вырезает» из спектра зелёно-циановую область, а бихромат — сине-фиолетовую. Засчитывать любые адекватные объяснения.

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).

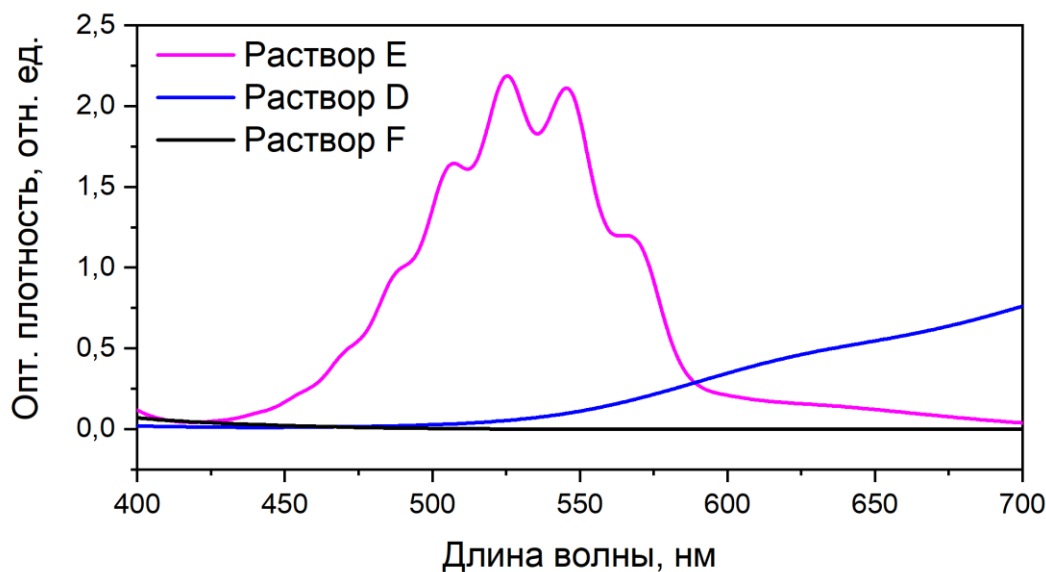
2. По спектрам поглощения определите, какой возможный 3d элемент содержится в растворе.

Спектр поглощения	Цвет	Предполагаемые элементы с указанием степени окисления (укажите все подходящие)
<p>A</p> 	Красно-розовый	Mn^{+2} , Co^{+2} . (засчитывать адекватные оттенки катионов, даже если не указано тут)
<p>B</p> 	Зеленый	Ni^{+2} , V^{+3} , Cr^{+3} , Cr^{+4} , Mn^{+6} , Fe^{+2} . (засчитывать адекватные оттенки катионов, даже если не указано тут)
<p>C</p> 	Синий	Cu^{+2} , Ti^{+3} , V^{+4} , Cr^{+2} , Cr^{+5} , Mn^{+5} . (засчитывать адекватные оттенки катионов, даже если не указано тут)

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.

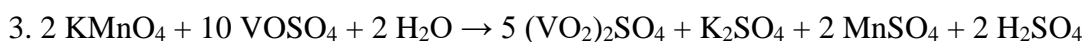
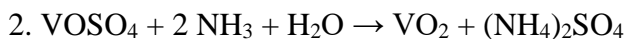
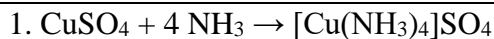


Кроме того, при реакции раствора соединения **D** с широко известным ярко окрашенным подкисленным раствором **E** образуется крайне бледно окрашенный раствор **F** (реакция 3). Интересно, что раствор соединения **E** при этом не вступает в реакцию с раствором **C**.



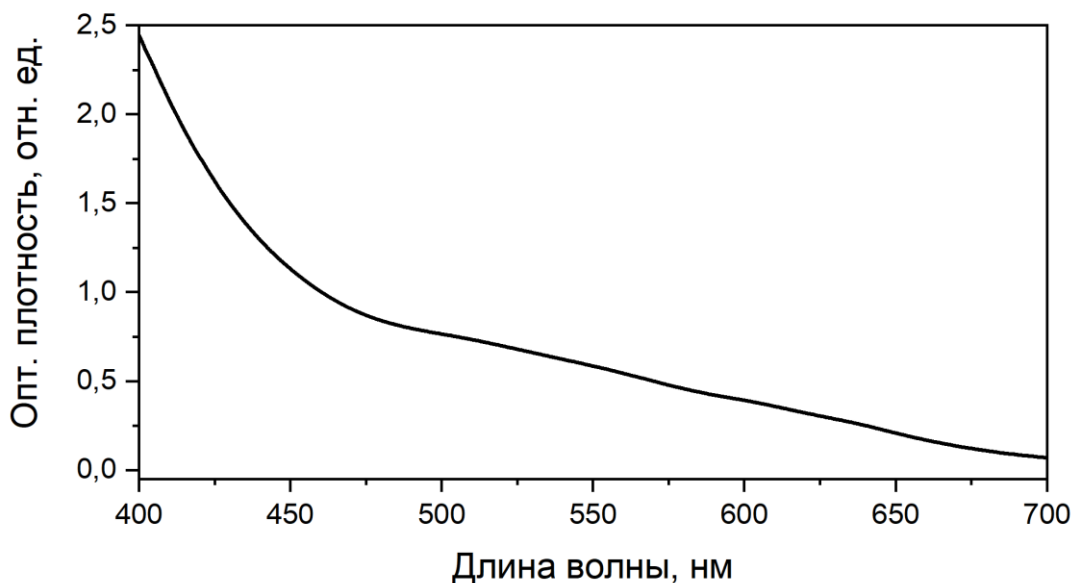
Известно, что соединения **A**, **B**, **C**, **D** и **F** содержат в себе различные d-элементы в стабильных при обычных условиях степенях окисления (при этом каждый раствор только один d). Соединение **D** содержит в себе d-элемент в достаточно высокой степени окисления.

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

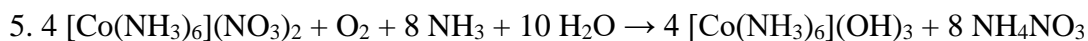
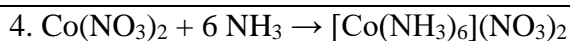


(засчитывать любые адекватные варианты по продуктам)

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 А нитратом.



(Засчитывать любые адекватные комплексы кобальта и окисление кобальта до +3)

Разбалловка

Пункт 1 — 3 цвета по 1 баллу, 3 объяснения по 1 баллу, 6 баллов в сумме макс.

Пункт 2 — 3 цвета по 1 баллу, 3 примера по 1 баллу. Если среди очевидных вариантов написан всего один, то можно ставить 0,5 балла. Если неочевидные степени окисления, то не снижать.

Пункт 3 — первая и вторая реакции по 1 баллу, третья реакция 3 балла.

Пункт 4 — четвертая реакция 1 балл, пятая реакция 2 балла.

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