

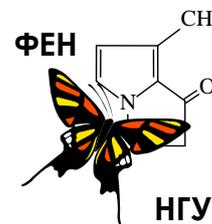


59-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Второй отборочный этап 2020-2021 уч. года

Задания по химии

11 класс



*Дорогие ребята!*

*Вашему вниманию предлагается комплект заданий заочного тура Всесибирской олимпиады школьников по химии 2020-2021 года. В Вашем распоряжении довольно много времени и все доступные методические ресурсы: библиотеки, книги, задачкиники, Интернет и т.д. Единственное, о чем мы бы хотели Вас очень сильно попросить: постарайтесь выполнять задания максимально самостоятельно, не переписывая решения друг у друга.*

*Помните, что для того, чтобы попасть в число призеров, вовсе не обязательно правильно решить все задачи. Даже если Вам удастся найти частичное решение лишь к одному заданию, присылайте нам и его – для Вас это станет первым серьезным шагом на нелегком пути к познанию увлекательной и волшебной науки – химии. Мы, в свою очередь, будем знать о том, что где-то, может быть очень далеко от столицы Сибири, появился еще один любознательный школьник, интересы которого не ограничиваются дискотеками, развлекательными телепередачами, компьютерными играми и социальными сетями.*

*Для сокращения времени, затрачиваемого на проверку Ваших работ и процедуру подведения итогов, настоятельно просим Вас загружать Ваши решения на сайт отдельно по каждой задаче. Если у Вас нет возможности сканировать листы с решениями, попробуйте их сфотографировать, но обязательно затем проверьте, как они читаются на экране компьютера.*

*Успехов Вам во всех Ваших делах и начинаниях и с наступающим Новым годом!*

*С искренним уважением к Вам и Вашим педагогам и наставникам,*

*Методическая комиссия и жюри Всесибирской открытой олимпиады школьников по химии.*



## Задание 2. «Золотая антилопа».

По сюжету поучительного советского мультфильма маленький индийский мальчик спасает дикую антилопу от охотников жадного раджи (мелкого индийского правителя). Антилопа оказалась волшебной, она была способна ударами копыт о землю выбивать особенные искры - золотые монеты. В награду за спасение антилопа подарила мальчику несколько таких монет. Увидев монеты, хитрый раджа попросил мальчика дать их ему, чтобы посмотреть на них внимательно.

«Сейчас мы их проверим, сейчас мы их сравним», - говорит бессовестный раджа, открывает свой сундук с золотом, и якобы случайно роняет туда монеты.

- Ай-яй-яй! Что я наделал! Как же я теперь отличу твои деньги от моих? Если я буду возвращать твои монеты, то могу случайно отдать и свои! А своих денег я не намерен отдавать никому!

Отметив, что справедливость в итоге восторжествовала и гнусный раджа понес заслуженное наказание, добавим к сюжету старой индийской сказки немного химии и физики. Представим, что глупый раджа и вправду не смог различить одинаковые по размеру и внешнему виду монеты, несмотря на то, что его деньги совершенно не содержали драгоценного металла, а монеты антилопы представляли собой кроновое золото (сплав, содержащий 91,67 масс. % золота и еще один металл **X**). Мальчик из нашей задачи оказался гораздо умнее богатого раджи. Две монеты, которые нужно было различить, он для начала попробовал на зуб. Первая монета (монета антилопы) этот тест прошла успешно, а вот на второй (монете раджи) осталась царапина, открывшая взгляду дешевый серебристо-белый металл **Y**, притягивающийся к магниту. Обман раскрылся!

Для установления точного состава монет мальчик отправился в алхимическую лабораторию, где попросил помощи у старого алхимика. Алхимик начал с того, что подержал каждую из монет в отдельном стаканчике, содержащем по 50 мл теплой концентрированной азотной кислоты ( $\omega = 60\%$ ,  $\rho = 1,367$  г/мл).

Первая монета частично растворилась (реакция [1]), потеряв 1,25 г своей массы, а раствор приобрел синий цвет. Выделившийся при растворении монеты бурый газ алхимик пропустил через трубку с большим избытком твердой натриевой щелочи, в результате чего масса трубки заметно увеличилась [2]. Не растворившийся остаток этой монеты, представлявший собой чистое золото, алхимик отложил в сторону, а синий раствор разделил ровно пополам.

При добавлении натриевой щелочи к первой половине раствора выпал светло-голубой осадок [3]. Часть этого осадка он нагрел в пламени свечи на воздухе, получив черный порошок [4], а другую часть бросил в раствор аммиака, что привело к образованию интенсивно окрашенного сине-фиолетового раствора [5].

Вторую половину раствора алхимик аккуратно испарил в выпарительной чашке до небольшого объема (2-3 мл). После охлаждения до комнатной температуры раствор полностью закристаллизовался, образовав красивые синие кристаллы. Алхимик перемешал кристаллы стеклянным шпателем, обдул их в течение нескольких минут горячим воздухом, охладил и взвесил, получив 2,82 г сухих кристаллов.

1. Как Вы думаете, что произошло с первой монетой при "пробе на зуб"? Вычислите массу золотого остатка, полученного алхимиком. Установите металл **X**, входивший в состав кронового золота антилопы, и напишите уравнения реакций [1] – [5].

2. Рассчитайте увеличение массы трубки со щелочью, произошедшее в результате реакции [2].

3. Вычислите массовую долю соли, содержащейся в синем растворе после растворения монеты.

4. Рассчитайте количество молей кристаллизационной воды, приходящейся на один моль соли в полученных алхимиком синих кристаллах. Зачем алхимик обдувал полученные кристаллы горячим воздухом?

Позолота на второй монете после обработки азотной кислотой превратилась в белый налет [6]. С благородным металлом **Y**, скрывавшимся под позолотой, ничего не произошло, а масса монеты изменилась очень незначительно. Тогда алхимик опустил побелевшую монету в стакан с концентрированной соляной кислотой. В этой кислоте без остатка растворился как белый налет [7], так и вся монета целиком [8]. В результате растворения образовался зеленый раствор и выделился горючий газ объемом 2,69 л (н.у.). При добавлении к этому раствору натриевой щелочи выпал бледно-зеленый осадок [9], который на воздухе начал быстро темнеть прямо под раствором и со временем стал рыже-бурого цвета [10].

5. Определите металл **Y**, скрывавшийся под фальшивой позолотой, и вычислите его массу в монете. Почему этот металл, растворившийся в соляной кислоте, не стал растворяться в более едкой кислоте азотной?

6. А как можно было бы различить монеты раджи и антилопы, не прибегая к их анализу, даже к такому простому, как проба «на зуб» или «на магнит»?

7. Напишите уравнения реакций [8] – [10].

Для установления состава позолоты (вещество **A**) алхимик соскоблил ее с нескольких фальшивых монет и разделил на две части. Первую алхимик прокалил при  $600^\circ\text{C}$  в замкнутом сосуде, из которого был откачан воз-



дух. Она потеряла 17,52 % массы и свой замечательный золотистый цвет, превратившись в коричневый порошок соединения **Б** [11]. На стенках сосуда при этом образовался желтый налет простого вещества **В**. Соединение **Б** он прокалил в атмосфере воздуха, получив белый порошок вещества **Г** и газ **Д** с резким кислым запахом [12]. Вещество **Г** растворилось при нагревании в натриевой щелочи [13], а газ **Д** обесцветил раствор перманганата калия [14].

Вторую часть позолоты алхимик сразу прокалил на воздухе, получив опять же белое вещество **Г** и газ **Д** [15]. Удивительно, но процент потери массы веществом **А** не зависел от способа прокаливания: и на воздухе позолота потеряла 17,52 % массы. Наш алхимик не успокоился и на этом: он нагрел 0,100 г вещества **Г** в токе водорода и получил 0,0788 г легкоплавкого металла **З** [16].

8. Определите металл **З** и простое вещество **В**. Установите формулы веществ **А**, **Б**, **Г** и **Д**, если известно, что все эти соединения бинарные (состоят из атомов двух элементов). Свои ответы подтвердите расчетами, используя цифры, приведенные в тексте задачи.

9. Напишите уравнения реакций [6], [7], [11] – [16].

Вещество **А** раньше так часто использовалось для золочения поверхностей (например, куполов церквей), что получило такое же тривиальное название, как и тончайшие листы настоящего золота, используемые для этой цели. Отметим, что вещество **А**, как и золото, тоже отличается повышенной устойчивостью к агрессивным средам.

10. Попробуйте вспомнить это название. Предложите жидкость (название и состав), в которой будут растворяться как вещество **А**, так и настоящее золото. Напишите уравнения этих реакций.

### Задание 3. «Важнейший микроэлемент».

*«Недостаток X приводит к заболеваниям щитовидной железы, например, к базедовой болезни (зоб), кретинизму»...*

Из Википедии.

Элемент **X** является одним из важнейших микроэлементов. В организме человека содержится около 25 мг этого элемента, причём примерно половина этой массы сосредоточена в щитовидной железе, вырабатывающей гормон роста тироксин. Суточная потребность взрослого человека в этом элементе составляет всего 0,2 мг, однако его недостаток в продуктах питания вызывает тяжёлые заболевания. Один из способов восполнения дефицита элемента **X** заключается в употреблении поваренной соли, содержащей добавки различных соединений этого элемента. Содержание таких добавок в разных сортах соли колеблется от  $2 \cdot 10^{-3}$  до  $6 \cdot 10^{-3}$  масс. %.

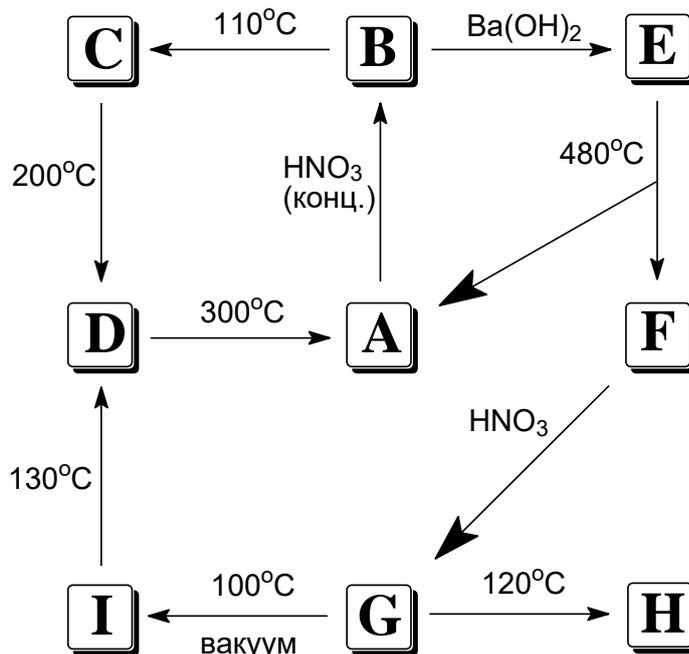


Своё название элемент **X** получил благодаря интенсивной фиолетовой окраске паров простого вещества **А**, твёрдого при комнатной температуре, но легко возгоняющегося при нагревании. Коричневая водно-спиртовая настойка, содержащая вещество **А**, является настолько распространённым антисептиком, что стала обязательным компонентом любой домашней и автомобильной аптечки.

Химическую активность простого вещества **А** характеризуют словом «умеренная». При обычных условиях оно довольно пассивно, из неметаллов с заметной скоростью взаимодействует только с фосфором, фтором, хлором и бромом. Интересно, что в основных продуктах всех четырех перечисленных реакций **X** имеет различные степени окисления. С такими активными металлами, как натрий и алюминий, **А** бурно реагирует в присутствии каталитического количества воды, а с цинком, хромом, железом и медью взаимодействует при нагревании.

1. Определите элемент **X** и вещество **А** (химические формулы). Напишите уравнения реакций, с помощью которых охарактеризованы химические свойства вещества **А**.

С кислородом **А** напрямую не взаимодействует, поэтому оксиды и другие кислородсодержащие соединения **X** обычно получают косвенными методами, часть из которых приведена на представленной схеме. Все зашифрованные на схеме соединения содержат элемент **X**, причём каждое вещество содержит не более трёх элементов.



Во всех пиролизических (протекающих при нагревании) реакциях, представленных на схеме, кроме защищенных соединений элемента **X**, образуются только вещества **Y** или **Z** (в одном случае сразу оба). Про эти вещества известно, что они не содержат элемент **X**, а в условиях проведения реакций находятся в газовой фазе. В таблице приведены некоторые данные для этих реакций:

Реакция	<b>B</b> → <b>C</b>	<b>C</b> → <b>D</b>	<b>D</b> → <b>A</b>	<b>E</b> → <b>A + F</b>	<b>G</b> → <b>H</b>	<b>G</b> → <b>I</b>	<b>I</b> → <b>D</b>
Газообразные продукты	<b>Y</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Z</b>	<b>Y</b>	<b>Y</b>	<b>Y, Z</b>
Потеря массы	3,41 %	1,77 %	23,97 %	11,82 %	10,54 %	15,81 %	13,03 %

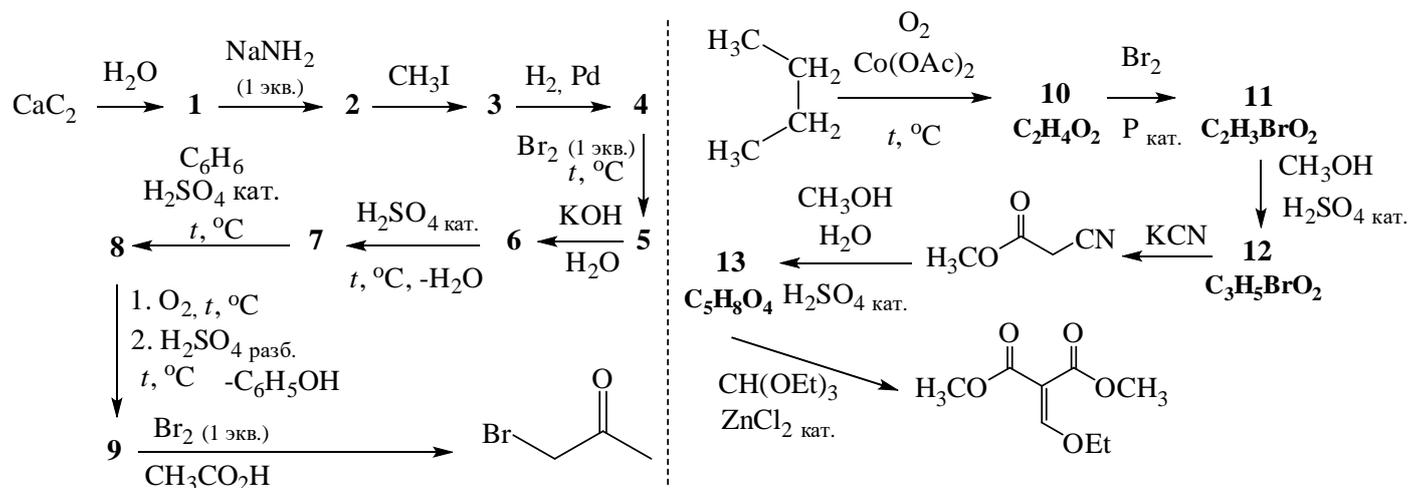
Известно, что соединение **B** содержит 72,14 % **X**, а соединение **F** – 22,41 % **X** и 60,64 % **Вa**.

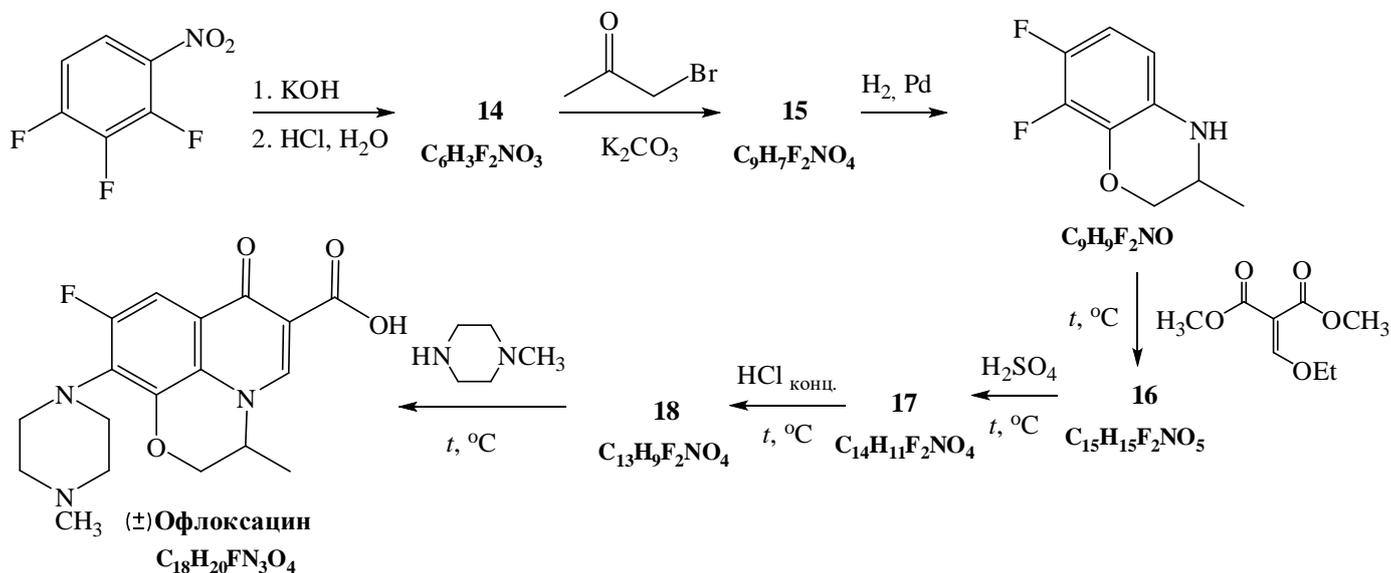
2. Установите формулы веществ **B-I**, **Y, Z**. Дайте названия веществам **B-I**.

3. Напишите уравнения всех реакций, представленных на схеме.

#### Задание 4. «Борьба с бактериальной пневмонией».

Год 2020 уже на исходе, но он навсегда останется в памяти человечества из-за пандемии COVID-19. Человечество впервые за 100 лет столкнулось с масштабным заболеванием, которое затронуло всё население Земли, и от которого до сих пор нет лекарства. Действительно, противовирусных препаратов с доказанной эффективностью существует очень мало. Очень сложно оказалось и спрогнозировать течение болезни COVID-19 для каждого конкретного человека, так как у всех разная иммунная система, свой набор хронических заболеваний и вредных привычек. Заболевание коронавирусом часто сопровождается набором различных осложнений, одним из которых является бактериальная пневмония. Правда, в отличие от вирусных заболеваний, для лечения бактериальных инфекций существуют препараты с доказанной эффективностью. Так, одним из антибиотиков, назначаемых для борьбы с осложнениями при COVID-19, является левофлоксацин. Интересно, что данное соединение является индивидуальным энантимером с удельным углом оптического вращения  $-85^\circ$ . Для характеристики удельного угла оптического вращения применительно к хиральным соединениям в научной литературе принята следующая запись:  $[\alpha]_D^{25}$ (левофлоксацин) =  $-85^\circ$  ( $c=0,2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ). В ходе исследований было показано, что (-)-офлоксацин (левофлоксацин) в 8-100 раз более эффективен, чем (+)-офлоксацин. Сам офлоксацин тоже является отдельным медицинским препаратом и представляет собой рацемическую (эквимольярную) смесь двух энантимеров, одним из которых является левофлоксацин ((-)-офлоксацин). Схема синтеза офлоксацина (рацемическая смесь) представлена ниже.





1. Приведите структурные формулы веществ 1-18.

2. Приведите структурные формулы двух энантиомеров офлоксацина. Для обозначения атомов в пространстве используйте клиновидные проекции. Например, формулы энантиомеров для бутанола-2 выглядят следующим образом.



Согласно правилам Кана-Ингольда-Прелога определите конфигурацию хирального центра для каждого энантиомера (*S*- или *R*-энантиомер).

3. Определите удельный угол оптического вращения офлоксацина (рацемическая смесь) и (+)офлоксацина (ответ представьте в виде:  $[\alpha]_D^{25}(\dots) = ?^\circ$  ( $c=0,2$ ,  $\text{CHCl}_3$ )).

Маски и перчатки прочно вошли в нашу жизнь в связи с пандемией в уходящем 2020 году. Однако помимо «плохих новостей» есть и хорошие. Многие люди стали не только чаще мыть руки, но и делают это теперь тщательнее, чем раньше. В результате снизилось количество заболеваний, связанных с бактериальными инфекциями. Альтернативой для мытья рук (например, в общественном месте) является их обработка антисептичными средствами. Антисептики представляют собой жидкости, в состав которых входят вещества различных классов органических и неорганических соединений. В частности, одним из таких соединений является азотсодержащее производное **28**, синтез которого показан на приведенной ниже схеме.

4. Приведите структурные формулы соединений 19-28.

