

**Всесибирская открытая олимпиада школьников по химии
Заключительный этап 2009-2010 уч. года**

9 класс

Задание 1. Однажды в химической лаборатории начался ремонт, и таблицу Менделеева, висевшую на стене, свернули и убрали в темный угол. Элементы долго и уныло смотрели друг на друга. Наконец, не от хвастовства, а больше от скуки, металлы стали выяснять, кто из них важнее всего для человека. Естественно, спор открыли самые активные:

– Мы самые полезные! – заявила парочка **1** и **2**. – Нас в организме больше всего, мы участвуем почти во всех процессах. Мозг управляет организмом, посылая импульсы по нервам, как по проводам, а это – наша заслуга. Что может быть важнее?

– Да вас, щелочных, никто и в металлическом состоянии-то никогда не видел! Какие вы вообще металлы? – возмутилась рыжая **3**. – А что касается проводов, то их как раз из меня и делают, потому что я не только ток отлично провожу, но и окисляюсь непросто.

– Да что бы ты делала без меня? – обиделось **4**. – А соединять провода как? Пайкой. А чем паять? Мною. Самое красивое, что из тебя делают – бронза. А с чем тебя при этом сплавляют? Снова со мной.

– Пайка – вещь полезная, – тонким голоском прозвенел **5**. – Но раз уж зашла речь о проводах, то лучше всего их делать из меня. Ток провожу не хуже, зато я гораздо легче. Благодаря мне человек вообще летать может.

– Летать... Не забывай, что ты мягкий, – напомнил ему **6** (сосед номера **1**). – Если бы не я, самолет согнулся бы еще на земле! А со мной он не только легче, но и прочнее!

– Прочнее? Может, поговорим о химической прочности? – предложило **7**. – Вы, **4** и **5**, даже в щелочи растворяетесь, а **6**, вообще, с горячей водой реагирует. А я не только ток провожу лучше всех, но еще и благородное. Сколько из меня украшений и денег сделано – все ваши самолеты купить можно.

– Ты? Благородное? – поперхнулось **8**. – Ты тоже недалеко от них ушло, в азотной кислоте, как сахар в воде, растворяешься! Благородство должно быть во всем. Это не только химическая стойкость, но даже цвет, – добавило оно и как бы невзначай сверкнуло желтоватым блеском.

– Быть по-настоящему благородным хорошо, – согласилась **9**. – Но какая от цвета польза? Я, например, уже давно дороже тебя. А почему? Потому что я важнейшие химические процессы ускоряю, но не расходуясь.

– А я расходуясь! – не выдержало **10**. – И, может, больше всех вас, вместе взятых! И горжусь этим! Годовой объем мирового производства стали больше 1,3 млрд. т! А из чего сталь? Из меня!

– Ну, сталь, положим, не только из тебя, – перебил его **11**. – Да и ржавеет она, и ломается, и стирается. А спасаю ее от всего этого я, потому что я самый твердый и стойкий к коррозии металл. Сталь с моими добавками так и называется – нержавеющая.

– А вот в меня ничего не надо добавлять, – гордо заявил **12**. – Я сам и твердый, и легкий, и не ржавею. И тот, кто не скупится, конструирует именно из меня. Если бы гигантский корабль с похожим на меня именем был еще и сделан именно из меня, он бы об айсберг не раскололся.

– Не о том вы говорите, – из самого подвала таблицы пробасил тяжелый **13**, излучающий от недовольства во все стороны смертоносные лучи. – Что человечеству для вашего производства нужно? Энергия! Сожжет скоро человек всю нефть с углем и поймет, что самый необходимый ему металл – я.

– Только не полуразложись от гордости раньше времени, – съязвил тоже не очень легкий **14**. – Если бы мои оболочки, кожухи и экраны не защищали человека от твоих лучей – тебя бы вообще не использовали.

Долго могли еще спорить металлы, увеличивая объем и без того не самой короткой задачи, но, на Ваше счастье, устав от неподвижности, наружу вытекла злодейка **15**, и растворила большинство спорщиков. У нее не было никакого желания хвастаться, да и вообще была она самая вредная.

1. Приведите символы металлов **1-15**, обозначенных в рассказе.
2. Напишите уравнения упомянутых в тексте реакций: **4** и **5** – со щелочью, **6** – с водой, **7** – с азотной кислотой.
3. Как называется, и какой состав имеет жидкость, в которой растворяются и «по-настоящему благородные» **8** и **9**? Напишите уравнения и этих реакций.
4. Кроме различных бронз, металл **3** образует еще один класс широко известных сплавов – латуни. Назовите второй компонент всех латуней.
5. Конечно, **10** забыло упомянуть о неметалле, входящем в состав любой стали (справедливости ради, его содержание от 0,022 до 2,14 %). Что это за компонент? Как называются сплавы **10** с большим содержанием этого неметалла? А как вообще называется процесс добавления в стали других элементов с целью улучшения нужных характеристик?
6. Как называют жидкие сплавы – растворы металлов в **15**?



Задание 2. Оценки экономистов показывают, что в настоящее время мировой дефицит нефтяных моторных топлив составляет порядка 10 млн. т. Одной из главных альтернатив таким топливам является пропан-бутановая смесь, использование которой в последние годы резко увеличивается в связи с ростом цен на бензин, истощением запасов нефти, ухудшением экологической обстановки в городах и т.д. Заправка автомобилей такой смесью осуществляется на автомобильных газозаправочных станциях (АГЗС).



Пропан-бутан – смесь двух газообразных углеводородов, вырабатываемая из нефти и сконденсированных нефтяных газов. В обиходе ее часто называют просто пропан. Смесь легко сжижается при понижении температуры ($t_{\text{кип}} \sim -42^\circ\text{C}$ при $P = 1\text{ атм}$) или повышении давления; критическая температура смеси составляет около $+96^\circ\text{C}$. Хранят и перевозят жидкую смесь под давлением в 16 атм.

Газовоз привез на АГЗС $3,5\text{ м}^3$ жидкого пропан-бутана с плотностью $0,584\text{ г/см}^3$ (измерения проведены при 0°C) и массовым содержанием 58 % C_3H_8 и 42 % C_4H_{10} .

1. Рассчитайте мольное отношение компонентов смеси и общее количество молекул и атомов в цистерне газозова. Во сколько раз больший объем заняла бы эта смесь при н.у. ($t=0^\circ\text{C}$, $P=1\text{ атм}$)?
2. Напишите уравнения реакций сгорания пропана и бутана и рассчитайте их тепловые эффекты. Стандартные теплоты образования составляют (кДж/моль): $103,9$ ($\text{C}_3\text{H}_{8(\text{г})}$), $126,2$ ($\text{C}_4\text{H}_{10(\text{г})}$), $393,5$ ($\text{CO}_{2(\text{г})}$), $241,8$ ($\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$).
3. Вычислите количество тепла, которое выделится при сгорании всей смеси, содержащейся в газозове.
4. На соседнюю заправку (АЗС) завезли бензин в цистерне такого же объема. Считая, что бензин состоит из чистого октана C_8H_{18} ($t_{\text{кип}} = 125,5^\circ\text{C}$, $\rho = 0,703\text{ г/см}^3$, $Q^0_{\text{обр}} = 249,9\text{ кДж/моль}$), рассчитайте количество атомов в цистерне бензовоза и количество тепла, которое выделится при сгорании всего бензина. Какой вид топлива более выгоден для автолюбителя и во сколько раз, если соотношение цен за 1 м^3 топлива на рынке 5:3 не в пользу бензина?
5. Изобразите структурные формулы пропана, бутана (2 изомера) и такого изомера октана, в котором все атомы водорода структурно эквивалентны (неразличимы, т.е. имеют одинаковое атомное окружение).



Задание 3. На столе в один ряд стоят четыре стаканчика с растворами солей. В каждом из растворов содержится по одной соли, причем катионы и анионы у всех солей разные. Растворы отличаются друг от друга цветом, объемом и концентрацией солей. Точно известно, что:

- I. В **первом** стаканчике соль **натрия**.
- II. В стаканчике с раствором **голубого** цвета соль **меди**.
- III. Стаканчик с **фиолетовым** раствором находится непосредственно справа от стаканчика с **голубым** раствором.
- IV. В одном из стаканчиков растворён **сульфат хрома(III)**.
- V. Раствор объемом **150 мл** находится рядом с раствором с концентрацией **0,03 моль/л (М)**.
- VI. Раствор объемом **100 мл** окрашен в **жёлто-коричневый** цвет.
- VII. Раствор объемом **160 мл** содержит соль **калия**.
- VIII. Раствор в **третьем** стаканчике содержит **хлорид**.
- IX. Рядом с раствором объемом **150 мл** находится раствор **трииодида**.
- X. Концентрация раствора объемом **250 мл** равна **0,004 М**.
- XI. Раствор соли **натрия** находится рядом с раствором **зелёного** цвета.
- XII. Концентрация раствора **зелёного** цвета равна **0,001 М**.
- XIII. В **фиолетовом** растворе содержится **перманганат**.



Юный химик Дима, пытаясь разобраться на бумаге, в каком из стаканов находится раствор с наибольшей массовой долей, понял, что ему не хватает данных, и решил немного поэкспериментировать. При смешивании растворов зелёного и голубого цветов видимых изменений не произошло – получился сине-зелёный раствор. Тогда Дима к фиолетовому (несколько не прозрачному) раствору начал приливать раствор жёлто-коричневого цвета (также совсем не прозрачный). Увидев, что из раствора выпадает очень тёмный осадок, он обрадовался, и смешал оба раствора целиком. Через некоторое время он аккуратно отфильтровал осадок и обнаружил, что смесь растворов стала совершенно прозрачной и бесцветной. Масса осадка после сушки в вакууме при 250 °С составила 1,391 г.

– Вот, теперь всё сходится! – обрадовался Дима, проведя необходимые расчёты, и дописал в своём журнале все молярные и массовые концентрации растворов.

1. Воспользовавшись данными I-XIII, установите, какие катионы и анионы содержатся в каждом из стаканов. Какие цвета, объёмы и молярные концентрации имеют налитые в них растворы? Ответ на этот вопрос удобно представить в виде таблицы, в которой, однако, одна клетка пока останется пустой.
2. Напишите уравнение реакции, проведённой Димой, повторите его вычисления и завершите заполнение таблицы.
3. Рассчитайте массовые концентрации солей в растворах, приняв плотность растворов 1 г/см³.
4. Опишите превращения, которые наблюдал бы юный химик Дима, если бы он смешивал желто-коричневый раствор с голубым, а зелёный – с фиолетовым? Приведите уравнения реакций.

Стаканчик	1	2	3	4
Катион				
Анион				
Цвет				
Объём				
Концентрация, М				

Задание 4. Жил когда-то Мудрый Химик (МХ), была у него лаборатория и ученик способный, Юный Химик (ЮХ). Однажды МХ понадобилось срочно отлучиться, а что бы ЮХ не скучал, МХ придумал для него занятие:

– Возьми банку с ... (**хлорид А** с массовой долей хлора 66,28 %), пробирку, спиртовку и универсальную индикаторную бумагу (в нейтральной среде она желтая, в кислой – красная, в щелочной – синяя). Перенеси немного вещества в пробирку,крепи ее и нагрей в пламени спиртовки. Когда увидишь пары (**газ Б**) над отверстием пробирки – опусти полоску влажной индикаторной бумажки прямо в них и запиши ее цвет.

– И всё? – удивился ЮХ.

МХ таинственно улыбнулся и вышел.

ЮХ сделал всё, как велел учитель, поднёс бумажку...

– Удивительно, – пробормотал ЮХ, глядя на сине-зелёную окраску бумажки (**результат 1**).

Решил он проверить результат, использовал еще полоску индикаторной бумаги, и удовлетворенно хмыкнул, увидев слабую красную окраску (**результат 2**). На дне пробирки тем временем уже ничего не осталось.

ЮХ догадался, в чем подвох, а Вы?

1. Установите формулу и приведите название **хлорида А**. Подтвердите ответ расчетом.
2. Напишите уравнение реакции, приводящей к образованию паров **газа Б** и назовите продукты реакции.
3. **Результат 1** явно вызвал недоумение у ЮХ. Какой цвет индикатора он ожидал увидеть и почему? Вслед за ЮХ попробуйте и Вы объяснить **результаты 1 и 2**. В качестве аргументов используйте уравнения реакций и простейшие физические законы.

В справочнике по свойствам неорганических веществ находим следующие характеристики **хлорида А**. Белый порошок, летучий, термически малоустойчивый. Хорошо растворим в воде, кристаллогидратов не образует. Разлагается концентрированными серной и азотной кислотами, щелочами; при спекании реагирует с типичными металлами, оксидами, карбонатами, нитритами металлов.

4. Напишите уравнения реакций **хлорида А**, которыми охарактеризованы его свойства: с $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})}$, $\text{HNO}_{3(\text{к})}$, NaOH , Mg , ZnO , CuO , CaCO_3 , NaNO_2 . Поскольку именно с такими реакциями Вы могли раньше и не сталкиваться, сначала подумайте, как могли бы реагировать с этими веществами продукты разложения **хлорида А**, а затем пишите требуемые уравнения.



Задание 5. Оксиды элементов **X** и **Y** – одни из основных компонентов техногенного смога. Являясь химически активными веществами, они разрушают живые ткани, вызывая удушье, а в экстремальных случаях и гибель людей. Их присутствие в воздухе вызывает такое хорошо известное явление, как кислотные дожди, что сопровождается увяданием растений, коррозией металлических конструкций, а также разрушением резины, красителей и других материалов.

Однако есть и хорошие новости. За два последних десятилетия было установлено, что один из оксидов **X** (оксид **A**) обладает широким спектром биологического действия, в том числе регуляторным и защитным. В частности, его молекула участвует в регуляции систем внутри- и межклеточной сигнализации. В журнале "Science" в 1992 году молекула **A** была названа молекулой года, а в 1998 г трое американских ученых – Фурчготт, Игнаро и Мюрад – были удостоены премии Нобелевского комитета по физиологии «за открытия, касающиеся **A** как сигнальной молекулы в сердечно-сосудистой системе».

Правда сам оксид **A** в смоге отсутствует, поскольку на воздухе уже при комнатной температуре легко присоединяет кислород, образуя соединение **B**. А вот присутствующий в смоге оксид элемента **Y** (оксид **B**) с кислородом реагирует только в специальных условиях (образуется соединение **Г**). Плотность паров соединения **B** по водороду при 135 °С равна 23, а соединения **Г** – 40.

1. Установите элементы **X** и **Y**, вещества **A-Г**. Ответы подтвердите расчётами. Напишите уравнения реакций оксидов **A** и **B** с кислородом. Предложите по одному промышленному и лабораторному способу получения оксидов **A** и **B**. Укажите условия протекания всех реакций.
2. Вычислите объёмный состав такой смеси оксидов **A** и **B**, в которой равны массовые доли элементов **X** и **Y**. Рассчитайте объём кислорода (л), необходимый для реакции с 1 л этой смеси.

При пропускании оксида **B** в безводную азотную кислоту при охлаждении можно получить соединение **Б**. Это же вещество получается при взаимодействии оксида **A** с 75% серной кислотой при одновременном доступе кислорода. Оно представляет собой бесцветные кристаллы, плавящиеся при 73 °С и является ключевым промежуточным продуктом несколько устаревшего способа получения серной кислоты. С холодной водой быстро реагирует с образованием светло-голубого раствора, содержащего неустойчивое вещество **Ъ**. При повышении температуры раствор теряет окраску, происходит образование оксида **A**. При обработке водой 2,54 г вещества **Б** и последующем прибавлении избытка раствора хлорида бария выпадает 4,67 г белого осадка. При нагревании этого раствора выделяется 0,299 л оксида **A** (н.у.), с осадком же ничего не происходит.

3. Установите вещества **Б** и **Ъ**, напишите уравнения всех описанных реакций.



Всесибирская открытая олимпиада школьников по химии
Заключительный этап 2009-2010 уч. года

10 класс

Задание 1. Однажды в химической лаборатории начался ремонт, и таблицу Менделеева, висевшую на стене, свернули и убрали в темный угол. Элементы долго и уныло смотрели друг на друга. Наконец, не от хвастовства, а больше от скуки, металлы стали выяснять, кто из них важнее всего для человека. Естественно, спор открыли самые активные:

– Мы самые полезные! – заявила парочка **1** и **2**. – Нас в организме больше всего, мы участвуем почти во всех процессах. Мозг управляет организмом, посылая импульсы по нервам, как по проводам, а это – наша заслуга. Что может быть важнее?

– Да вас, щелочных, никто и в металлическом состоянии-то никогда не видел! Какие вы вообще металлы? – возмутилась рыжая **3**. – А что касается проводов, то их как раз из меня и делают, потому что я не только ток отлично провожу, но и окисляюсь непросто.

– Да что бы ты делала без меня? – обиделось **4**. – А соединять провода как? Пайкой. А чем паять? Мною. Самое красивое, что из тебя делают – бронза. А с чем тебя при этом сплавляют? Снова со мной.

– Пайка – вещь полезная, – тонким голоском прозвенел **5**. – Но раз уж зашла речь о проводах, то лучше всего их делать из меня. Ток провожу не хуже, зато я гораздо легче. Благодаря мне человек вообще летать может.

– Летать... Не забывай, что ты мягкий, – напомнил ему **6** (сосед номера **1**). – Если бы не я, самолет согнулся бы еще на земле! А со мной он не только легче, но и прочнее!

– Прочнее? Может, поговорим о химической прочности? – предложило **7**. – Вы, **4** и **5**, даже в щелочи растворяетесь, а **6**, вообще, с горячей водой реагирует. А я не только ток провожу лучше всех, но еще и благородное. Сколько из меня украшений и денег сделано – все ваши самолеты купить можно.

– Ты? Благородное? – поперхнулось **8**. – Ты тоже недалеко от них ушло, в азотной кислоте, как сахар в воде, растворяешься! Благородство должно быть во всем. Это не только химическая стойкость, но даже цвет, – добавило оно и как бы невзначай сверкнуло желтоватым блеском.

– Быть по-настоящему благородным хорошо, – согласилась **9**. – Но какая от цвета польза? Я, например, уже давно дороже тебя. А почему? Потому что я важнейшие химические процессы ускоряю, но не расходуясь.

– А я расходуясь! – не выдержало **10**. – И, может, больше всех вас, вместе взятых! И горжусь этим! Годовой объем мирового производства стали больше 1,3 млрд. т! А из чего сталь? Из меня!

– Ну, сталь, положим, не только из тебя, – перебил его **11**. – Да и ржавеет она, и ломается, и стирается. А спасаю ее от всего этого я, потому что я самый твердый и стойкий к коррозии металл. Сталь с моими добавками так и называется – нержавеющая.

– А вот в меня ничего не надо добавлять, – гордо заявил **12**. – Я сам и твердый, и легкий, и не ржавею. И тот, кто не скупится, конструирует именно из меня. Если бы гигантский корабль с похожим на меня именем был еще и сделан именно из меня, он бы об айсберг не раскололся.

– Не о том вы говорите, – из самого подвала таблицы пробасил тяжелый **13**, излучающий от недовольства во все стороны смертоносные лучи. – Что человечеству для вашего производства нужно? Энергия! Сожжет скоро человек всю нефть с углем и поймет, что самый необходимый ему металл – я.

– Только не полуразложись от гордости раньше времени, – съязвил тоже не очень легкий **14**. – Если бы мои оболочки, кожухи и экраны не защищали человека от твоих лучей – тебя бы вообще не использовали.

Долго могли еще спорить металлы, увеличивая объем и без того не самой короткой задачи, но, на Ваше счастье, устав от неподвижности, наружу вытекла злодейка **15**, и растворила большинство спорщиков. У нее не было никакого желания хвастаться, да и вообще была она самая вредная.

7. Приведите символы металлов **1-15**, обозначенных в рассказе.

8. Напишите уравнения упомянутых в тексте реакций: **4** и **5** – со щелочью, **6** – с водой, **7** – с азотной кислотой.

9. Как называется, и какой состав имеет жидкость, в которой растворяются и «по-настоящему благородные» **8** и **9**? Напишите уравнения и этих реакций.

10. Кроме различных бронз, металл **3** образует еще один класс широко известных сплавов – латуни. Назовите второй компонент всех латуней.

11. Конечно, **10** забыло упомянуть о неметалле, входящем в состав любой стали (справедливости ради, его содержание от 0,022 до 2,14 %). Что это за компонент? Как называются сплавы **10** с большим содержанием этого неметалла? А как вообще называется процесс добавления в стали других элементов с целью улучшения нужных характеристик?

12. Как называют жидкие сплавы – растворы металлов в **15**?



Задание 2. Оценки экономистов показывают, что в настоящее время мировой дефицит нефтяных моторных топлив составляет порядка 10 млн. т. Одной из главных альтернатив таким топливам является пропан-бутановая смесь, использование которой в последние годы резко увеличивается в связи с ростом цен на бензин, истощением запасов нефти, ухудшением экологической обстановки в городах и т.д. Заправка автомобилей такой смесью осуществляется на автомобильных газозаправочных станциях (АГЗС).



Пропан-бутан – смесь двух газообразных углеводородов, вырабатываемая из нефти и сконденсированных нефтяных газов. В обиходе ее часто называют просто пропан. Смесь легко сжижается при понижении температуры ($t_{\text{кип}} \sim -42\text{ }^\circ\text{C}$ при $P = 1\text{ атм}$) или повышении давления; критическая температура смеси составляет около $+96\text{ }^\circ\text{C}$. Хранят и перевозят жидкую смесь под давлением в 16 атм.

Газовоз привез на АГЗС $3,5\text{ м}^3$ жидкого пропан-бутана с плотностью $0,584\text{ г/см}^3$ (измерения проведены при $0\text{ }^\circ\text{C}$) и массовым содержанием 58 % C_3H_8 и 42 % C_4H_{10} .

- Рассчитайте мольное отношение компонентов смеси и общее количество молекул и атомов в цистерне газозова. Во сколько раз больший объем заняла бы эта смесь при н.у. ($t=0\text{ }^\circ\text{C}$, $P=1\text{ атм}$)?
- Напишите уравнения реакций сгорания пропана и бутана и рассчитайте их тепловые эффекты. Стандартные теплоты образования составляют (кДж/моль): $103,9$ ($\text{C}_3\text{H}_{8(\text{г})}$), $126,2$ ($\text{C}_4\text{H}_{10(\text{г})}$), $393,5$ ($\text{CO}_{2(\text{г})}$), $241,8$ ($\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$).
- Вычислите количество тепла, которое выделится при сгорании всей смеси, содержащейся в газозове.
- На соседнюю заправку (АЗС) завезли бензин в цистерне такого же объема. Считая, что бензин состоит из чистого октана C_8H_{18} ($t_{\text{кип}} = 125,5\text{ }^\circ\text{C}$, $\rho = 0,703\text{ г/см}^3$, $Q_{\text{обр}}^0 = 249,9\text{ кДж/моль}$), рассчитайте количество тепла, которое выделится при сгорании всего бензина. Какой вид топлива более выгоден для автолюбителя и во сколько раз, если соотношение цен за 1 м^3 топлива на рынке 5:3 не в пользу бензина?
- Изобразите структурные формулы и назовите такие изомеры октана, которые при радикальном хлорировании дадут: а) максимальное; б) минимальное количество моноклорпроизводных. Сколько моноклорпроизводных образует 4-метилгептан?



Задание 3. На столе в один ряд стоят четыре стаканчика с растворами солей. В каждом из растворов содержится по одной соли, причем катионы и анионы у всех солей разные. Растворы отличаются друг от друга цветом, объемом и концентрацией солей. Точно известно, что:

- XIV. В **первом** стаканчике соль **натрия**.
- XV. В стаканчике с раствором **голубого** цвета соль **меди**.
- XVI. Стаканчик с **фиолетовым** раствором находится непосредственно справа от стаканчика с **голубым** раствором.
- XVII. В одном из стаканчиков растворён **сульфат хрома(III)**.
- XVIII. Раствор объемом **150 мл** находится рядом с раствором с концентрацией **0,03 моль/л (М)**.
- XIX. Раствор объемом **100 мл** окрашен в **жёлто-коричневый** цвет.
- XX. Раствор объемом **160 мл** содержит соль **калия**.
- XXI. Раствор в **третьем** стаканчике содержит **хлорид**.
- XXII. Рядом с раствором объемом **150 мл** находится раствор **трииодида**.
- XXIII. Концентрация раствора объемом **250 мл** равна **0,004 М**.
- XXIV. Раствор соли **натрия** находится рядом с раствором **зелёного** цвета.
- XXV. Концентрация раствора **зелёного** цвета равна **0,001 М**.
- XXVI. В **фиолетовом** растворе содержится **перманганат**.



Юный химик Дима, пытаясь разобраться на бумаге, в каком из стаканов находится раствор с наибольшей массовой долей, понял, что ему не хватает данных, и решил немного поэкспериментировать. При смешивании растворов зелёного и голубого цветов видимых изменений не произошло – получился сине-зеленый раствор. Тогда Дима к фиолетовому (несколько не прозрачному) раствору начал приливать раствор жёлто-коричневого цвета (также совсем не прозрачный). Увидев, что из раствора выпадает очень тёмный осадок, он обрадовался, и смешал оба раствора целиком. Через некоторое время он аккуратно отфильтровал осадок и обнаружил, что смесь растворов стала совершенно прозрачной и бесцветной. Масса осадка после сушки в вакууме при 250 °С составила 1,391 г.

– Вот, теперь всё сходится! – обрадовался Дима, проведя необходимые расчёты, и дописал в своём журнале все молярные и массовые концентрации растворов.

5. Воспользовавшись данными I-XIII, установите, какие катионы и анионы содержатся в каждом из стаканов. Какие цвета, объёмы и молярные концентрации имеют налитые в них растворы? Ответ на этот вопрос удобно представить в виде таблицы, в которой, однако, одна клетка пока останется пустой.
6. Напишите уравнение реакции, проведённой Димой, повторите его вычисления и завершите заполнение таблицы.
7. Рассчитайте массовые концентрации солей в растворах, приняв плотность растворов 1 г/см³.
8. Опишите превращения, которые наблюдал бы юный химик Дима, если бы он смешивал желто-коричневый раствор с голубым, а зеленый – с фиолетовым? Приведите уравнения реакций.

Стаканчик	1	2	3	4
Катион				
Анион				
Цвет				
Объём				
Концентрация, М				

Задание 4. Корица – одна из самых старых и известных специй на земле. Один только запах корицы, доносящийся при выпечке хлебобулочного лакомства, заставляет человека "глотать слюнки" в предвкушении будущей булочки или печенья. Одним из веществ, имеющих этот пряный аромат, является бесцветная жидкость X, впервые выделенная из эфирного масла корицы. При сгорании 6,6 г паров X в избытке кислорода образуется 10,08 л (при н.у.) углекислого газа и 3,6 г воды.



1. Определите молекулярную формулу соединения X, если известно, что плотность его паров по воздуху не превышает 5.

Известно, что соединение X обладает следующими свойствами:

- а) реагирует с аммиачным раствором оксида серебра(I);
- б) обесцвечивает бромную воду;
- в) при нагревании X со щелочным раствором гидроксида меди(II) выпадает красный осадок;
- г) при нагревании X с раствором перманганата калия, подкисленным серной кислотой, образуется бензойная кислота;
- д) при обработке X водным раствором гидроксида калия образуется спирт и соль.

2. На основании описанных реакций предположите, к каким классам органических соединений можно отнести соединение X.

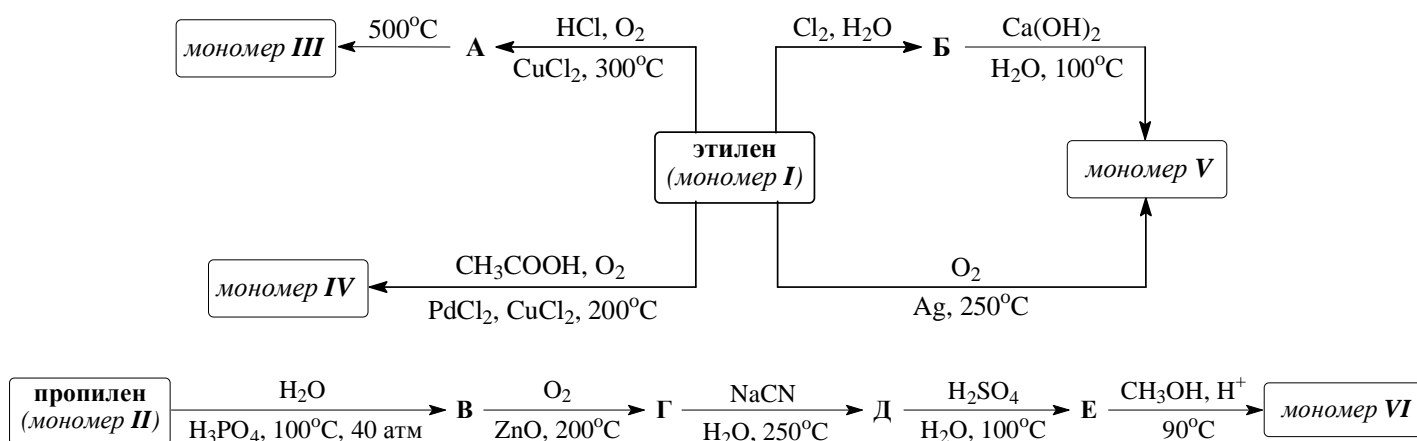
3. Определите структурную формулу соединения X и назовите его.

4. Приведите уравнения реакций а–д, описанных в условии задачи (для записи органических веществ в уравнениях реакций используйте структурные формулы).

5. Может ли соединение X существовать в виде геометрических изомеров? Если да, приведите структурные формулы этих изомеров.

Задание 5. Нефтехимическая промышленность относится к числу наиболее крупных базовых отраслей всей промышленности нашей страны. Около 10 % добываемой нефти перерабатывается химической промышленностью, а остальная часть является топливом. Среди промышленных продуктов особое место занимают полимерные соединения, которые используются в самых разнообразных областях жизнедеятельности человека.

Вещества **I–VI** являются важными мономерами, из которых затем получают высокомолекулярные соединения, с которыми мы сталкиваемся практически каждый день в быту. Ниже приведены промышленные схемы получения веществ **III–VI** из важнейших продуктов нефтепереработки – этилена (соединение **I**) или пропилена (соединение **II**).



1. Приведите структурные формулы мономеров **I–VI** и промежуточных соединений **A–E**, если дополнительно известно, что молекулярные формулы соединений **A** – $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$, а **Д** и **Е** – $\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}$.
2. Укажите названия полимеров, получаемых из мономеров **I–VI**.
3. Наиболее распространенным промышленным методом получения соединения **Г** является "кумольный способ", использующий в качестве исходного соединения кумол (изопропилбензол). Приведите эту промышленную схему синтеза, указав условия проведения реакций, промежуточные и побочные продукты.

Всесибирская открытая олимпиада школьников по химии
Заключительный этап 2009-2010 уч. года

11 класс

Задание 1. Однажды в химической лаборатории начался ремонт, и таблицу Менделеева, висевшую на стене, свернули и убрали в темный угол. Элементы долго и уныло смотрели друг на друга. Наконец, не от хвастовства, а больше от скуки, металлы стали выяснять, кто из них важнее всего для человека. Естественно, спор открыли самые активные:

– Мы самые полезные! – заявила парочка **1** и **2**. – Нас в организме больше всего, мы участвуем почти во всех процессах. Мозг управляет организмом, посылая импульсы по нервам, как по проводам, а это – наша заслуга. Что может быть важнее?

– Да вас, щелочных, никто и в металлическом состоянии-то никогда не видел! Какие вы вообще металлы? – возмутилась рыжая **3**. – А что касается проводов, то их как раз из меня и делают, потому что я не только ток отлично провожу, но и окисляюсь непросто.

– Да что бы ты делала без меня? – обиделось **4**. – А соединять провода как? Пайкой. А чем паять? Мною. Самое красивое, что из тебя делают – бронза. А с чем тебя при этом сплавляют? Снова со мной.

– Пайка – вещь полезная, – тонким голоском прозвенел **5**. – Но раз уж зашла речь о проводах, то лучше всего их делать из меня. Ток провожу не хуже, зато я гораздо легче. Благодаря мне человек вообще летать может.

– Летать... Не забывай, что ты мягкий, – напомнил ему **6** (сосед номера **1**). – Если бы не я, самолет согнулся бы еще на земле! А со мной он не только легче, но и прочнее!

– Прочнее? Может, поговорим о химической прочности? – предложило **7**. – Вы, **4** и **5**, даже в щелочи растворяетесь, а **6**, вообще, с горячей водой реагирует. А я не только ток провожу лучше всех, но еще и благородное. Сколько из меня украшений и денег сделано – все ваши самолеты купить можно.

– Ты? Благородное? – поперхнулось **8**. – Ты тоже недалеко от них ушло, в азотной кислоте, как сахар в воде, растворяешься! Благородство должно быть во всем. Это не только химическая стойкость, но даже цвет, – добавило оно и как бы невзначай сверкнуло желтоватым блеском.

– Быть по-настоящему благородным хорошо, – согласилась **9**. – Но какая от цвета польза? Я, например, уже давно дороже тебя. А почему? Потому что я важнейшие химические процессы ускоряю, но не расходуясь.

– А я расходуясь! – не выдержало **10**. – И, может, больше всех вас, вместе взятых! И горжусь этим! Годовой объем мирового производства стали больше 1,3 млрд. т! А из чего сталь? Из меня!

– Ну, сталь, положим, не только из тебя, – перебил его **11**. – Да и ржавеет она, и ломается, и стирается. А спасаю ее от всего этого я, потому что я самый твердый и стойкий к коррозии металл. Сталь с моими добавками так и называется – нержавеющая.

– А вот в меня ничего не надо добавлять, – гордо заявил **12**. – Я сам и твердый, и легкий, и не ржавею. И тот, кто не скупится, конструирует именно из меня. Если бы гигантский корабль с похожим на меня именем был еще и сделан именно из меня, он бы об айсберг не раскололся.

– Не о том вы говорите, – из самого подвала таблицы пробасил тяжелый **13**, излучающий от недовольства во все стороны смертоносные лучи. – Что человечеству для вашего производства нужно? Энергия! Сожжет скоро человек всю нефть с углем и поймет, что самый необходимый ему металл – я.

– Только не полуразложись от гордости раньше времени, – съязвил тоже не очень легкий **14**. – Если бы мои оболочки, кожухи и экраны не защищали человека от твоих лучей – тебя бы вообще не использовали.

Долго могли еще спорить металлы, увеличивая объем и без того не самой короткой задачи, но, на Ваше счастье, устав от неподвижности, наружу вытекла злодейка **15**, и растворила большинство спорщиков. У нее не было никакого желания хвастаться, да и вообще была она самая вредная.

13. Приведите символы металлов **1-15**, обозначенных в рассказе.

14. Напишите уравнения упомянутых в тексте реакций: **4** и **5** – со щелочью, **6** – с водой, **7** – с азотной кислотой.

15. Как называется, и какой состав имеет жидкость, в которой растворяются и «по-настоящему благородные» **8** и **9**? Напишите уравнения и этих реакций.

16. Кроме различных бронз, металл **3** образует еще один класс широко известных сплавов – латуни. Назовите второй компонент всех латуней.

17. Конечно, **10** забыло упомянуть о неметалле, входящем в состав любой стали (справедливости ради, его содержание от 0,022 до 2,14 %). Что это за компонент? Как называются сплавы **10** с большим содержанием этого неметалла? А как вообще называется процесс добавления в стали других элементов с целью улучшения нужных характеристик?

18. Как называют жидкие сплавы – растворы металлов в **15**?



Задание 2. Оценки экономистов показывают, что в настоящее время мировой дефицит нефтяных моторных топлив составляет порядка 10 млн. т. Одной из главных альтернатив таким топливам является пропан-бутановая смесь, использование которой в последние годы резко увеличивается в связи с ростом цен на бензин, истощением запасов нефти, ухудшением экологической обстановки в городах и т.д. Заправка автомобилей такой смесью осуществляется на автомобильных газозаправочных станциях (АГЗС).



Пропан-бутан – смесь двух газообразных углеводородов, вырабатываемая из нефти и сконденсированных нефтяных газов. В обиходе ее часто называют просто пропан. Смесь легко сжижается при понижении температуры ($t_{\text{кип}} \sim -42\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $P = 1\text{ атм}$) или повышении давления; критическая температура смеси составляет около $+96\text{ }^{\circ}\text{C}$. Хранят и перевозят жидкую смесь под давлением в 16 атм.

Газовоз привез на АГЗС $3,5\text{ м}^3$ жидкого пропан-бутана с плотностью $0,584\text{ г/см}^3$ (измерения проведены при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) и массовым содержанием 58 % C_3H_8 и 42 % C_4H_{10} .

11. Рассчитайте мольное отношение компонентов смеси и общее количество атомов в цистерне газовоза. Во сколько раз больший объем заняла бы эта смесь при н.у. ($t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=1\text{ атм}$)?
12. Напишите уравнения реакций сгорания пропана и бутана и рассчитайте их тепловые эффекты. Стандартные теплоты образования составляют (кДж/моль): $103,9$ ($\text{C}_3\text{H}_{8(\text{г})}$), $126,2$ ($\text{C}_4\text{H}_{10(\text{г})}$), $393,5$ ($\text{CO}_{2(\text{г})}$), $241,8$ ($\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$).
13. Вычислите количество тепла, которое выделится при сгорании всей смеси, содержащейся в газовозе. Поясните физический смысл понятия «критическая температура» для этой смеси.
14. На соседнюю заправку (АЗС) завезли бензин в цистерне такого же объема. Считая, что бензин состоит из чистого октана C_8H_{18} ($t_{\text{кип}} = 125,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\rho = 0,703\text{ г/см}^3$, $Q_{\text{обр}}^0 = 249,9\text{ кДж/моль}$), рассчитайте количество тепла, которое выделится при сгорании всего бензина. Какой вид топлива более выгоден для автолюбителя и во сколько раз, если соотношение цен за 1 м^3 топлива на рынке 5:3 не в пользу бензина?
15. Назовите изомеры октана, которые при радикальном хлорировании дадут: а) максимальное; б) минимальное количество монохлорпроизводных. Сколько монохлорпроизводных образует 4-метилгептан? А какие из структурных изомеров октана оптически активны? Назовите их.



Задание 3. На столе в один ряд стоят пять стаканчиков с растворами солей. В каждом из растворов содержится по одной соли, причем катионы и анионы у всех солей разные. Растворы отличаются друг от друга цветом, объемом и концентрацией солей. Точно известно, что:



- XXVII. В первом стаканчике соль **натрия**.
- XXVIII. В стаканчике с раствором **голубого** цвета соль **меди**.
- XXIX. Стаканчик с **фиолетовым** раствором находится непосредственно слева от стаканчика с **бесцветным** раствором.
- XXX. В одном из стаканчиков растворён **сульфат хрома(III)**.
- XXXI. Раствор объемом **150 мл** находится рядом с раствором с концентрацией **0,03 моль/л (М)**.
- XXXII. Раствор объемом **100 мл** окрашен в **жёлто-коричневый** цвет.
- XXXIII. Раствор объемом **160 мл** содержит соль **калия**.
- XXXIV. Раствор в центральном стаканчике содержит **хлорид**.
- XXXV. Рядом с раствором объемом **150 мл** находится раствор **трииодида**.
- XXXVI. Концентрация раствора объемом **250 мл** равна **0,004 М**.
- XXXVII. Концентрация раствора соли **ртути** равна **0,0025 М**.
- XXXVIII. Раствор соли **натрия** находится рядом с раствором **зелёного** цвета.
- XXXIX. Концентрация раствора **зелёного** цвета равна **0,001 М**.

XL. Раствор объёмом 200 мл содержит нитрат.

XLI. В фиолетовом растворе содержится перманганат.

Юный химик Дима, пытаясь разобраться на бумаге, в каком из стаканов находится раствор с наибольшей массовой долей, понял, что ему не хватает данных, и решил немного поэкспериментировать. Сначала Дима к фиолетовому (несколько не прозрачному) раствору начал приливать раствор жёлто-коричневого цвета (также совсем не прозрачный). Увидев, что из раствора выпадает очень тёмный осадок, он обрадовался, и смешал оба раствора целиком. Через некоторое время он аккуратно отфильтровал осадок и обнаружил, что смесь растворов стала совершенно прозрачной и бесцветной. Масса осадка после сушки в вакууме при 250 °С составила 1,391 г. Затем в раствор, окрашенный в голубой цвет, Дима вылил бесцветный раствор. На удивление Димы раствор сохранил голубую окраску, но образовался белый осадок. После фильтрования и тщательной сушки получилось 0,236 г осадка.

– Вот, теперь всё сходится! – обрадовался Дима, проведя необходимые расчёты, и дописал в своём журнале все молярные и массовые концентрации растворов.

9. Воспользовавшись данными I-XV, установите, какие катионы и анионы содержатся в каждом из стаканов. Какие цвета, объёмы и молярные концентрации имеют налитые в них растворы? Ответ на этот вопрос удобно представить в виде таблицы, в которой, однако, две клетки пока останутся пустыми.

Стаканчик	1	2	3	4	5
Катион					
Анион					
Цвет					
Объём					
Концентрация, М					

10. Напишите уравнения реакций, проведённых Димой, повторите его вычисления и завершите заполнение таблицы.

11. Рассчитайте массовые концентрации солей в растворах, приняв плотность растворов 1 г/см³.

12. Опишите превращения, которые наблюдал бы юный химик Дима, если бы он смешивал желто-коричневый раствор с голубым, а зеленый – с фиолетовым? Приведите уравнения реакций.

Задание 4. Корица – одна из самых старых и известных специй на земле. Один только запах корицы, доносящийся при выпечке хлебобулочного лакомства, заставляет человека "глотать слюнки" в предвкушении будущей булочки или печенья. Одним из веществ, имеющих этот пряный аромат, является бесцветная жидкость **X**, впервые выделенная из эфирного масла корицы. При сгорании 6,6 г паров **X** в избытке кислорода образуется 10,08 л (при н.у.) углекислого газа и 3,6 г воды.



1. Определите молекулярную формулу соединения **X**, если известно, что плотность его паров по воздуху не превышает 5.

Известно, что соединение **X** обладает следующими свойствами:

- реагирует с аммиачным раствором оксида серебра(I);
- обесцвечивает бромную воду;
- при нагревании **X** с щелочным раствором гидроксида меди(II) выпадает красный осадок;
- при нагревании **X** с раствором перманганата калия, подкисленным серной кислотой, образуется бензойная кислота;
- при обработке **X** водным раствором гидроксида калия образуется спирт и соль.

2. На основании описанных реакций, предположите, к каким классам органических соединений можно отнести соединение **X**.

3. Определите структурную формулу соединения **X** и назовите его.

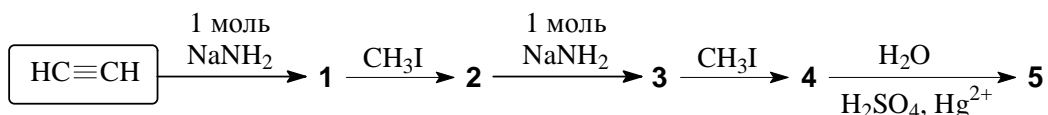
4. Приведите уравнения реакций *a–d*, описанных в условии задачи (для записи органических веществ в уравнениях реакций используйте структурные формулы).

5. Может ли соединение **X** существовать в виде геометрических изомеров? Если да, приведите структурные формулы этих изомеров.

Задание 5. В органической химии существует довольно большое количество соединений, являющихся так называемыми СН-кислотами. Это класс соединений, у которых в определенных условиях (сильноосновная и, как правило, безводная среда) может проходить диссоциация по связи С–Н с образованием довольно устойчивых карбоанионов. Конечно, по силе такие кислоты значительно уступают кислотам, в которых диссоциация происходит по связи О–Н.

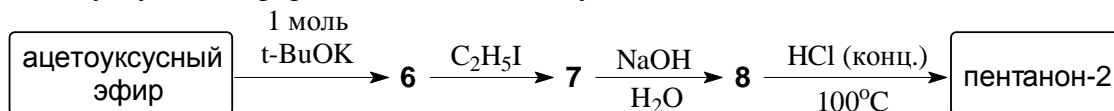


Типичным представителем СН-кислот является хорошо знакомое Вам соединение – ацетилен. Проявление кислотных свойств ацетиленом и вообще алкинами со связью $C\equiv C$ в конце углеродной цепи (терминальные или концевые алкины) широко используется в синтетической органической химии, например, для увеличения числа атомов углерода в углеродной цепи. Ниже Вашему вниманию представлена схема превращений ацетилена, которая иллюстрирует его СН-кислотные свойства.



1. Приведите структурные формулы соединений 1–5.
2. Проявление СН-кислотных свойств терминальными алкинами, помимо "наращивания" углеродной цепи, используется также для того, чтобы отличить их от алкинов, не имеющих концевой связи $C\equiv C$. Приведите уравнение реакции, с помощью которой можно отличить алкин 2 от алкина 4.
3. Превращение 4→5 происходит по правилу Марковникова через образование нестабильного продукта – енола. Приведите структурную формулу этой енольной формы.

Другим представителем СН-кислот является ацетоуксусный эфир (этиловый эфир 3-кетобутановой кислоты). Способность к образованию устойчивых анионов широко используется для получения самых разнообразных классов органических соединений. Ниже представлена схема превращений ацетоуксусного эфира, позволяющая получить пентанон-2.



$t-BuOK = (CH_3)_3COK$ - третбутилат калия (используется в качестве сильного основания)

4. Приведите структурные формулы соединений 6–8, ацетоуксусного эфира и пентанона-2.
5. Анион, образующийся из ацетоуксусного эфира под действием оснований, обладает повышенной стабильностью. Попробуйте объяснить такую стабильность, приведя необходимые пояснения и соответствующие резонансные структуры аниона.
6. В растворах ацетоуксусный эфир способен существовать как в кето-, так и в енольной форме (кето-енольная таутомерия). Приведите уравнение реакции, иллюстрирующее это равновесие.
7. Известно, что содержание енольной формы ацетоуксусного эфира в водном растворе составляет ~6 мольн. %, а в растворе в *n*-гексане доля енольной формы возрастает до ~50 мольн. %. Рассчитайте соотношение концентраций енольной к кетонной формам. Попробуйте объяснить, почему доля кето-формы ацетоуксусного эфира уменьшается при переходе от водного раствора к раствору в *n*-гексане.