

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.

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 металла? 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.

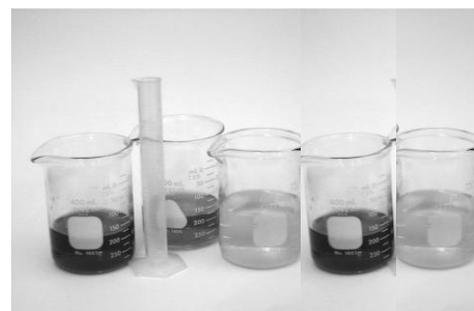
Газовоз привез на АГЗС $3,5\text{ м}^3$ жидкого пропан-бутана с плотностью $0,584\text{ г/см}^3$ (измерения проведены при 0°C) и массовым содержанием 58 % C_3H_8 и 42 % C_4H_{10} .

1. Рассчитайте мольное отношение компонентов смеси и общее количество атомов в цистерне газовоза. 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 газовозе. Поясните физический смысл понятия «критическая температура» для этой смеси.
4. На соседнюю заправку (АЗС) завезли бензин в цистерне такого же объема. Считая, что бензин состоит из чистого октана C_8H_{18} ($t_{\text{кип}} = 125,5^\circ\text{C}$, $\rho = 0,703\text{ г/см}^3$, $Q_{\text{обр}}^0 = 249,9\text{ кДж/моль}$), 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?
5. 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:

- I. В первом стаканчике соль **натрия**.
- II. В стаканчике с раствором **голубого** цвета соль **меди**.
- III. Стаканчик с **фиолетовым** раствором находится непосредственно слева от стаканчика с **бесцветным** 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 центральном стаканчике содержит **хлорид**.
- IX. Рядом с раствором объемом **150 мл** находится раствор **трииодида**.
- X. Концентрация раствора объемом **250 мл** равна **0,004 М**.
- XI. Концентрация раствора соли **ртути** равна **0,0025 М**.
- XII. Раствор соли **натрия** находится рядом с раствором **зелёного** цвета.
- XIII. Концентрация раствора **зелёного** цвета равна **0,001 М**.



XIV. Раствор объёмом **200** мл содержит **нитрат**.

XV. 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 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ составила $1,391\text{ г}$. 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 $0,236\text{ г}$ осадка.

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

1. 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.
2. Напишите уравнения реакций, проведённых Димой, повторите его вычисления и завершите заполнение таблицы.
3. Рассчитайте массовые концентрации солей в растворах, приняв плотность растворов 1 г/см^3 .
4. 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	5
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 $6,6\text{ г}$ паров **X** в избытке кислорода образуется $10,08\text{ л}$ (при н.у.) углекислого газа и $3,6\text{ г}$ 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:

- a) реагирует с аммиачным раствором оксида серебра(I);
- б) обесцвечивает бромную воду;
- в) при нагревании **X** с 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.

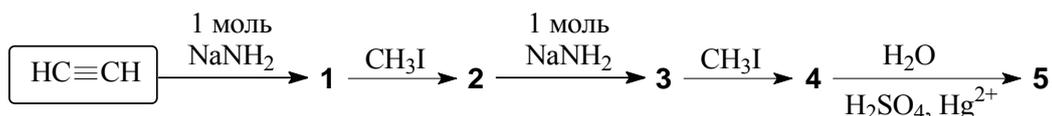
4. Приведите уравнения реакций а–д, описанных в условии задачи (для записи органических веществ в уравнениях реакций используйте структурные формулы).

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

Задание 5. 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.

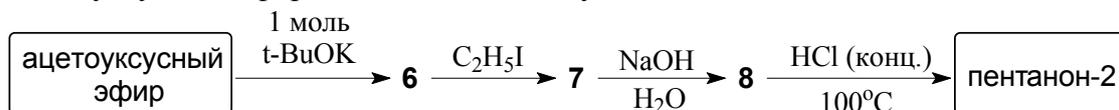


Типичным представителем СН-кислот является хорошо знакомое Вам соединение – ацетилен. Проявление кислотных свойств ацетиленом и вообще алкинами со связью $C\equiv C$ в конце углеродной цепи (терминальные или концевые алкины) широко используется в синтетической органической химии, например, для увеличения 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.



$t\text{-BuOK} = (CH_3)_3COK$ - 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.

