

Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета  
по предмету «Химия»

2014-2015 учебный год, очный тур

10 класс



**I. Задача про водородное топливо (20 баллов).**

Одним из перспективных направлений развития энергетики и двигателей является водородная энергетика. В самом деле, молекулярный водород обладает достаточно высокой тепловой сгорания, не образует при горении токсичных и/или опасных для окружающей среды веществ. Вместе с тем, развитию водородной энергетики мешает ряд факторов.

?1. Назовите самый главный фактор, «тормозящий» появление автомобилей, потребляющих водородное топливо.

Для решения проблем, связанных с этим фактором, исследователи делают попытки разработать двигатели, топливом которых был бы не сам водород, а его производные, которые называют «резервуарами водорода».

Одним из перспективных молекулярных резервуаров для водорода является полученное недавно химиками из Бостона вещество **X**, представляющее собой циклическое соединение, цепь которого образована атомами углерода, азота и еще одного элемента **Э**, расположенного в том же периоде Периодической системы, что и углерод с азотом. Вещество **X** не разлагается при нагревании до 150 °С, его молекулярная масса лежит в пределах 75-90 а.е.м., оно содержит 27,99% углерода, 32,65% азота и 25,19% элемента **Э**, причем каждый из элементов, образующих главную цепь вещества **X**, связан с двумя атомами водорода.

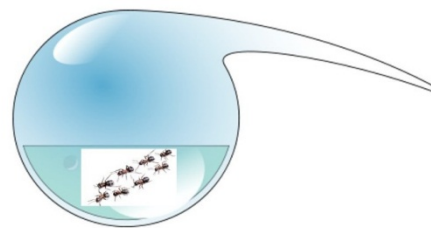
?2. Каким из элементов 2 периода элемент **Э** не может быть.

?3. Определите молекулярную формулу вещества **X**.

?4. Предложите структурную формулу вещества **X**.

Одним из показателей эффективности «аккумулятора водорода» является так называемая емкость по водороду, которая определяется как выраженное в процентах отношение массы водорода, выделяющегося при реакции 1 моля вещества-аккумулятора, к его молекулярной массе (например, если в качестве аккумулятора водорода рассматривать воду, а в качестве способа его извлечения из воды – процесс электролиза, то емкость воды по водороду составляет 11,11%).

?5. Рассчитайте емкость вещества **X** по водороду (в процентах по массе), если дополнительно известно, что на 1 моль вещества **X** выделяется 2 моль  $H_2$ . (Если Вам не удалось определить молекулярную формулу вещества **X**, необходимую для решения этого задания, определите емкость по водороду циклогексана в реакции его дегидрирования до бензола).



## II. Задача про муравьев и муравьиную кислоту (20 баллов).

Простейшая органическая кислота (муравьиная,  $\text{HC(O)OH}$ ) впервые была получена в 1671 году англичанином Джоном Реем перегонкой красных муравьев, откуда и получила свое название (впрочем, если бы Рей решил перегонять не муравьев, а крапиву, сейчас, возможно, эта кислота называлась бы «крапивная кислота»).

?1. Почему, если бы Рей занялся перегонкой крапивы, муравьиная кислота могла бы иметь другое название?

?2. В двух-трех предложениях опишите, как происходит процесс перегонки.

?3. С какой целью у реторты (см. картинку в начале задачи) такой длинный «нос»?

При укусе муравей впрыскивает под кожу водный раствор, содержащий 50% (по объему) муравьиной кислоты. Обычный рыжий муравей *Formica rufa* может впрыснуть около  $6,0 \times 10^{-3} \text{ см}^3$  такого раствора; как правило, муравей не использует всю муравьиную кислоту за один укус в ходе такой «инъекции», расходуя 80% всех своих запасов  $\text{HC(O)OH}$ .

?4. Какой объем муравьиной кислоты (в расчете на чистую кислоту) содержится в одном среднестатистическом муравье?

?5. Сколько муравьев нужно было подвергнуть перегонке, чтобы получить 1 литр чистой муравьиной кислоты?

Для лечения укусов муравьев применяют раствор пищевой соды (гидрокарбоната натрия).

?6. Запишите уравнение реакции муравьиной кислоты с гидрокарбонатом натрия.

?7. Плотность муравьиной кислоты равна  $1,20 \text{ г/см}^3$ ; определите количество молей и молекул, которое попадает в место укуса одного муравья.

?8. Чему равна масса гидрокарбоната натрия, необходимая для нейтрализации муравьиного укуса?



## III. Задача о веществах, которые «упрощают и усложняют жизнь людей» (20 баллов).

В тонком органическом синтезе и в промышленности применяют различные галогенуглеводороды (соединения с общей формулой  $\text{R-X}$ , где  $\text{R}$  – углеводородный радикал, а  $\text{X}$  – атом галогена): тетрахлорид углерода как растворитель, тефлон (политетрафторэтилен) как инертный материал, фреоны в качестве хладагентов, иодистый метил – алкилирующий агент, винилхлорид – для получения полимерных материалов и синтетического волокна.

Хорошо известно, что токсичность галогеналканов возрастает в ряду фторалканы < хлоралканы < бромалканы < иодалканы. С увеличением молекулярной массы галогеналканов токсичность их повышается. Исключение составляют производные метана, которые по токсичности превосходят все другие соединения этого класса.

В то же время температуры кипения фтор- и хлоралканов близки к температурам кипения углеводородов с такой же молекулярной массой. Молекулы бром- и иодалканов малополярны. Атом брома имеет такую же массу как шесть групп  $\text{CH}_2$ , но размеры молекулы бромалкана гораздо меньше, чем молекулы алкана равной массы. Меньший размер молекул приводит к уменьшению взаимодействия между ними и к более низкой температуре кипения. Температуры кипения бром- и иодалканов значительно ниже температур кипения алканов с той же молекулярной массой.

- ?1. *3-Бромпропен-1 и 1-бромпропан имеют очень близкие температуры кипения (70 и 71 °С). В то же время температура кипения бромэтена (15.8 °С) значительно ниже, чем температура кипения бромэтана (38.4 °С). Объясните этот факт, используя современные представления о строении органических соединений.*
- ?2. *Предположите на основе строения соединения, какая должна быть температура кипения у бромэтина. Дайте объяснение.*
- ?3. *Какое соединение имеет более высокую температуру кипения: 1-бромбутен-1 или 1-бромбутен-2? Какой геометрический изомер 1-бромбутена-1 кипит при более высокой температуре? Дайте объяснение, используя современные представления о строении органических соединений.*



#### **IV. Задача про «царский» металл (20 баллов).**

Золото известно человеку с глубокой древности. Благодаря своему красивому цвету и химической стойкости (по отношению к воде, воздуху, щелочам и кислотам) золото широко используется в искусстве и ювелирном деле.

- ?1. *Что означают латинское и славянское названия данного элемента?*
- ?2. *В древности некоторые элементы сопоставлялись небесным телам. Какому небесному объекту соответствовало золото?*
- ?3. *Еще алхимикам было известно, что золото растворяется в «царской водке». Что такое «царская водка»? Напишите уравнение растворения золота в ней.*

Золото можно растворить не только в «царской водке», но и в горячей безводной селеновой кислоте, в растворе цианида натрия в присутствии кислорода, а также в «хлорной воде».

- ?4. *Напишите уравнения упомянутых реакций.*

В настоящее время золото, как правило, применяется не в чистом виде, а как сплав с медью и, в некоторых случаях, с серебром.

- ?5. *Назовите три причины добавления меди и серебра к золоту.*

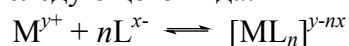
В старину амальгама золота применялась для покрытия металлических поверхностей золотом «через огонь», однако в настоящее время данный способ для получения золотых покрытий не используется.

- ?6. *Что такое амальгама? Кратко опишите получение золотого покрытия на металле с помощью амальгамы. Почему такой способ больше не используется?*
- ?7. *Для чего используется золото в микроэлектронике?*
- ?8. *Кратко опишите современный способ получения золотого покрытия на металле.*



**V. Задача про устойчивость (20 баллов).**

Одной из важных характеристик комплексных соединений (ионов) в растворах является их устойчивость. Для количественной оценки данной величины служит константа устойчивости  $\beta_n$ , которая описывает равновесия следующего вида:



где M – металл, L – лиганд. Выражение для константы устойчивости имеет вид:

$$\beta_n = \frac{[ML_n^{y-nx}]}{[M^{y+}][L^{x-}]^n}$$

В квадратных скобках даны равновесные концентрации частиц.

- ?1. Приведите уравнения реакций образования и выражения для констант устойчивости следующих комплексных ионов:  $[Ag(CN)_2]^-$ ,  $[HgCl_4]^{2-}$ ,  $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$  и  $[Co(NH_3)_6]^{2+}$ . Каково строение этих комплексов?
- ?2. Определите равновесную концентрацию ионов серебра в растворе, полученном при сливании 100 мл 0,015 M раствора нитрата серебра и 10 мл 5 M раствора аммиака. Ответ подтвердите расчетами.  $\beta_2([Ag(NH_3)_2]^+) = 1,08 \cdot 10^7 M^{-2}$ .
- ?3. Что произойдет, если к раствору нитрата серебра прилить не концентрированный, а разбавленный раствор аммиака?