

Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета  
по предмету «Химия»  
Очный тур  
2017-2018 учебный год

10 класс



**I. Задача про коэффициенты реакций (20 баллов)**

Завершите уравнения окислительно-восстановительных реакций, указав их продукты и расставив стехиометрические коэффициенты с помощью методов электронного или электронно-ионного баланса (метода полуреакций):

1.  $\text{As} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_{2(\text{конц.})} \rightarrow$
2.  $\text{P}_3\text{N}_5 + \text{H}_2 \rightarrow$
3.  $\text{SnS} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow$
4.  $\text{NaO}_2 + \text{C}_{(\text{графит.})} \rightarrow$
5.  $\text{H}_2\text{SO}_5 + \text{HCl}_{(\text{конц.})} \rightarrow$
6.  $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{C}=\text{CHCH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
7.  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{CHO})_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
8.  $\text{HCOCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow$
9.  $\text{HOOCCH}_2\text{COCH}_3 + \text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow$
10.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2 + \text{Li} + \text{NH}_{3(\text{жидк.})} \rightarrow$



**II. Задача о бутиловом спирте (20 баллов)**

Бутиловый спирт – органическое соединение, востребованное в различных отраслях промышленности. Данный спирт может быть получен из различного органического сырья: нефти, пропилена, продуктов растениеводства. Популярным лабораторным методом синтеза бутилового спирта является конденсация ацетальдегида; в промышленности же более предпочтителен оксосинтез из пропилена. В зависимости от технических характеристик различают спирт высшего и первого сорта. Чистый бутанол представляет собой бесцветную вязковатую жидкость с характерным запахом сивушных масел.

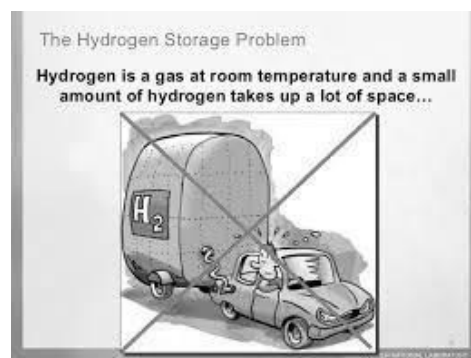
Бутиловый спирт используется для синтеза органических соединений и производства реактивов, а также как растворитель различных жиров и смол. Его синтез имеет немалое значение для таких отраслей производства как легкая промышленность, фармацевтика, химическая промышленность, т.к. без бутилового спирта не обходятся процессы производства тормозных жидкостей, фотопленки, искусственной кожи и текстиля, красителей, парфюмерии, моющих средств, лакокрасочных изделий. В настоящее время довольно перспективным

считается и использование бутанола в качестве биотоплива. Уже сейчас этот важный спирт входит в состав некоторых видов топлива.

- ?1. Сколько существует изомеров бутилового спирта? Нарисуйте их структуру и назовите эти соединения.
- ?2. Какой ученый первым предсказал и получил все изомеры бутилового спирта? Где по сей день хранятся полученные образцы изомеров?
- ?3. Получите все изомеры бутилового спирта с использованием различных реакций (по одному способу на изомер, синтез каждого изомера должен состоять только из одного процесса).
- ?4. Как будут реагировать бутиловые спирты с галогеноводородами (HCl, HBr, HI)? Приведите уравнения реакций на примере одного изомера.
- ?5. Как будут реагировать бутиловые спирты со щелочными металлами (Na и K)? Приведите уравнения реакций на примере одного изомера.

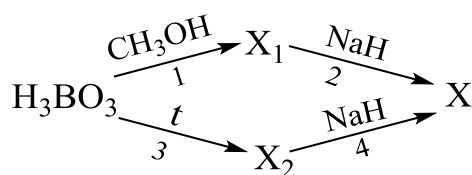
Изомерами по отношению к насыщенным алифатическим спиртам являются и вещества, относящиеся к другому классу органических соединений.

- ?6. Приведите структуры всех веществ, относящихся к данному классу соединений и являющихся изомерами бутилового спирта.



### III. Задача про хранение водорода (20 баллов)

В сфере энергетики в последние десятилетия возникла непростая химическая задача – развитие технологий хранения водорода в химически связанной форме. Одно из перспективных направлений в этой области – хранение водорода в виде соединений бора, таких как X и Y. Соль X может быть получена из борной кислоты двумя способами, как показано на схеме. Известно, что X содержит три элемента в своем составе, а X<sub>2</sub> – бинарное вещество.



Для выделения водорода из X используют каталитический гидролиз (катализатором могут выступать соли кобальта), в ходе которого из 13,1 г X выделяется 31,0 л водорода при н.у. (реакция 5). При этом в растворе остается соль X<sub>3</sub>, которая из раствора выделяется в виде моногидрата X<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, массовые доли кислорода и водорода в котором составляют 66,77% и 5,01% соответственно.

- ?1. Определите формулы соединений X, X<sub>1</sub> – X<sub>3</sub>. Формулы соединений X и X<sub>3</sub> подтвердите расчетом.
- ?2. Напишите уравнения реакций 1 – 5.

Y содержит тот же анион, что и соль X. Y впервые был получен реакцией металлоорганического соединения Y<sub>1</sub> (содержит 66,78 % углерода и 13,91 % водорода по массе) с газом Y<sub>2</sub>, плотность которого при нормальных условиях равна 1,236 г/л (реакция 6). Для выделения водорода из Y

его можно нагреть в инертной атмосфере (**реакция 7**). При этом из  $Y$  получается ионное твердое соединение и два простых вещества.

?3. Определите формулы соединений  $Y$ ,  $Y_1$  и  $Y_2$ . Формулы веществ  $Y_1$  и  $Y_2$  подтвердите расчетом.

?4. Напишите уравнения **реакций 6 и 7**.

Другой способ выделения водорода из  $Y$  – нагревание стехиометрической смеси  $Y$  с гидридом магния  $MgH_2$  в мольном отношении 2 : 1 (**реакция 8**). В этой реакции кроме водорода получается два бинарных вещества, одно из которых также образовывалось в **реакции 7**.

?5. Напишите уравнение **реакции 8**.

?6. Какой объем водорода (для нормальных условий) образуется из 1 г  $X$ ,  $Y$  и стехиометрической смеси  $Y$  с  $MgH_2$  при выделении водорода по описанным выше реакциям. Какой «контейнер» для хранения водорода более эффективен в расчете на единицу массы?

?7. Какой объем водорода образуется из 1 см<sup>3</sup>  $X$ ,  $Y$  и стехиометрической смеси  $Y$  с  $MgH_2$  при выделении водорода по описанным выше реакциям. Какой «контейнер» для хранения водорода более эффективен в расчете на единицу объема? Плотности веществ:  $\rho(X) = 1,074 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho(Y) = 0,666 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho(MgH_2) = 1,450 \text{ г/см}^3$ .



#### **IV. Задача про борьбу с гололедом (20 баллов)**

Зимой для борьбы с гололедицей тротуары и проезжую часть обрабатывают антиобледенительными (противогололедными) реагентами, чаще всего смесью мочевины  $((NH_2)_2CO)$ , хлорида натрия или хлорида кальция с песком. Общий принцип действия этих реагентов заключается в том, что их раствор в воде замерзает при меньшей температуре, чем вода, и большие площади льда не образуются. Понижение температуры замерзания растворов веществ-неэлектролитов можно определить по формуле:  $\Delta t = k \times c_m$ , где  $k$  — криоскопическая константа воды (она равна 1,86), а  $c_m$  — число молей растворённого вещества на один килограмм растворителя (эта величина также называется «моляльная концентрация» или «моляльность»). Для каждого из реагентов существует эвтектическая точка, которую здесь можно определить как самую низкую температуру, при которой водный раствор антиобледенительного реагента перейдет в твердое состояние (замерзнет). Для мочевины, хлорида натрия и хлорида кальция эвтектические точки равны  $-11,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $-21 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $-51 \text{ }^\circ\text{C}$  соответственно. Чем ниже эвтектическая точка, тем эффективнее действие антиобледенительного реагента.

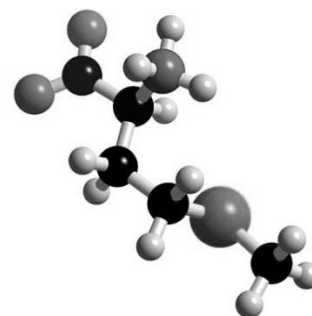
?1. Песок не растворяется в воде, в двух-трех фразах объясните, с какой целью им посыпают дороги наряду с веществами, которые растворяются в воде.

?2. Рассчитайте процентное содержание мочевины (по массе) в растворе, соответствующем его эвтектической точке.

?3. Представьте, что Вам попался антиобледенительный реагент, представляющий собой смесь хлоридов натрия и кальция, а также воды (как в составе кристаллогидратов хлорида кальция, так и физически поглощенной смесью солей). Предложите схему анализа, которая позволит определить процентное содержание по массе общей влажности и солей в анализируемом образце.

Антиобледенительными реагентами обрабатывают не только дороги, но и самолёты (причем и летом). Обычно в составе таких реагентов для авиатехники применяются многоатомные спирты, например, глицерин, эвтектическая точка которого равна  $-37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- ?4. В двух-трех фразах объясните, почему в составе авиационных антиобледенительных реагентов не используется более эффективный (если судить по эвтектической точке) хлорид кальция.
- ?5. Рассчитайте процентное содержание глицерина (по массе) в растворе, соответствующем его эвтектической точке.



### V. Задача про метионинаты (20 баллов)

Одной из незаменимых природных аминокислот является метионин ( $\text{MetH}$ ,  $\text{CH}_3\text{-S-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$ ), который способен, как и другие аминокислоты, образовывать достаточно прочные комплексы со многими ионами переходных металлов. При взаимодействии метионина с растворами солей **A–D** в нейтральной и слабощелочной среде образуются метионинаты **E–H**, которые состоят только из аминокислоты и иона соответствующего металла. Некоторые сведения, касающиеся соединений **A–H**, приведены ниже в виде таблицы:

Соль	Цвет раствора соли	Массовая доля металла в безводной соли	Образующийся метионинат	Массовая доля металла в метионинате
<b>A</b>	Розовый	45,39 %	<b>E</b>	16,58 %
<b>B</b>	Зеленый	32,12 %	<b>F</b>	16,53 %
<b>C</b>	Синий	39,82 %	<b>G</b>	17,66 %
<b>D</b>	Бесцветный	24,75 %	<b>H</b>	18,08 %

- ?1. Определите соли **A–D**, ответ подтвердите расчетами. Дополнительно известно, что соли образованы ионами  $3d$ -металлов, а в качестве противоионов выступают сульфат-, хлорид-, перхлорат- или нитрат-ионы. При решении данной задачи молярные массы веществ следует брать с точностью до сотых.
- ?2. Приведите формулы метионинатов **E–H**, ответ подтвердите расчетами.

Метионинат **G** практически не растворим в воде и большинстве органических растворителей.

- ?3. Рассчитайте массы соли и метионина, которые нужно взять, чтобы получить 7 г метионината **G**, если потери осадка (при фильтровании, промывании, сушке и т.д.) составляют 5 %. Учтите, что соль **C** в твердом виде обычно существует в виде кристаллогидрата.

При взаимодействии с метионином соли **I**, являющейся нитратом одновалентного металла, который входит в ту же подгруппу Периодической системы, что и один из металлов солей **A–D**, из раствора выпадает бесцветный осадок метионината **J**, содержащего 42,13 % металла по массе.

- ?4. Приведите формулы соединений **I** и **J**, ответ подтвердите расчетами.