Всероссийская олимпиада школьников по химии 2021-2022 уч. гг./ муниципальный этап МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЭТАПА 2021/2022 УЧ. ГГ.

11 КЛАСС

Задание 11-1 (автор Решетова М.Д.)

1. Определим молярную массу вещества А, исходя из уравнения Менделеева-

Клайперона:
$$PV = \frac{m}{M}RT \rightarrow M = \frac{mRT}{PV}$$
,

если использовать
$$R=8,31,\ M=\dfrac{1,42\cdot 8,314\cdot 523}{101,325\cdot 0,6448}=94,5\varepsilon$$
/ моль

если R=1·22,4/273 = 0,082 атм· л/К,
$$M = \frac{1,42 \cdot 0,082 \cdot 523}{1 \cdot 0,66448} = 94,5 \varepsilon$$
 / моль

- 2.Вещество **A** содержит углерод, водород, кислород и еще какой-то элемент или какието элементы (суммарный % углерода, водорода и кислорода < 100).
- 3.Определим соотношение углерода, водорода и кислорода в веществе **A**. С : H : O = 25,41/12 : 3,198/1 : 33,847/16 = 2:3:2, т.е. простейшая формула вещества **A** $C_2H_3O_2X_n$. На долю C, H и O приходится 62,455%, тогда на долю X_n приходится 37,545% или 37,545•94,5/100 = 35,5 г. Эта величина соответствует молярной массе атома хлора, т.е. в первом приближении простейшая формула вещества может быть $C_2H_3O_2Cl$.
 - 4. Молярная масса **C₂H₃O₂Cl** равна 94,5 г/моль, что совпадает с молярной массой вещества **A**. Таким образом, истинная формула **A** совпадает с простейшей формулой.
- 5. При реакции с цинком вещество **A** выделяет водород, что характерно для реакции кислот. Для соединения **C2H3O2Cl** такой кислотой может быть хлоруксусная кислота: **Cl-CH2-COOH**
 - 6. Подтвердим наш вывод расчетами.

$$2ClCH_2COOH + Zn \rightarrow H_2\uparrow + Zn(OCOCH_2Cl)_2$$

Согласно этому уравнению 1,42 г (0,015 моль) хлоруксусной кислоты образуют при нормальных условиях $0,015\cdot22,4/2=0,1683$ л = 168,3 мл водорода, что соответствует условию задачи. Следовательно, формула вещества **A** установлена правильно.

Система оценивания

Определение молярной массы А		2 балл
Состав А	1 балл	
Расчет простейшей формулы А		3 балла
Истинная формула А		1 балл
Установление структурной формулы А,		1 балла
Расчеты, подтверждающие структурную формулу А		2 балл
	Всего	10 баллов

Задание 11-2

Вещество А – толуол.

Схема реакций:

Вещество В – бензойная кислота	HO C=0
Вещество С – 3,5-динитробензойная кислота	HO C O NO ₂
Вещество D – метиловый эфир 3,5-динитробензойной кислоты	O_2N O_2 O_2 O_2 O_2

1. Химическое вещество — толуол не столь токсичен, как бензол. Именно поэтому его сфера применения так обширна. Он используется в органическом синтезе, в парфюмерно—косметологической, военной, топливной, фармацевтической, лакокрасочной промышленности. Толуол есть в свободной продаже и его можно использовать в быту, как разбавитель.

Толуол является токсичным ядом, влияющим на функцию кроветворения организма, аналогично бензолу. Пары толуола могут проникать через неповрежденную кожу и органы дыхания, вызывать поражение нервной системы. Обладает слабым наркотическим действием. Пожароопасен, легковоспламеняющаяся жидкость.

Всероссийская олимпиада школьников по химии 2021-2022 уч. гг./ муниципальный этап

Поэтому работать с толуолом и растворителями, в состав которых он входит, необходимо в

прочных резиновых перчатках в хорошо проветриваемом помещении или с использованием

вытяжной вентиляции. Концентрационные пределы взрываемости паровоздушной смеси

1,3 — 6,7 %. Бензойная кислота для человека и животных считается безопасным потребление

в определенных концентрациях. Для человека 5 мг на 1 кг массы тела в день, летальная доза

для кошек — 300 мг/кг массы тела, для крыс 3040 мг/кг, для мышей 1940 - 2260 мг/кг.

Бензойную кислоту используют в качестве сырья в химической промышленности, в медицине

в качестве антисептика, в пищевой промышленности в качестве консерванта.

Она является природным соединением. Содержится в клюкве, чернике, бруснике, малине,

коре вишневого дерева. В связанном виде встречается в мёде. Интересно, что бензойная

кислота образуется в процессе микробного разложения N – бензоилглицина в молочных

ферментированных продуктах (кефире, ряженке, йогурте, простокваше).

Система оценивания:

1. Указание вещества A - 0.5 балла, структурная формула - 0.5 балла.

2. Расшифровка схемы реакций – каждая правильная реакция по 1 баллу: 1 балл х 3 = 3

балла

Указание названий веществ B, C, D по 1 баллу: 1 балл x 3 = 3 балла

3. Указание областей применения толуола и бензойной кислоты -1 балл х 2 = 2

(одна область применения -0.5 балл, если ученик указал несколько областей

применения то оценивается в 1 балл).

Указание вреда толуола -0.25 балла, безвредность бензойной кислоты -0.25 балла.

Указание мер предосторожностей при работе с толуолом -0.5 балла.

Всего: 10 баллов

Задание 11-3

Решение смотрите в задании 10-2

Всего: 10 баллов

Задание 11-4

Разбавленная азотная кислота может протекать по реакции 1 и 2:

 $8Al + 30HNO_3 \rightarrow 8Al(NO_3)_3 + 3N_2O + 15H_2O (1)$

 $8Al + 30HNO_3 \rightarrow 8Al(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O(2)$

По условию мольное соотношение $N_2O:NH_4NO_3=1:3$, тогда запишем реакции так:

 $8Al + 30HNO_3 \rightarrow 8Al(NO_3)_3 + 3N_2O + 15H_2O$

 $x3: 24A1 + 90HNO_3 \rightarrow 24A1(NO_3)_3 + 9NH_4NO_3 + 27H_2O$

Суммарное уравнение: $32Al + 120HNO_3 \rightarrow 32Al(NO_3)_3 + 9NH_4NO_3 + 3N_2O + 42H_2O$ (3) Система оценивания:

- 1. Уравнения реакций 1 и 2 по 2 балла: $2 \times 2 = 4$ балла
- 2. Суммарное уравнение 3 балла

Если в реакциях неправильно проставлены коэффициенты, снижать оценку на 1 балл

Всего 7 баллов

Задание 11-5

Промышленным методом получения ацетилена (схема получения полимера \mathbf{I}) является кратковременное нагревание метана до высокой температуры (~1600 °C). При взаимодействии ацетилена с газообразным сухим хлороводородом происходит электрофильное присоединение по тройной связи и образуется винилхлорид (продукт \mathbf{A}), который является мономером для получения известного полимера — *поливинилхлорида* (полимер \mathbf{I} , $\Pi \mathbf{B} \mathbf{X}$):

$$\text{CH}_{4} \xrightarrow{1600^{\circ}\text{C}} \text{HC} \equiv \text{CH} \xrightarrow{\text{CH}} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{H2C} = \text{CH} - \text{Cl} \xrightarrow{\text{органический}} \xrightarrow{\text{Полимер I}} \xrightarrow{\text{Полимер I}} \text{Полимер I}$$

Рассмотрим схему получения полимера **II**. При взаимодействии бензола с этиленом в присутствии кислоты Льюиса (в данном случае – AlCl₃) образуется этилбензол (**Б**). Заметим, что молекулярные формулы этилбензола (C_8H_{10}) и продукта **B** (C_8H_8) различаются на два атома водорода, следовательно, при нагревании паров этилбензола до 600 °C над железохромовом катализатором происходит дегидрирование и образуется стирол (винилбензол, **B**). В присутствии органических пероксидов (например, пероксида бензоила) происходит радикальная полимеризация стирола, приводящая к *полистиролу* (полимер **II**, Π C):

$$CH_2$$
—CH₂
 CH_2 —CH₃
 $CH=CH_2$
 $OPE = CH_2$
 $OPE =$

Основным продуктом жидкофазного каталитического окисления *пара*-ксилола кислородом (верхняя часть схемы получения полимера **III**) является терефталевая кислота (Γ , $C_8H_6O_4$):

$$H_3$$
C — CH₃ O_2 HOOC — COOH Co^{2+} , 200°C, 2 MΠa P HOOC — COOH

При окислении этилена кислородом в присутствии катализатора (серебро, нанесенное на корундовый носитель) образуется этиленоксид (продукт Д), последующая гидратация которого приводит к образованию простейшего двухатомного спирта – этиленгликоля (E):

Нагреванием этиленгликоля и терефталевой кислоты получают полимер \mathbf{III} – *полиэтилентерефталат* (ПЭТ). Сейчас этот полимер широко используется для производства небьющихся пластиковых бутылок, а волокно, формируемое на основе этого полимера называется *лавсан* (сокращенное от " $\mathbf{Лa}$ боратория \mathbf{s} ысокомолекулярных \mathbf{c} оединений \mathbf{A} кадемии \mathbf{n} их СССР").

$$nH_2C - CH_2 + nHOOC \longrightarrow COOH \xrightarrow{250^{\circ}C} \bigvee_{\text{Homesp III}} O - CH_2 - CH_2 - O \longrightarrow_{R} + 2H_2O$$

При гидратации этилена образуется этиловый спирт (**Ж**), который на смешанном оксидном катализаторе при нагревании претерпевает одновременно дегидрирование и дегидратацию – это один из способов получения бутадиена-1,3 (по Лебедеву) (**3**). Полученный диен в результате каталитической полимеризации (под действием металлического натрия) превращается в *каучук* (бутадиеновый, или натрийбутадиеновый, каучук), полимер **IV**:

$$H_2C=CH_2$$
 $\xrightarrow{H_2O}$ $\xrightarrow{H_3C-CH_2-OH}$ $\xrightarrow{450^{\circ}C}$ $\xrightarrow{H_2C=CH-CH=CH_2}$ \xrightarrow{M} $\xrightarrow{H_2C=CH}$ $\xrightarrow{H_2C=CH}$ $\xrightarrow{H_2C-CH}$ $\xrightarrow{H_2C-CH}$ $\xrightarrow{H_2C-CH}$ $\xrightarrow{H_2C-CH-CH}$ $\xrightarrow{H_2C-CH-CH}$ $\xrightarrow{H_2C-CH-CH-CH_2-1}$ (продукт 1,2-полимеризации) (продукт 1,4-полимеризации) (любая из указанных структур считается верным ответом) полимер IV

При нагревании смеси каучука с серой его макромолекулы сшиваются между собой мостиковыми атомами серы, этот процесс называют *вулканизацией*. При вулканизации каучука в зависимости от содержания серы получают *резину* или эбонит (полимер V, любое из названий считается полным верным ответом).

Образование макромолекул полимеров из мономеров возможно при протекании двух различных процессов — полимеризации и поликонденсации. Если при полимеризации превращение мономера в полимер происходит без выделения каких-либо соединений, то реакция поликонденсации сопровождается выделением низкомолекулярных продуктов — воды, аммиака, хлороводорода и т. д. Единственный полимер среди **I-IV**, который при

Всероссийская олимпиада школьников по химии 2021-2022 уч. гг./ муниципальный этап

образовании из мономеров дает низкомолекулярный продукт (вода), – *полиэтилентерефталат*.

Система оценивания

- **1.** Структурные формулы промежуточных продуктов **A 3** и элементарных звеньев полимеров **I-IV** $12 \times 1 = 12 \text{ баллов}.$
- Расшифровка аббревиатур названий полимеров I-III, расшифровка названия «лавсан»,
 названия полимеров IV и V, название «вулканизация», указание полимера, полученного при поликонденсации
 8 баллов

Всего 20 баллов.

Общая сумма баллов – 57