

**Задания 2-го этапа всероссийской олимпиады школьников по химии  
2018 – 19 учебный год**

**11 класс**

**Задача 11.1**

**«История пластикового стаканчика».**

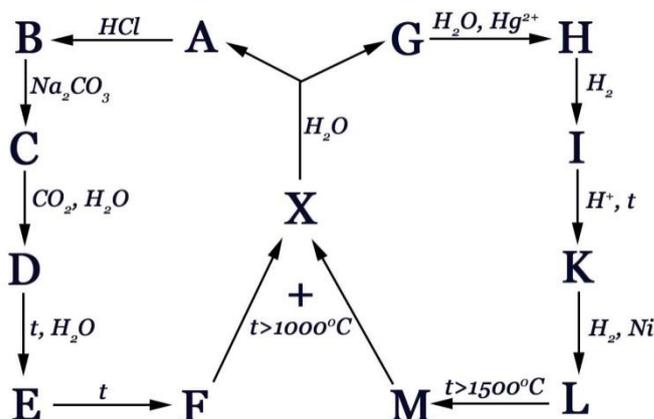
Небольшой кусочек пластикового одноразового стаканчика нагрели без доступа воздуха до 400°C. В результате нагревания был получен углеводород **X** (содержание углерода 92,26% по массе, плотность его паров по кислороду 3,25). Известно, что при окислении углеводорода **X** раствором перманганата калия в кислой среде в качестве единственного органического продукта образуется бензойная кислота.

1. Рассчитайте молекулярную формулу **X**.
2. Приведите структурную формулу, и название углеводорода **X**. Как называется исходный полимер?
3. Напишите уравнение реакции (со всеми продуктами и стехиометрическими коэффициентами) окисления углеводорода **X** раствором перманганата калия, подкисленного серной кислотой.

**(10 баллов)**

**Задача 11.2**

На схеме приведены превращения вещества **X**. Расшифруйте вещества. Напишите уравнения всех упомянутых реакций. Возможны реакции как из неорганической, так и из органической химии. Баллы даются за каждое новое вещество, за повторяющееся в цепочке вещество балл не прибавляется.



**(10 баллов)**

**Задание 11.3**

В химии каталитических процессов эффективность катализатора определяется числом молекул исходного вещества, которое одна молекула катализатора превращает в продукты в течение одной секунды.

В 78,0 граммах бензола растворили 0,05 грамм катализатора - трифторида бора ( $\text{BF}_3$ ), после чего к образовавшемуся раствору прилили рассчитанное количество хлорметана и начали перемешивать. Через 1 минуту реакция закончилась, приведя к 100% выходу продукта реакции.

Рассчитайте каталитическую эффективность трифторида бора в вышеупомянутой реакции.

1. Предположим, что вместо трифторида бора в качестве катализатора был взят трихлорид алюминия (в отличие от трифторида бора,  $\text{AlCl}_3$  не растворяется в бензоле). Можно ли рассчитать каталитическую эффективность хлорида алюминия по схеме, которую вы использовали для получения ответа на первый вопрос?

2. Наблюдая каталитическую реакцию, вы заметили, что через некоторое время после начала процесс прекратился, однако в реакционной смеси содержатся как продукты реакции, так и исходные вещества. Предположите два возможных объяснения наблюдаемому явлению. В каком случае внесение новой порции катализатора позволит повысить выход продукта?

**(10 баллов)****Задача 11.4**

Для нейтрализации смеси массой 27,7 г, содержащей уксусную кислоту и сульфат первичного амина, потребовалось 145,5 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,1 г/мл). При обработке такого же количества смеси избытком хлорида бария выделился осадок массой 23,3 г. Сульфат какого амина находился в смеси? Примите во внимание, что в молекуле искомого соединения содержится по одному атому азота и серы.

**(10 баллов)****Задача 11.5****Органический эксперимент**

Органическое вещество А можно получить в лаборатории несколькими способами, два из которых рассмотрены ниже.

**Способ 1.** В пробирку 1 (см. рис. 1) наливают небольшое количество этанола, над которым закрепляют раскалённую медную спираль 2. По тонкой трубочке в пробирку вдувают воздух. По газоотводной трубке в пробирку 3 с холодной водой проходят пары, содержащие вещество А.

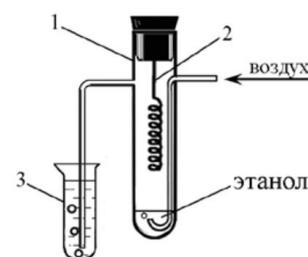


Рис. 1.

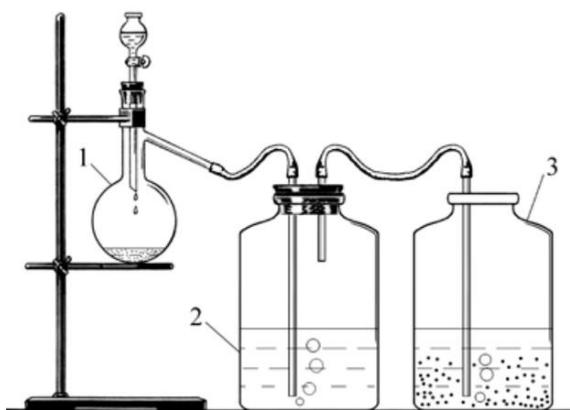


Рис. 2.

**Способ 2.** В колбу Вюрца 1 (см. рис. 2) помещают кусочки карбида кальция. Из капельной воронки добавляют воду. Как только вода попадает на поверхность карбида, тотчас начинает выделяться бесцветный газ  $Y$ , который пропускают через раствор сульфата меди в банке 2 для очистки от примесей. В банке 3 предварительно наливают раствор серной кислоты и добавляют оксид

ртути (II). При взаимодействии этих веществ образуется катализатор для реакции синтеза вещества А. В присутствии данного катализатора газ  $Y$  превращается в вещество А.

1. О получении какого вещества А идёт речь в условии задачи?
2. Приведите уравнение реакции превращения этанола в А.
3. Определите вещество  $Y$ , о котором идёт речь при описании второго способа получения вещества А. Составьте соответствующие уравнения реакций. Кто открыл реакцию получения вещества А из вещества  $Y$ ?
4. С помощью каких качественных реакций можно доказать образование вещества А в ходе описанных опытов? Приведите два примера.
5. По мере пропускания газа в банке 2 образуется осадок чёрного цвета. Предположите, какая реакция протекает в этом промывном сосуде, если известно, что сырьё, используемое в промышленности для получения вещества  $Y_1$ , может содержать примесь сульфатов?

**(10 баллов)**

Общее количество баллов – 50.

## Решения заданий 2-го этапа Всероссийской олимпиады школьников по химии 2018 – 19 учебный год

### 11 класс

#### Задача 11.1

([https://olymp.baltinform.ru/p.documents\\_v7.php?subjects\\_id=18&years\\_id=2008](https://olymp.baltinform.ru/p.documents_v7.php?subjects_id=18&years_id=2008))

#### «История пластикового стаканчика»

Небольшой кусочек пластикового одноразового стаканчика нагрели без доступа воздуха до 400°C. В результате нагревания был получен углеводород X (содержание углерода 92,26% по массе, плотность его паров по кислороду 3,25). Известно, что при окислении углеводорода X раствором перманганата калия в кислой среде в качестве единственного органического продукта образуется бензойная кислота.

1. Рассчитайте молекулярную формулу X.
2. Приведите структурную формулу, и название углеводорода X. Как называется исходный полимер?
3. Напишите уравнение реакции (со всеми продуктами и стехиометрическими коэффициентами) окисления углеводорода X раствором перманганата калия, подкисленного серной кислотой.

#### Решение:

#### Содержание верного ответа и указания по оцениванию

Баллы

(допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

1.  $M_r(X) = 3,25 \cdot 32 = 104$  а.е.м. 1

Найдем молекулярную формулу углеводорода X:

$C : H = 0,9226/12,01 : 0,0774/1,008 = 1 : 1$ , с учетом молекулярной массы 1

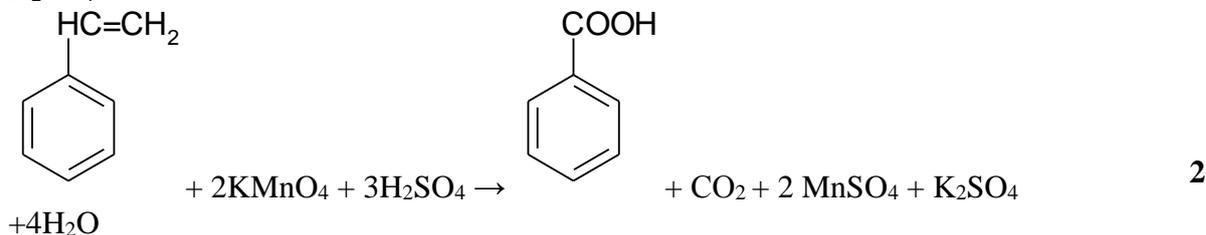
получаем  $C_8H_8$ . 1

2. Поскольку при окислении углеводорода X раствором перманганата калия в кислой среде в качестве единственного органического продукта образуется бензойная кислота ( $C_6H_5COOH$ ), то его молекула содержит в своем составе бензольное кольцо с одним заместителем. 2

Вычитая из брутто-формулы  $C_8H_8$  фрагмент  $C_6H_5$ , получаем заместитель  $C_2H_3$ . Единственно возможный вариант заместителя – винил, а углеводород X – стирол (винилбензол). 2

Следовательно, полимер, из которого был изготовлен одноразовый стаканчик, – полистирол. 1

3. Уравнение реакции окисления стирола раствором  $KMnO_4$ , подкисленного  $H_2SO_4$ :

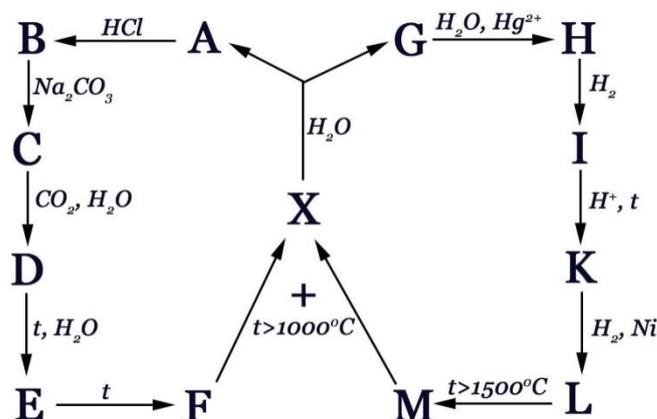


Все элементы ответа записаны неверно 0

Всего 10

**Задача 11.2 (Муниципальный этап ВОШХ СОРИПКРО, 2017-18 учебный год)**

На схеме приведены превращения вещества X. Расшифруйте вещества. Напишите уравнения всех упомянутых реакций. Возможны реакции как из неорганической, так и из органической химии. Баллы даются за каждое новое вещество, за повторяющееся в цепочке вещество балл не прибавляется.

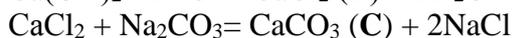
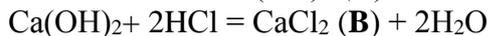
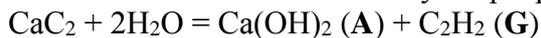


**Решение:**

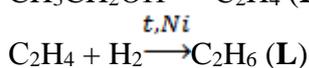
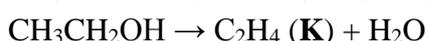
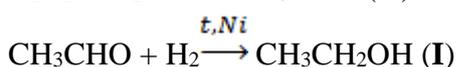
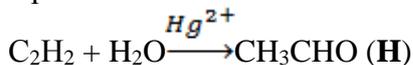
**1 вариант решения:**

**X** – CaC<sub>2</sub>.

Левая часть схемы соответствует превращениям неорганических веществ:



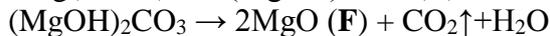
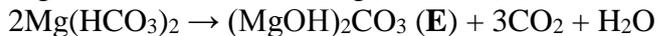
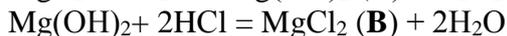
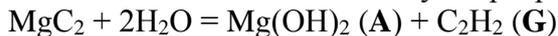
Правая часть схемы соответствует превращениям органических веществ:



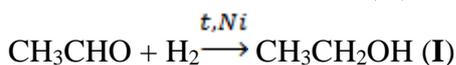
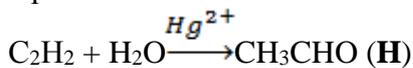
**2 вариант решения:**

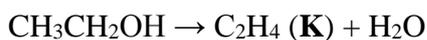
**X** – MgC<sub>2</sub>.

Левая часть схемы соответствует превращениям неорганических веществ:

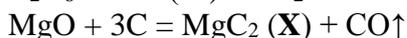
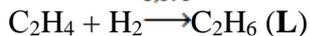


Правая часть схемы соответствует превращениям органических веществ:

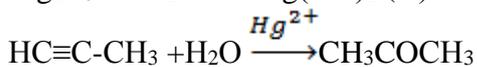




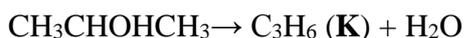
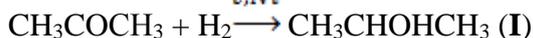
*t, Ni*



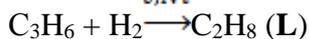
В данной реакции кроме  $\text{MgC}_2$  образуется также карбид состава  $\text{Mg}_2\text{C}_3$ . В этом случае меняется правая часть схемы:



*t, Ni*



*t, Ni*



**Система оценивания:**

**За определение вещества X – 1 б**

**За другие определенные вещества – по 0,375 балла за каждое новое = 4,5 б**

**За уравнения реакций – по 0,375 балла за каждое = 4,5 б**

**Всего 10 баллов**

**Задача 11.3 (Курамшин А.И. Химия: задачник-навигатор. – Ростов н/Д.: Феникс. – 2018)**

В химии каталитических процессов эффективность катализатора определяется числом молекул исходного вещества, которое одна молекула катализатора превращает в продукты в течение одной секунды.

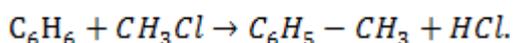
В 78,0 граммах бензола растворили 0,05 грамм катализатора - трифторида бора ( $\text{BF}_3$ ), после чего к образовавшемуся раствору прилили рассчитанное количество хлорметана и начали перемешивать. Через 1 минуту реакция закончилась, приведя к 100% выходу продукта реакции.

Рассчитайте каталитическую эффективность трифторида бора в вышеупомянутой реакции.

1. Предположим, что вместо трифторида бора в качестве катализатора был взят трихлорид алюминия (в отличие от трифторида бора,  $\text{AlCl}_3$  не растворяется в бензоле). Можно ли рассчитать каталитическую эффективность хлорида алюминия по схеме, которую вы использовали для получения ответа на первый вопрос?
2. Наблюдая каталитическую реакцию, вы заметили, что через некоторое время после начала процесс прекратился, однако в реакционной смеси содержатся как продукты реакции, так и исходные вещества. Предположите два возможных объяснения наблюдаемому явлению. В каком случае внесение новой порции катализатора позволит повысить выход продукта?

**Решение:**

За 1 минуту (60 секунд) прореагировало 78 грамм (1 моль) бензола:



**2 балла**

Следовательно, за 1 секунду превращению в среднем подвергается 0,0167 моль бензола. Навеска 0,05 грамм  $\text{BF}_3$  соответствует 0,000733 молям катализатора. Количество катализатора 0,000733 моль в течение 1 секунды вызывает прекращение 0,0176 моль реагента, следовательно, 1 моль катализатора в данной реакции вызывает превращение 22,74 моль исходного вещества, или одна молекула  $\text{BF}_3$  содействует превращению 22,74 молекул реагента в секунду. Таким образом, каталитическая эффективность трифторида бора в данной реакции в среднем равна 22,74 (скорость химической реакции неравномерна и уменьшается по мере расходования реагентов). Использовать вышеописанную методику для определения каталитической эффективности хлорида алюминия нельзя, так как он является гетерогенным катализатором (не растворяется в реакционной смеси), и каталитическая активность присуща только тем его молекулам, которые находятся на поверхности и могут контактировать с реагентами. **6 баллов**

Реакция могла «остановиться» по двум главным причинам:

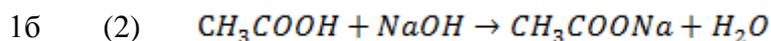
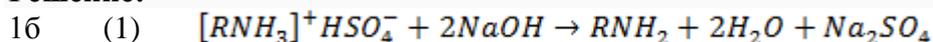
1. Произошло «отравление» катализатора – в результате побочных процессов катализатор превратился в другое вещество, не ускоряющее протекание реакции. В этом случае новая порция катализатора возобновит протекание реакции. **1 балл**
2. Наблюдаемая реакция обратима и дошла до состояния химического равновесия. В этом случае катализатор не повлияет на выход продукта, и равновесие необходимо смещать другими способами. **1 балл**

**Всего 10 баллов**

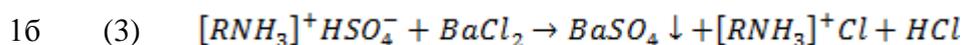
#### Задача 11.4 (Кузьменко Н.Е. Начала химии. – М.: Экзамен. – 2005)

Для нейтрализации смеси массой 27,7 г, содержащей уксусную кислоту и сульфат первичного амина, потребовалось 145,5 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,1 г/мл). При обработке такого же количества смеси избытком хлорида бария выделился осадок массой 23,3 г. Сульфат какого амина находился в смеси? Примите во внимание, что в молекуле искомого соединения содержится по одному атому азота и серы.

**Решение:**



$$0,56 \quad n(\text{NaOH}) = \frac{145,5 \cdot 1,1 \cdot 0,1}{40} = 0,4 \text{ моль}$$



$$0,56 \quad n(\text{BaSO}_4) = \frac{23,3}{233} = 0,1 \text{ моль}$$

$$0,56 \quad n_{\text{соли}} = 0,1 \text{ моль по уравнению (3)}$$

$$0,56 \quad n_1(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ моль по уравнению (1)}$$

$$0,56 \quad n_2(\text{NaOH}) = 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ моль}$$

$$0,56 \quad n_{\text{у.к}} = 0,2 \text{ моль по уравнению (2)}$$

$$0,56 \quad m_{\text{у.к}} = 0,2 \cdot 60 = 12 \text{ г}$$

$$0,56 \quad m_{\text{соли}} = 27,7 - 12 = 15,7 \text{ г}$$

$$0,56 \quad M_{\text{соли}} = \frac{15,7}{0,1} = 157 \text{ г/моль}$$

$$0,56 \quad M_{\text{R}} = 157 - 114 = 43 \text{ г/моль}$$

**Задача 11.5 (2017–2018 уч. г. (Муниципальный этап ВОШХ г. Москва. 11 класс; источник: vserosolymp.rudn.ru)**

### Органический эксперимент

Органическое вещество А можно получить в лаборатории несколькими способами, два из которых рассмотрены ниже.

**Способ 1.** В пробирку 1 (см. рис. 1) наливают небольшое количество этанола, над которым закрепляют раскалённую медную спираль 2. По тонкой трубочке в пробирку вдувают воздух. По газоотводной трубке в пробирку 3 с холодной водой проходят пары, содержащие вещество А.

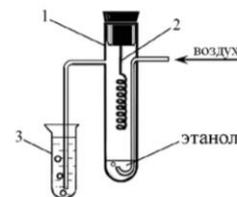


Рис. 1.

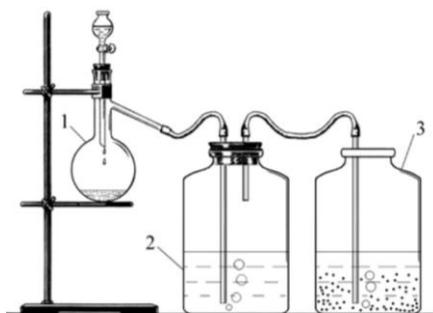


Рис. 2.

**Способ 2.** В колбу Вюрца 1 (см. рис. 2) помещают кусочки карбида кальция. Из капельной воронки добавляют воду. Как только вода попадает на поверхность карбида, тотчас начинает выделяться бесцветный газ Y, который пропускают через раствор сульфата меди в банке 2 для очистки от примесей. В банку 3 предварительно наливают раствор серной кислоты и добавляют оксид ртути (II). При взаимодействии этих веществ образуется катализатор

для реакции синтеза вещества А. В присутствии данного катализатора газ Y превращается в вещество А.

1. О получении какого вещества А идёт речь в условии задачи?
2. Приведите уравнение реакции превращения этанола в А.
3. Определите вещество Y, о котором идёт речь при описании второго способа получения вещества А. Составьте соответствующие уравнения реакций. Кто открыл реакцию получения вещества А из вещества Y?
4. С помощью каких качественных реакций можно доказать образование вещества А в ходе описанных опытов? Приведите два примера.
5. По мере пропускания газа в банке 2 образуется осадок чёрного цвета. Предположите, какая реакция протекает в этом промывном сосуде, если известно, что сырьё, используемое в промышленности для получения вещества Y<sub>1</sub>, может содержать примесь сульфатов

### Решение

1. Вещество А – уксусный альдегид (ацетальдегид, этаналь)  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . **1 балл**

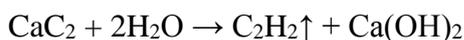
2. Способ 1 – получение ацетальдегида из этанола. Допускается несколько вариантов уравнений:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{Cu}} \text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2$  (дегидрирование этанола)

$2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Cu}} 2\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{H}_2\text{O}$  (каталитическое окисление этанола)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cu}$

**2 балла за одно верное уравнение (любое)**

3. Y – ацетилен **1 балл**



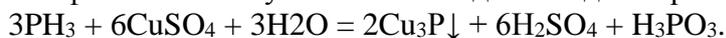
Реакцию гидратации ацетилена (и его гомологов) в присутствии солей ртути открыл русский учёный М.Г. Кучеров (1881). **1 балл**

4. Образование ацетальдегида можно доказать с помощью качественных реакций на альдегиды, например, с фуксинсернистой кислотой или с аммиачным раствором оксида серебра (реактивом Толленса).

**По одному баллу за каждый правильный вариант, всего 2 балла.**

5. Технический карбид кальция – продукт прокаливания смеси оксида кальция с коксом. Оксид кальция получают из природных известняков, содержащих примеси фосфата и сульфата кальция. В результате их восстановления коксом в конечном продукте оказываются фосфид и сульфид. При действии воды на карбид кальция, загрязнённый данными соединениями, протекает реакция их гидролиза и в образующийся ацетилен попадают примеси фосфина и сероводорода. В банке 2 выделяющийся ацетилен очищается от этих примесей. Сероводород с растворимой солью меди образует осадок чёрного цвета:  $\text{H}_2\text{S} + \text{CuSO}_4 = \text{CuS}\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4$  **1 балл**

Фосфин в этих же условиях тоже даёт осадок чёрного цвета:



**Всего 10 баллов.**

**Общее количество баллов – 50.**

Допускаются другие варианты решения задач, не искажающие смысл.

***ВНИМАНИЕ! Уважаемые коллеги, просим выслать отчет (по классам) о проведении II (муниципального) этапа Всероссийской олимпиады на электронный адрес [himikoff@yandex.ru](mailto:himikoff@yandex.ru) не позднее чем через 2 дня после проведения олимпиады по ФОРМЕ:***

- 1) количество учащихся,
- 2) средний балл, полученный за каждую задачу,
- 3) замечания и предложения по условиям и решениям задач,
- 4) списки победителей и призеров,
- 5) тексты задач I (школьного) Всероссийской этапа олимпиады.

При отправке детей на региональный этап олимпиады не забудьте про экспериментальный тур, где требуется защищающий одежду ХАЛАТ!

Региональный этап состоится по адресу: улица Каманина, д. 18/38, в центре для одаренных детей «Платформа 33»