

# Московская предпрофессиональная олимпиада школьников. Химия. 10 класс. Теоретический тур отборочного этапа, 2023/24

1 ноя 2023 г., 10:00 — 20 ноя 2023 г., 23:59

## Правила записи ответов

1. При внесении формул пользуйтесь английской раскладкой клавиатуры.
2. Нижние и верхние индексы указывайте в той же строке, не применяя никаких специфических символов.

**Пример:**  $\text{KMnO}_4$ .

3. Если в задании требуется указать степень окисления, сначала указывайте знак, потом число.

**Пример:** +3.

- При вводе ответов с клавиатуры обращайте внимание **на требования**, указанные в задании (единицы измерения, округление, число слов в ответе и прочее).
- В окна для ответов записывайте нужное количество слов **через пробел, без запятых и других разделителей**.
- Слова с орфографическими, грамматическими ошибками и опечатками **не засчитываются**.

## № 1, вариант 1

5 баллов

Студенты-физики рассыпали содержимое нескольких пробирок в химической лаборатории. До прихода лаборанта они хотят попробовать разделить получившиеся смеси надежным, на их взгляд, способом — с помощью магнита. Какие из предложенных смесей у них получится разделить?

железо и золото

сера и аммоний

сера и железо

сера и золото

ни одну из предложенных

## Правила записи ответов

1. При внесении формул пользуйтесь английской раскладкой клавиатуры.
2. Нижние и верхние индексы указывайте в той же строке, не применяя никаких специфических символов.

**Пример:**  $KMnO_4$ .

3. Если в задании требуется указать степень окисления, сначала указывайте знак, потом число.

**Пример:** +3.

- При вводе ответов с клавиатуры обращайте внимание **на требования**, указанные в задании (единицы измерения, округление, число слов в ответе и прочее).
- В окна для ответов записывайте нужное количество слов **через пробел, без запятых и других разделителей**.
- Слова с орфографическими, грамматическими ошибками и опечатками **не засчитываются**.

### № 1, вариант 2

5 баллов

Студенты-первокурсники рассыпали содержимое нескольких пробирок в химической лаборатории. До прихода лаборанта они хотят попробовать разделить получившиеся смеси надежным, на их взгляд, способом — с помощью воды приготовить раствор и отделить одно вещество от другого. Какие из предложенных смесей у них получится разделить, не прибегая к осуществлению окислительно-восстановительных реакций?

железо и золото

железо и хлорид натрия

сера и железо

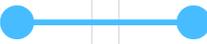
сера и натрий

ни одну из предложенных

## № 2, вариант 1

5 баллов

Сопоставьте названия соединений и их химические формулы.

хлорноватистая кислота		$\text{HClO}_4$
хлорная кислота		$\text{HClO}$
хлорноватая кислота		$\text{HClO}_3$
соляная кислота		$\text{HClO}_2$
хлористая кислота		$\text{HCl}$

## № 2, вариант 2

5 баллов

Сопоставьте названия соединений и количество атомов кислорода в их составе.

хлорноватистая кислота		0
хлорная кислота		1
хлорноватая кислота		2
соляная кислота		3
хлористая кислота		4

**№ 3, вариант 1**

---

10 баллов

Смесь, содержащую 40 % по массе этилена и 60 % по массе этана, сожгли. Масса этилена составляла 18,5 г. Все расчёты проводить с точностью до десятых. Определите массу воды, выделившейся по этой реакции.

80,5 г

16,0 г

30,5 г

73,8 г

101,5 г

Определите объём кислорода, необходимый для сжигания такой смеси.

19,7 л

314,4 л

117,1 л

22,4 л

224 л

### № 3, вариант 2

---

10 баллов

Смесь, содержащую 30 % по массе ацетилена и 70 % по массе пропана, сожгли. Объём пропана составлял 30 литров (н.у.). Определите массу воды, выделившейся по этой реакции. Все расчёты проводите с точностью до сотых, ответ округлите до десятых.

14,4 г

79,2 г

92,7 г

113,9 г

18 г

Определите объём кислорода, необходимый для сжигания такой смеси.

204,4 л

22,4 л

224 л

274,2 л

78,4 л

#### № 4, вариант 1

10 баллов

При смешении каучуков с различными ингредиентами получают резиновые смеси (РС). В результате вулканизации резиновых смесей получают разнообразные резинотехнические изделия. Для получения качественного изделия и снижения энергозатрат предприятия на его производство важен подбор оптимальной температуры ( $T$ , °C) и времени ( $\tau$ , мин) вулканизации РС. Т.е. минимальных  $T$  и  $\tau$ , при которых резина достигнет оптимального комплекса свойств, необходимого для данного изделия в соответствии с условиями эксплуатации.

Подбор оптимума вулканизации РС осуществляют технологи, анализируя, в том числе, реограммы. Небольшой кусочек РС помещают в специальный прибор – реометр, в котором РС подвергается сдвиговым деформациям в условиях заданных амплитуд деформации,  $T$  и  $\tau$ . В результате испытания материала получают реограмму (рис. 1) – зависимость крутящего момента ( $S'$ , Н·м, мера сопротивления материала данной сдвиговой деформации) от времени ( $\tau$ ). Оптимальным  $\tau$  считается время, когда процесс вулканизации прошёл на 90 % ( $t_{C(90)}$ ).

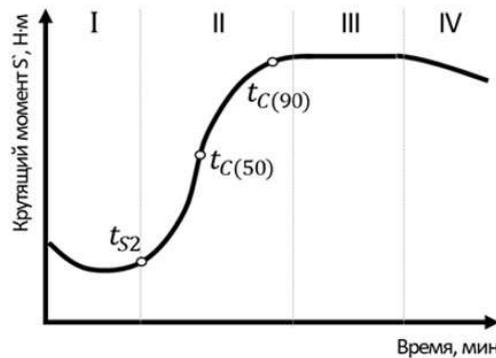


Рис. 1. Типичная кинетическая кривая вулканизации: I – индукционный период; II – вулканизация; III – плато вулканизации; IV – реверсия свойств;  $t_{s2}$  – продолжительность индукционного периода;  $t_{C(50)}$  и  $t_{C(90)}$  – время, когда процесс вулканизации прошёл на 50 % и 90 %, соответственно.

По данным реограмм (рис. 2), выберите наиболее предпочтительную с экономической точки зрения резиновую смесь для изготовления антистатического резинового покрытия.

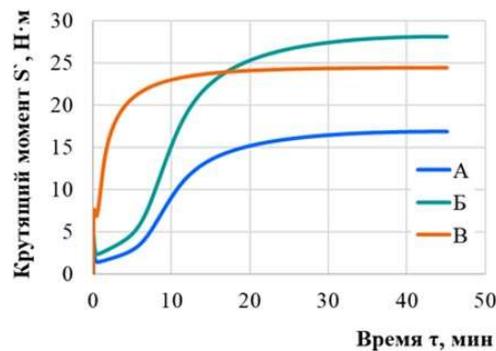


Рис. 2. Реограммы процесса вулканизации при  $T=150^{\circ}\text{C}$  резиновых смесей на основе бутадиен-стирольного каучука марки СКС30-АРК с разным содержанием наполнителя - технического углерода:

А – 20 мас.ч., Б – 25 мас.ч., В – 30 мас.ч.

А

Б

В

## № 4, вариант 2

10 баллов

При смешении каучуков с различными ингредиентами получают резиновые смеси (РС). В результате вулканизации резиновых смесей получают разнообразные резинотехнические изделия. Для получения качественного изделия и снижения энергозатрат предприятия на его производство важен подбор оптимальной температуры ( $T$ , °C) и времени ( $\tau$ , мин) вулканизации РС. Т.е. минимальных  $T$  и  $\tau$ , при которых резина достигнет оптимального комплекса свойств, необходимого для данного изделия в соответствии с условиями эксплуатации.

Подбор оптимума вулканизации РС осуществляют технологи, анализируя, в том числе, реограммы. Небольшой кусочек РС помещают в специальный прибор – реометр, в котором РС подвергается сдвиговым деформациям в условиях заданных амплитуд деформации,  $T$  и  $\tau$ . В результате испытания материала получают реограмму (рис. 1) – зависимость крутящего момента ( $S^*$ , Н·м, мера сопротивления материала данной сдвиговой деформации) от времени ( $\tau$ ). Оптимальным  $\tau$  считается время, когда процесс вулканизации прошёл на 90 % ( $t_{C(90)}$ ).

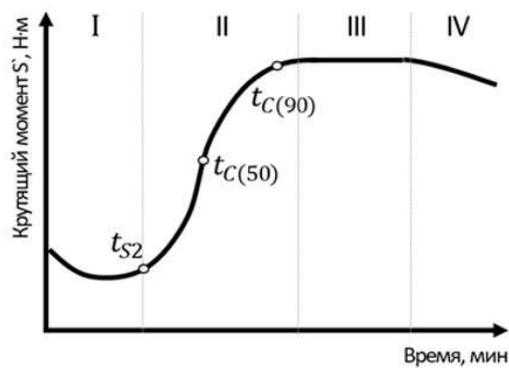


Рис. 1. Типичная кинетическая кривая вулканизации: I – индукционный период; II – вулканизация; III – плато вулканизации; IV – реверсия свойств;  $t_{s2}$  – продолжительность индукционного периода;  $t_{C(50)}$  и  $t_{C(90)}$  – время, когда процесс вулканизации прошёл на 50 % и 90 %, соответственно.

По данным реограмм (рис. 2), выберите наиболее предпочтительную с экономической точки зрения температуру вулканизации резиновой смеси для изготовления автомобильного резинового уплотнителя.

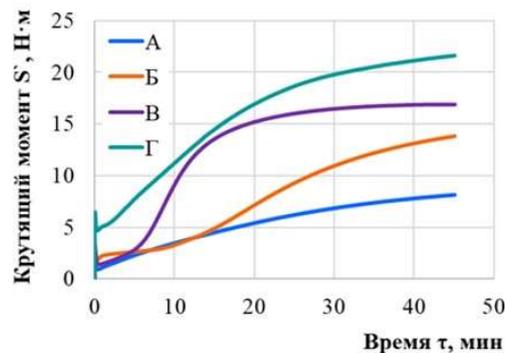


Рис. 2. Реограммы процесса вулканизации резиновых смесей на основе этилен-пропиленового каучука марки СКЭПТ-50 при температуре: А – 155°C, Б – 160°C, В – 175°C, Г – 180°C.

А

Б

В

**№ 5, вариант 1**

35 баллов

Для обнаружения этого соединения, первого и самого легкого в своем классе, могут использоваться различные соединения, так, например, для него характерна качественная реакция с реактивом Толленса. Укажите в поле ответа, что это за соединение. Ответ дайте в именительном падеже, единственном числе.

формальдегид

Это соединение участвует также ещё в одной качественной реакции, а именно в реакции с хромотроповой кислотой в присутствии серной кислоты. Эту реакцию часто используют для количественного определения данного соединения методом спектрофотометрии. Известно, что для протекания этой реакции требуется концентрация серной кислоты не менее **72 % об.** Принимая во внимание, что для приготовления раствора вы имеете мерную колбу, вместимостью 10 мл, укажите, каким максимально может быть объём раствора пробы, содержащий определяемое соединение, если объём водного раствора хромотроповой кислоты, необходимый для протекания качественной реакции составляет 0,5 мл, а цена деления пипеток, которые вы можете использовать для взятия аликвот составляет 0,1 мл. Укажите в ответе число с точностью до десятых.

2.3

У приготовленных растворов измерили оптическую плотность. Известно, что величина оптической плотности прямо пропорциональна концентрации. Для раствора пробы определили оптическую плотность, она составила 0,4834. Известно, что оптическая плотность стандартного раствора концентрацией 10 мг/л составляет 0,7456. Определите концентрацию раствора пробы, учитывая, что при приготовлении испытуемого раствора его разбавили в 10 раз. Ответ дайте в мг/л, округлив с точностью до десятых.

64.8

## № 5, вариант 2

35 баллов

Для обнаружения этого соединения, первого и самого легкого в своем классе, могут использоваться различные соединения, так, например, для него характерна качественная реакция с реактивом Толленса. Укажите в поле ответа, что это за соединение. Ответ дайте в именительном падеже, единственном числе.

формальдегид

Это соединение участвует также ещё в одной качественной реакции, а именно в реакции с хромотроповой кислотой в присутствии серной кислоты. Эту реакцию часто используют для количественного определения данного соединения методом спектрофотометрии. Известно, что для протекания этой реакции требуется концентрация серной кислоты не менее 80 % об. Принимая во внимание, что для приготовления раствора вы имеете мерную колбу, вместимостью 10 мл, укажите, каким максимально может быть объём раствора пробы, содержащий определяемое соединение, если объём водного раствора хромотроповой кислоты, необходимый для протекания качественной реакции составляет 0,5 мл, а цена деления пипеток, которые вы можете использовать для взятия аликвот составляет 0,1 мл. Укажите в ответе число с точностью до десятых.

1.5

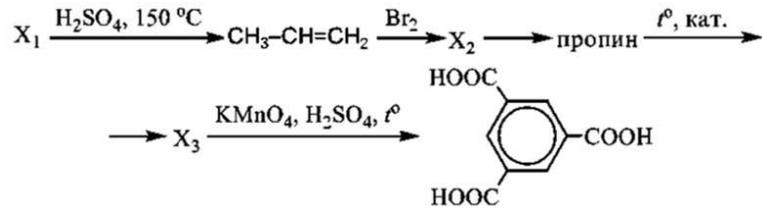
У приготовленных растворов измерили оптическую плотность. Известно, что величина оптической плотности прямо пропорциональна концентрации. Для раствора пробы определили оптическую плотность, она составила 0,4834. Известно, что оптическая плотность стандартного раствора концентрацией 10 мг/л составляет 0,6545. Определите концентрацию раствора пробы, учитывая, что при приготовлении испытуемого раствора взяли аликвоту 1,5 мл и довели объём раствора до 10 мл. Ответ дайте в мг/л, округлив с точностью до десятых.

49.2

№ 6, вариант 1

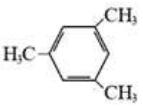
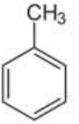
35 баллов

На схеме представлен синтез тримезиновой кислоты через образование пропина.



Определите, какие из представленных ниже веществ являются веществами  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ . Расставьте выбранные вещества в нужной последовательности слева направо.

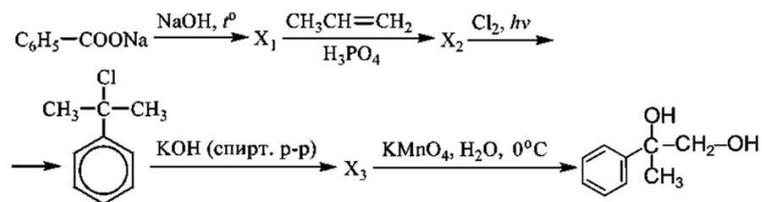
— Расставьте в верной последовательности —

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	$Br-CH_2-\underset{Br}{\underset{ }{CH}}-CH_3$	
$CH_3-CH_2-C(=O)OH$		

№ 6, вариант 2

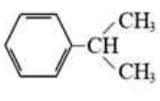
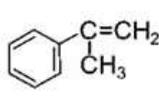
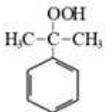
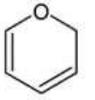
35 баллов

На схеме представлен синтез двухосновного спирта.



Определите, какие из представленных ниже веществ являются веществами  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ . Расставьте выбранные вещества в нужной последовательности слева направо.

— Расставьте в верной последовательности —

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ХИМИЯ. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП. Решения**

---

**10 класс**

Задача 1.1

Ответ:

1. Железо и золото
3. Сера и железо

Задача 1.2

Ответ:

2. Железо и хлорид натрия
3. Сера и железо

Задача 2.1

Ответ:

1	Хлорноватистая кислота	7	$\text{HClO}$
2	Хлорная кислота	6	$\text{HClO}_4$
3	Хлорноватая кислота	8	$\text{HClO}_3$
4	Соляная кислота	10	$\text{HCl}$
5	Хлористая кислота	9	$\text{HClO}_2$

Задача 2.2

Ответ:

1.	Хлорноватистая кислота	10	1
----	------------------------	----	---

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ХИМИЯ. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП. Решения**

2.	Хлорная кислота	8	4
3.	Хлорноватая кислота	9	3
4.	Соляная кислота	7	0
5.	Хлористая кислота	6	2

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ХИМИЯ. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП. Решения**

---

Задача 3.1

1) Ответ: 73,8 г

Решение:

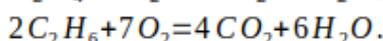
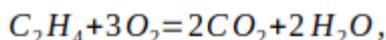
Из условия известно, что масса этилена составляет 18.5 г занимает 40% всех смеси. Тогда можно рассчитать массу всей смеси:

$$m_{\text{см}} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_4} \cdot 100\%}{40\%} = \frac{18.5 \cdot 100\%}{40\%} = 46.3 \text{ г.}$$

Теперь можно рассчитать массу этана:

$$m_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{m_{\text{см}} \cdot 60\%}{100\%} = \frac{46.3 \cdot 60\%}{100\%} = 27.8 \text{ г.}$$

Запишем уравнения реакций:



Согласно уравнениям, на 1 моль этилена приходится 2 моль воды, а на 2 моль этана – 6 моль. Тогда:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{C}_2\text{H}_4} + m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{C}_2\text{H}_6} = n_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{C}_2\text{H}_4} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{C}_2\text{H}_6} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} = \zeta$$

$$\zeta \cdot 2 \cdot n_{\text{C}_2\text{H}_4} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{6 \cdot n_{\text{C}_2\text{H}_6} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}}{2} = \frac{2 \cdot m_{\text{C}_2\text{H}_4} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{C}_2\text{H}_4}} + \frac{6 \cdot m_{\text{C}_2\text{H}_6} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}}{2 \cdot M_{\text{C}_2\text{H}_6}} = \zeta$$

$$\zeta \cdot \frac{2 \cdot 18.5 \cdot (2 \cdot 1 + 16)}{2 \cdot 12 + 4 \cdot 1} + \frac{6 \cdot 27.8 \cdot (2 \cdot 1 + 16)}{2 \cdot (2 \cdot 12 + 6 \cdot 1)} = 73.8 \text{ г.}$$

2) Ответ: 3

Решение:

Согласно уравнениям, на 1 моль этилена приходится 3 моль кислорода, а на 2 моль этана – 7 моль. Тогда:

$$V_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} \cdot V_m = (n_{\text{O}_2}^{\text{C}_2\text{H}_4} + n_{\text{O}_2}^{\text{C}_2\text{H}_6}) \cdot V_m = \left( 3 \cdot n_{\text{C}_2\text{H}_4} + \frac{7 \cdot n_{\text{C}_2\text{H}_6}}{2} \right) \cdot V_m = \zeta$$

$$\zeta \cdot \left( \frac{3 \cdot m_{\text{C}_2\text{H}_4}}{M_{\text{C}_2\text{H}_4}} + \frac{7 \cdot m_{\text{C}_2\text{H}_6}}{2 \cdot M_{\text{C}_2\text{H}_6}} \right) \cdot V_m = \zeta$$

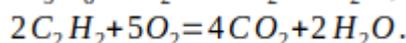
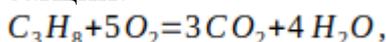
$$\zeta \cdot \left( \frac{3 \cdot 18.5}{2 \cdot 12 + 4 \cdot 1} + \frac{7 \cdot 27.8}{2 \cdot (2 \cdot 12 + 6 \cdot 1)} \right) \cdot 22.4 = 117.0 \text{ л.}$$

Задача 3.2

1) Ответ: 113,9 г

Решение:

Запишем уравнения реакций:



Затем необходимо рассчитать количество вещества пропана:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ХИМИЯ. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП. Решения**

---

$$n_{C_3H_8} = \frac{V_{C_3H_8}}{V_m} = \frac{30}{22.4} = 1,3 \text{ моль.}$$

Зная количество вещества пропана, можно найти его массу и массу всех исходной смеси:

$$m_{C_3H_8} = n_{C_3H_8} \cdot M_{C_3H_8} = 1,3 \cdot (3 \cdot 12 + 8 \cdot 1) = 57,2 \text{ г,}$$

$$m_{см} = \frac{m_{C_3H_8} \cdot 100\%}{70\%} = \frac{57,2 \cdot 100\%}{70\%} = 81,7 \text{ г.}$$

Ацетилен составляет 30% смеси, тогда:

$$m_{C_2H_2} = \frac{m_{см} \cdot 30\%}{100\%} = \frac{81,7 \cdot 30\%}{100\%} = 24,5 \text{ г,}$$

$$n_{C_2H_2} = \frac{m_{C_2H_2}}{M_{C_2H_2}} = \frac{24,5}{2 \cdot 12 + 2 \cdot 1} = 0,9 \text{ моль.}$$

Теперь можно посчитать массу выделившейся воды:

$$m_{H_2O} = m_{H_2O}^{C_3H_8} + m_{H_2O}^{C_2H_2} = n_{H_2O}^{C_3H_8} \cdot M_{H_2O} + n_{H_2O}^{C_2H_2} \cdot M_{H_2O} = 6$$

$$6 \cdot n_{C_3H_8} \cdot M_{H_2O} + n_{C_2H_2} \cdot M_{H_2O} = 6$$

$$4 \cdot 1,34 \cdot 18 + 0,97 \cdot 18 = 113,9 \text{ г}$$

2) Ответ: 204,4 л

Решение:

Воспользуемся данными, полученными выше. На сгорание 1 моль пропана потребуется 5 моль кислорода, а на сгорание 2 моль ацетилена также 5 моль кислорода. Тогда:

$$V_{O_2} = n_{O_2} \cdot V_m = (n_{O_2}^{C_3H_8} + n_{O_2}^{C_2H_2}) \cdot V_m = \left( 5 \cdot n_{C_3H_8} + \frac{5 \cdot n_{C_2H_2}}{2} \right) \cdot V_m = 6$$
$$(5 \cdot 1,34 + 5 \cdot 0,97/2) \cdot 22,4 = 204,4 \text{ л}$$

#### Задача 4.1

Ответ: В

Решение: с экономической точки зрения предпочтительно использовать такие резиновые смеси, на процесс вулканизации которых необходимо затратить наименьшее время. Наименьшее оптимальное время вулканизации, т.е. время, за которое процесс вулканизации прошел на 90 %, демонстрирует образец В.

#### Задача 4.2

Ответ: В

Решение: с экономической точки зрения предпочтительно использовать такие резиновые смеси, на процесс вулканизации которых необходимо затратить наименьшее время. Наименьшее оптимальное время вулканизации, т.е. время, за которое процесс вулканизации прошел на 90 %, наблюдается при 175 °С (кривая В).

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ХИМИЯ. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП. Решения**

---

Задача 5.1

Решение:

1. Формальдегид
2. Так как серной кислоты должно быть 72% об, то в мерной колбе это:

$$10 \cdot 0,72 = 7,2 \text{ мл}$$

Для протекания реакции водной части может быть:

$$10 - 7,2 = 2,8 \text{ мл}$$

Из них 0,5 мл приходится на серную кислоту. Тогда объем пробы:

$$2,8 - 0,5 = 2,3 \text{ мл}$$

3. Исходя из прямой пропорциональной зависимости, определяем концентрацию формальдегида в испытуемом растворе:

$$10 \text{ мг/мл} - 0,7456$$

$$X \text{ мг/мл} - 0,4834$$

$$X = (10 \cdot 0,4834) / 0,7456 = 6,48 \text{ мг/л}$$

Учитывая, что испытуемый раствор разбавили в 10 раз, концентрация испытуемого раствора составляет:

$$C = X \cdot 10 = 6,48 \cdot 10 = 64,8 \text{ мг/л}$$

Ответ: 1. формальдегид/метаналь/муравьиный альдегид/альдегид муравьиный  
2. 2,3 3. 64,8

Задача 5.2

Решение:

4. Формальдегид
5. Так как серной кислоты должно быть 80% об, то в мерной колбе это:

$$10 \cdot 0,8 = 8 \text{ мл}$$

Для протекания реакции водной части может быть:

$$10 - 8 = 2 \text{ мл}$$

Из них 0,5 мл приходится на серную кислоту. Тогда объем пробы:

$$2 - 0,5 = 1,5 \text{ мл}$$

6. Исходя из прямой пропорциональной зависимости, определяем концентрацию формальдегида в испытуемом растворе:

$$10 \text{ мг/мл} - 0,6545$$

$$X \text{ мг/мл} - 0,4834$$

$$X = (10 \cdot 0,4834) / 0,6545 = 7,39 \text{ мг/л}$$

Учитывая приготовление испытуемого раствора, исходная концентрация составила:

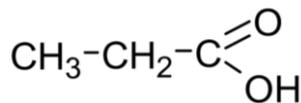
$$C = (X \cdot 10) / 1,5 = (7,39 \cdot 10) / 1,5 = 49,2 \text{ мг/л}$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ХИМИЯ. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП. Решения

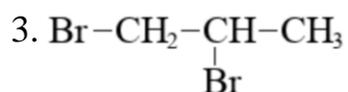
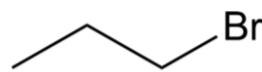
Ответ: 1. формальдегид/метаналь/муравьиный альдегид/альдегид муравьиный  
2. 1,5 3. 49,2

Задача 6.1

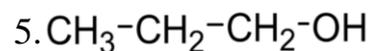
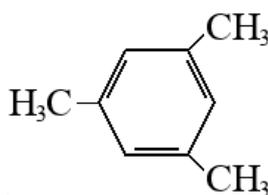
1.



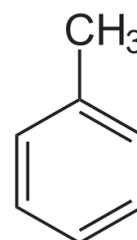
2.



4.



6.



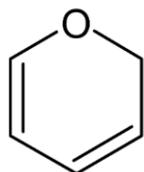
Ответ: 534

Задача 6.2

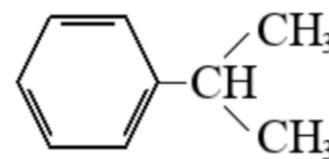
1.



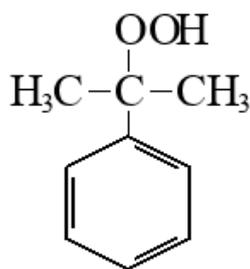
3.



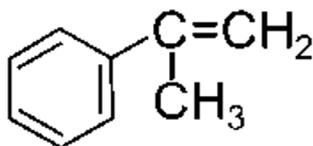
5.



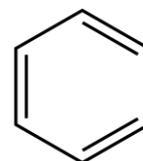
2.



4.



6.



Ответ: 654