



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ХИМИИ. 2019–2020 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

**Задания и критерии оценивания**

**Общие указания:** если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается.

**Задание 1. Правые части с коэффициентами**

По правой части уравнения с коэффициентами восстановите формулы веществ и коэффициенты в левой части уравнения реакции.

- 1) ... + ... =  $\text{NaCl} + \text{HCl} + \text{S}$
- 2) ... + ... + ... =  $2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{NaNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) ... + ... =  $2\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$
- 4) ... + ... + ... =  $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 5) ... + ... + ... =  $2\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$

**Задание 2. «Угадайка»**

Бинарное вещество **А** массой 18,2 г растворили в 200 мл воды. Выделился ядовитый бесцветный газ **Б** массой 6,8 г, нерастворимый в воде, и образовался щелочной раствор с массовой долей вещества **В** 10,5 %. При пропускании через этот раствор 6,72 л (н. у.) углекислого газа образовался белый осадок **Г** массой 30 г. При длительном прокаливании вещества **Г** его масса уменьшилась на 13,2 г. Газ **Б** на воздухе самовоспламеняется с образованием белого гигроскопичного вещества **Д**, относящегося к классу кислот.

- 1) Определите вещества **А–Д**, приведите необходимые расчёты.
- 2) Определите объём газа **Б** (н. у.).
- 3) Напишите уравнения всех описанных реакций.

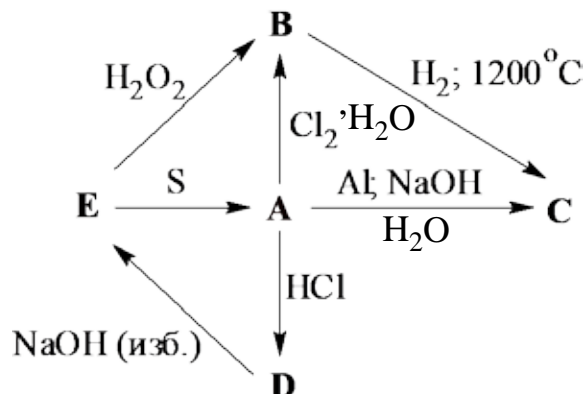
**Задание 3. Определение формулы по продуктам сгорания**

К 1,0 л смеси некоторого углеводорода с углекислым газом добавили 5,0 л кислорода и подожгли. После окончания реакции объём газовой смеси составил 6,8 л. Конденсация водяных паров привела к уменьшению объёма газовой смеси до 3,6 л. После удаления воды смесь пропустили через избыток раствора едкого натра. Часть смеси поглотилась, и остался газ объёмом 1 л. Объёмы газов измерялись при одинаковых условиях.

- 1) Установите формулу углеводорода. Ответ подтвердите расчётами.
- 2) Вычислите объёмную и массовую доли углеводорода в исходной газовой смеси.

#### Задание 4. Важная неорганическая соль

Неорганическая натриевая соль **A** имеет много областей применения – удаление избытка хлора при отбеливании тканей, противовоспалительное и дезинтоксикационное действие, окислительно-восстановительное титрование. Ниже представлены некоторые реакции с участием раствора соли **A**:



В таблице ниже приведены некоторые характеристики соединений **A–E**:

Соль	$\omega(\text{Na}), \%$	$\omega(\text{X}), \%$	$\omega(\text{O}), \%$
<b>A</b>	29,11	40,51	30,38
<b>B</b>	32,39	22,54	45,07
<b>C</b>	58,97	41,03	–
<b>D</b>	–	50	50
<b>E</b>	36,51	25,40	38,09

Определите с помощью расчёта формулы веществ **A–E**. Напишите уравнения представленных реакций.

#### Задание 5. Химия путешественника

Уходят в прошлое туристические костры, и на смену им приходят более цивилизованные и экологически безопасные горелки. Впрочем, ими туристы давно пользуются, оценив возможность не только быстро приготовить обед в условиях отсутствия дров, но и обогреть палатку. Учитывая широту современного ассортимента газовых горелок, сложно себе представить, что длительное время они были аутсайдерами среди используемого любителями активного отдыха портативного топливного оборудования. Проблема крылась в самом газе: применявшиеся в индустрии вещества **X** и **Y** были крайне капризными и очень чутко реагировали на перепады температур, не обеспечивая должной работы горелки, когда столбик термометра опускался ниже нуля. Из-за этой особенности газ длительное время применялся лишь в плитках и лампах, предназначенных для кемпингов и автотуризма. Лишь в 1989 году компания MSR начала продажу баллонов с газовой смесью, содержащей помимо веществ **X** и **Y** ещё и изобутан.

Про вещества **X**, **Y** известно следующее:

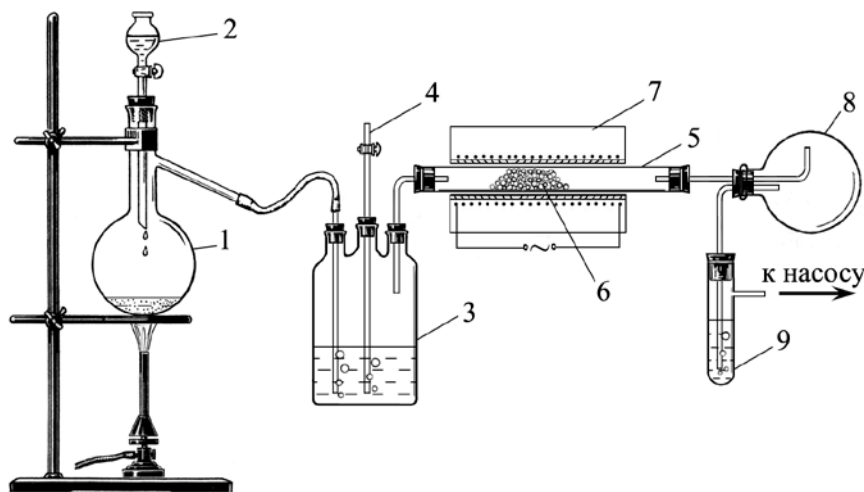


- ⊞ Вещества **X**, **Y** при н. у. являются газами и относятся к классу алканов.
- ⊞ Одна из самых распространённых смесей **X**, **Y** и **изобутана** имеет относительную плотность по водороду 27,25, причём  $\varphi(\text{X}) = \frac{1}{2}\varphi(\text{Y}) = \varphi(\text{i-C}_4\text{H}_{10})$ .
- ⊞ При пропускании углекислого газа, образовавшегося при горении 11 г газа **X**, через избыток известковой воды, выпадает 75 г осадка.

- 1) Каковы объёмные доли газов в самой распространённой газовой смеси?
- 2) Определите вещества **X** и **Y**. Ответ подтвердите расчётом.
- 3) Напишите уравнения реакций горения веществ **X**, **Y** и **изобутана**, а также уравнение реакции углекислого газа с избытком известковой воды.

#### Задание 6. Получение жёлто-зелёного газа

В XIX веке был предложен промышленный способ получения газа **X**. Ниже будет рассмотрен лабораторный опыт, моделирующий данный способ. В колбу Вюрца (на рисунке показана цифрой 1) поместили кристаллический хлорид натрия. С помощью капельной воронки (2) к соли приливали концентрированную серную кислоту, при этом выделялся газ **Y**. Скорость выделения **Y** можно увеличить, нагревая колбу Вюрца. Выделяющийся газ **Y** пропускали в трёхгорлую склянку (3) с серной кислотой. В эту же склянку проходил воздух по трубке (4). Смесь газов поступала в трубку-реактор (5), в которой находился катализатор (6) – хлорид меди(II), нанесённый на кусочки пористого кирпича. Трубку-реактор (5) нагревалась с помощью электронагревателя (7), который позволял поддерживать постоянную температуру. Газы из реактора проходили в круглодонную колбу (8), а затем в пробирку с раствором бромидка калия (9). Боковой отвод пробирки (9) был подключён к водоструйному насосу.



Прибор для получения газа **X**:

- 1 – колба Вюрца с хлоридом натрия;
- 2 – капельная воронка с концентрированной серной кислотой;
- 3 – трёхгорлая промывная склянка с серной кислотой;
- 4 – трубка с краном; 5 – трубка-реактор; 6 – катализатор, хлорид меди(II) на пористом носителе; 7 – электронагреватель; 8 – круглодонная колба; 9 – пробирка с раствором бромидка калия.

Осторожно нагревали реактор (5) с катализатором до температуры 400 °С. Через несколько минут в колбе (8) стало заметным появление газа **X** жёлто-зелёного цвета. В колбе (8) также образовался туман из-за реакции примеси не вступившего в реакцию газа **Y** с парами воды. Бесцветный раствор бромида калия в пробирке (9) постепенно принял красно-бурую окраску. Важно отметить, что если перекрыть кран на трубке (4), т. е. прекратить поступление воздуха в установку, то газ **X** не образуется.

1. Определите газы **X** и **Y**.
2. Напишите уравнения реакций получения **Y** в колбе Вюрца (1) и превращения **Y** в **X**, которая протекает в трубке-реакторе (5).
3. Почему раствор в пробирке (9) изменяет окраску? Напишите соответствующее уравнение реакции.
4. Известно, что реакция превращения **Y** в **X**, которая протекает в трубке-реакторе (5), является обратимой. При температуре ниже 300 °С она практически не идёт, выше 460 °С её выход заметно снижается. Предложите возможное объяснение этим особенностям данного процесса.
5. Рассмотренный способ промышленного получения **X** был практически полностью вытеснен современным методом уже на рубеже XIX–XX веков. Как в настоящее время получают **X** в промышленности? Приведите соответствующее уравнение реакции.

### Решения и критерии оценивания олимпиадных заданий

**В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.**

#### Задание 1. Правые части с коэффициентами

**Решение:**

- 1)  $\text{NaHS} + \text{Cl}_2 = \text{NaCl} + \text{HCl} + \text{S}$
- 2)  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{NaNO}_3 + 4\text{NaOH} = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{NaNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{Cl}_2 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{NaI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 5)  $2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$

**Критерии оценивания:**

За каждое уравнение

**по 2 балла**

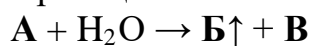
(если в левой части указаны верные вещества,  
но пропущен коэффициент – 1 балл)

**Всего за задачу – 10 баллов.**

#### Задание 2. «Угадайка»

**Решение:**

Первая реакция:



По закону сохранения массы можно рассчитать массу образовавшегося щелочного раствора:  $18,2 + 200 - 6,8 = 211,4$  г.

Масса вещества **В** в этом растворе равна  $211,4 \cdot 0,105 = 22,2$  г.



Пусть вещество **Г** – это карбонат кальция. Это подтверждается уменьшением массы при прокаливании:

$$n(\text{CaCO}_3) = 30 / 100 = 0,3 \text{ моль}, \Delta m = m(\text{CO}_2) = 0,3 \times 44 = 13,2 \text{ г.}$$

Следовательно, вещество **В** – это гидроксид кальция,

$$n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 22,2 / 74 = 0,3 \text{ моль.}$$

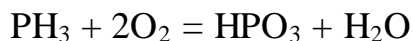
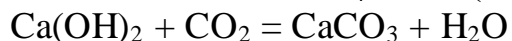
Таким образом, в состав вещества **А** входил кальций количеством 0,3 моль и массой  $0,3 \times 40 = 12$  г.

На другой элемент приходится 6,2 г. Это фосфор,  $n(\text{P}) = 6,2 / 31 = 0,2$  моль.

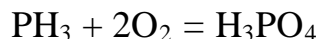
**А** – фосфид кальция  $\text{Ca}_3\text{P}_2$ , **Б** – фосфин  $\text{PH}_3$ , **В** – гидроксид кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , **Г** – карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$ , **Д** – метафосфорная кислота  $\text{HPO}_3$  (принимается также **Д** –  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ).

$$\text{Объём фосфина: } V(\text{PH}_3) = nV_m = (6,8 / 34) \times 22,4 = 4,48 \text{ л.}$$

Уравнения реакций:



ИЛИ



**Критерии оценивания:**

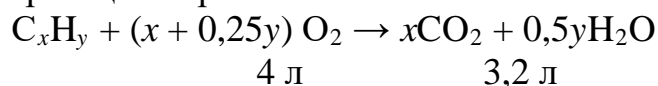
За определение каждого вещества с рассуждениями и расчётами – по 1 баллу	<b>5 баллов</b>
За каждое уравнение по 1 баллу	<b>4 балла</b>
Объём фосфина	<b>1 балл</b>
<b>Всего за задачу – 10 баллов.</b>	

**Задание 3. Определение формулы по продуктам сгорания**

**Решение:**

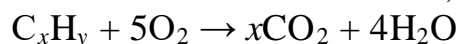
1. В результате реакции горения образуется  $6,8 - 3,6 = 3,2$  л водяных паров. Суммарный объём исходного и вновь образовавшегося в реакции горения углекислого газа составляет  $3,6 - 1,0 = 2,6$  л, так как объём непоглощённого газа составил 1,0 л. Непоглощённым газом является избыток кислорода, следовательно, в реакцию вступило  $5 - 1 = 4$  л кислорода.

Схема реакции горения:

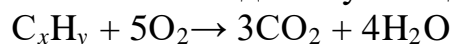


Применим закон Авогадро. Из него следует, что соотношение объёмов газов можно заменить отношением их количеств вещества:

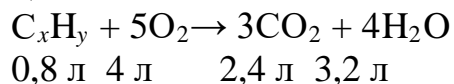
$$4 / 3,2 = 1,25 / 1 = 5 / 4.$$



Рассчитав количество вещества атомов кислорода в уравнении реакции, можно определить количество вещества углекислого газа, образовавшегося в реакции горения 1 моль исходного углеводорода:



В результате реакции горения образовалось 2,4 л углекислого газа [ $V(\text{CO}_2) = 3,2 \text{ л} \cdot 3/4 = 2,4 \text{ л}$ ]. В исходной смеси содержалось  $2,6 - 2,4 = 0,2$  л углекислого газа. Следовательно, объём углеводорода был равен 0,8 л. Теперь известны объёмные и количественные соотношения всех веществ, участвующих в реакции:



Из уравнения реакции следует, что  $x = 3$ , а  $y = 8$ , следовательно, исходный углеводород – пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$ .

2. Объёмная доля пропана в исходной смеси  $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,8 / 1 = 0,8$  (80 %).

Так как молярные массы пропана и углекислого газа одинаковы (44 г/моль), то и массовая доля пропана в смеси равна 80 %.

**Критерии оценивания:**

1. Расчёт объёмных соотношений газов в исходной смеси и продуктах её горения **2 балла**
2. Расчёт количественных соотношений газов в реакции горения с использованием их объёмных соотношений **4 балла**
3. Вывод формулы углеводорода **2 балла**
4. Вычисление объёмной и массовой доли углеводорода в исходной смеси **2 балла**

**Всего за задачу – 10 баллов.**

**Задание 4. Важная неорганическая соль**

**Решение:**

Рассмотрим соединение **D**. Так как в его состав входит кислород, соединение **D** можно представить формулой  $X_2O_n$ , тогда

$$\omega(X) = 0,5 = \frac{2A(X)}{16n + 2A(X)} \Rightarrow A(X) = 8n$$

При  $n = 4$ ,  $A(X) = 32$  г/моль, что соответствует сере (S), следовательно,

**X = S** **0,5 балла**

**D = SO<sub>2</sub>** **0,5 балла**

Остальные соли легко найти по массовым долям элементов:

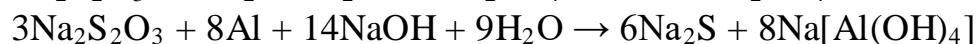
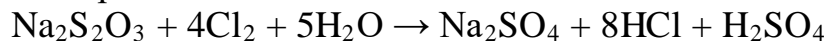
Соль	$Na_xS_yO_z$
A	$Na_2S_2O_3$
B	$Na_2SO_4$
C	$Na_2S$
E	$Na_2SO_3$

**2 балла**

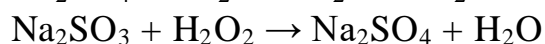
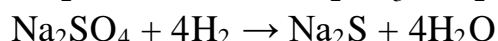
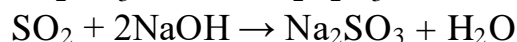
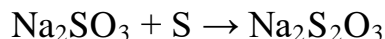
(за каждую соль – 0,5 балла, без расчёта серы – 0 баллов)

Если учащийся предложит другой способ решения, соответствующий условию задачи, ставится полный балл.

Уравнения реакций:



(также засчитывать уравнение с образованием  $Na_3[Al(OH)_6]$  или  $Na[Al(OH)_4(H_2O)_2]$ )



**7 баллов**

(за каждое уравнение – 1 балл,

в случае неправильных коэффициентов – 0,5 балла)

**Всего за задачу – 10 баллов.**

### Задание 5. Химия путешественника

#### Решение:

1) Согласно условию,  $\varphi(\mathbf{X}) = \frac{1}{2}\varphi(\mathbf{Y}) = \varphi(\mathbf{i-C_4H_{10}})$ .

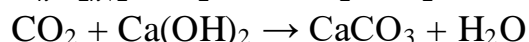
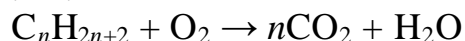
$\varphi(\mathbf{X}) + \varphi(\mathbf{Y}) + \varphi(\mathbf{i-C_4H_{10}}) = 1$ , следовательно,

$\varphi(\mathbf{X}) = \varphi(\mathbf{i-C_4H_{10}}) = 0,25$ ;  $\varphi(\mathbf{Y}) = 0,5$

**1 балл**

2) Сначала определим газ **X**:

**X** –  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$



$$v(\text{CaCO}_3) = \frac{75 \text{ г}}{100 \text{ г / моль}} = 0,75 \text{ моль} = v(\text{CO}_2)$$

$$\frac{11}{14n+2} = \frac{0,75}{n} \Rightarrow n = 3$$

**X** –  $\text{C}_3\text{H}_8$  – пропан

**2 балла**

Пусть формула **Y** –  $\text{C}_m\text{H}_{2m+2}$ .

$M(\text{смеси}) = 54,5 \text{ г/моль}$

**1 балл**

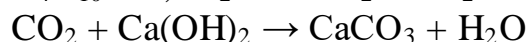
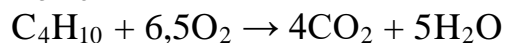
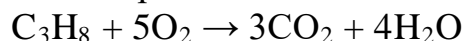
Т.к.  $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = \varphi(\mathbf{i-C_4H_{10}}) = 0,25$ ;  $\varphi(\mathbf{Y}) = 0,5$ , для молярной массы можно записать уравнение:

$$54,5 = 0,25 \cdot 44 + 0,25 \cdot 58 + 0,5(14m + 2)$$

$m = 4$ , следовательно, **Y** – бутан,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

**3 балла**

3) Уравнения реакций:



**3 балла**

(по 1 баллу за каждое уравнение,

в случае неверных коэффициентов – 0,5 балла)

**Всего за задачу – 10 баллов.**

### Задание 6. Получение жёлто-зелёного газа

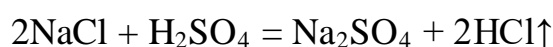
#### Решение и система оценивания:

1. При действии концентрированной серной кислоты на хлорид натрия выделяется хлороводород  $\text{HCl}$  – газ **Y**. Затем он превращается в газ **X** жёлто-зелёного цвета – хлор,  $\text{Cl}_2$ .

**2 балла**

2. Получение **Y**:  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}\uparrow$

или



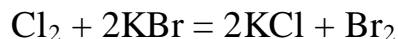
**1 балл**

Получение **X**:  $4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

**2 балла**



3. Хлор окисляет бромид-ионы, выделяется элементарный бром красно-бурого цвета:



**1 балл**

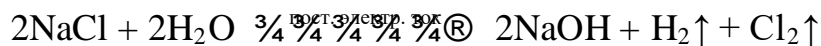
4. Очевидно, 300 °С – температура зажигания катализатора, ниже которой реакция практически не идёт. Снижение выхода обратимой реакции при увеличении температуры свидетельствует об экзотермичности прямого процесса:



В этом случае увеличение температуры приводит к смещению равновесия влево, т. е. к снижению выхода прямой реакции.

**2 балла**

5. Основным промышленным способом получения хлора является электролиз водного раствора хлорида натрия:



**2 балла**

**Всего за задачу – 10 баллов.**