

# Всероссийская олимпиада школьников

муниципальный этап

2021-2022 учебный год

**ХИМИЯ**

**11 класс**

## КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ

**Максимальное количество баллов за все задания - 100**

При проверке и оценивании работ необходимо на каждом листе в тетради поставить подпись члена жюри. Для каждого задания указываются фактически набранные баллы по критериям.

### Задание 1.

Элемент *X* образует с фтором три газообразных соединения. Самое легкое из них – газ *A*; этот газ в 2 раза тяжелее углекислого газа, число атомов в двух других газах *B* и *C* одинаковое. Газы *A* и *C* реагируют с водой – в каждой реакции образуется две кислоты. При сильном нагревании *C* превращается в *A*. Газ *A* при нагревании с мелкодисперсным никелем дает летучую жидкость, пары которой в 4,67 раза тяжелее *A*.

1. Установите элемент *X*.
2. Определите формулы газов *A*, *B* и *C*.
3. Напишите уравнения всех реакций, о которых здесь идет речь.
4. Установите состав легколетучего жидкого соединения никеля с  $PF_3$ .

**Решение:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Определим молярную массу самого легкого соединения элемента <i>X</i> с фтором: $M(A) = 2 \cdot 44 \text{ г/моль} = 88 \text{ г/моль}$ .	0,5 балла
Такую молярную массу имеют $CF_4$ и $PF_3$ , однако $CF_4$ не реагирует с водой	2 балла 1 балл
Значит <i>X</i> – это фосфор.	1 балл
2. Соединение <i>A</i> – $PF_3$	1 балл
По шесть атомов содержат - $PF_5$ и $P_2F_4$ , из них только $PF_5$ дает две кислоты при реакции с водой.	1 балл 2 балла

Следовательно: <b>B</b> - $P_2F_4$	0,5 балла
Соединение <b>C</b> – $PF_5$	0,5 балла
<b>3. Уравнения реакций:</b> $PF_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HF$	2 балла
$PF_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HF$	2 балла
$PF_5 = PF_3 + F_2$	2 балла
<b>4. Установим состав легколетучего жидкого соединения никеля с <math>PF_3</math>.</b> $M = 4,67 \cdot 88 \text{ г/моль} = 411 \text{ г/моль}.$	0,5 балла
Предположим – $Ni + nPF_3 = Ni(PF_3)_n \quad M(Ni) = 59 \text{ г/моль}.$	2 балла
$m(PF_3)_n = 411 - 59 = 352$	0,5 балла
$n = 352 / 88 = 4,$ где $M(PF_3) = 88 \text{ г/моль}$	0,5 балла
$Ni + 4PF_3 = Ni(PF_3)_4$	1 балл
<b>Максимальный балл:</b>	<b>20 баллов</b>

### Задание 2.

В замкнутом сосуде смешали три газа, полученные следующим образом: первый – действием избытком концентрированной соляной кислоты на 5,88 г дихромата калия (газ А), второй – при разложении 24,5 г бертолетовой соли в присутствии катализатора – оксида марганца (IV) (газ Б), третий – действием разбавленной серной кислоты на 37 г железа (газ С). Полученную смесь взорвали.

1. Напишите уравнения реакций получения газов. Определите газ А, Б, С.
2. Рассчитайте количество моль газа А, Б, С.
3. Напишите уравнения реакций после взрыва.
4. Определите концентрацию образовавшейся кислоты.

#### Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<b>1. Написаны уравнения реакций получения газов:</b>	
1) $K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 3Cl_2 + 2CrCl_3 + 2KCl + 7H_2O$ (1) Газ А – хлор ( $Cl_2$ )	2 балла 0,5 балла
2) $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ – катализатор $MnO_2$ (2) Газ Б – кислород ( $O_2$ )	2 балла 0,5 балла
3) $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$ (3) Газ С – водород ( $H_2$ )	2 балла 0,5 балла
<b>2. Рассчитаны количества моль газов по данным массам солей:</b>	
$n(K_2Cr_2O_7) = 5,88 \text{ г} / 294 \text{ г/моль} = 0,02 \text{ моль}; n(Cl_2) = 0,06 \text{ моль}$ (уравнение 1);	1 балл
$n(KClO_3) = 24,5 \text{ г} / 122,5 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль}; n(O_2) = 0,3 \text{ моль}$ (уравнение 2);	1 балл
$n(Fe) = 37 \text{ г} / 56 \text{ г/моль} = 0,66 \text{ моль}; n(H_2) = 0,66 \text{ моль}$ (уравнение 3).	1 балл
<b>3. Процессы после взрыва:</b>	

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$	<b>2 балла</b>
$n(\text{H}_2) = 0,66$ моль, $n(\text{O}_2) = 0,3$ моль, следовательно, $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,6$ моль, $n(\text{H}_2)_{\text{остаток}} = 0,06$ моль.	<b>1 балл</b>
$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$	<b>2 балла</b>
$n(\text{Cl}_2) = 0,06$ моль, $n(\text{H}_2)_{\text{остаток}} = 0,06$ моль, сл-но, $n(\text{HCl}) = 0,12$ моль.	<b>1 балл</b>
<b>4. Определение концентрации кислоты:</b>	
$m(\text{HCl}) = 0,12$ моль $\cdot$ $36,5$ г/моль = $4,38$ г;	<b>1 балл</b>
$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,6$ моль $\cdot$ $18$ г/моль = $10,8$ г;	<b>1 балл</b>
$m(\text{p-ра}) = m(\text{HCl}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 4,38 + 10,8 = 15,18$ (г).	<b>1 балл</b>
$W(\text{HCl}) = m(\text{HCl}) / m() = 4,38 / 15,18 = 0,2885$ 28,85%/	<b>0,5 балла</b>
<b>Максимальное количество баллов:</b>	<b>20 баллов</b>

**Задание 3.**

Один килограмм воды нагрели до  $100^\circ\text{C}$ , после чего туда положили некоторое количество льда. После установления равновесия в системе температура воды стала  $40^\circ\text{C}$ .

За какое время закипит охлажденная льдом вода при нагревании на газовой горелке?

Метан выходит из горелки со скоростью  $5,7$  мл/с ( $25^\circ\text{C}$ , 1 атм.), теплота плавления льда -  $79,67$  кал/г, теплота сгорания метана  $212,7$  ккал/моль, теплоемкость воды  $1$  кал/(г $\cdot$ град). Теплообменом системы с окружающей средой можно пренебречь.

**Решение:**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
Введены переменные и составлены уравнения для расчета теплоты отдаваемой горячей водой и теплоты, необходимой для плавления льда и нагревания образовавшейся воды. $m_1$ – масса воды $m_2$ – масса льда $Q_1 = -m_1 \cdot c \cdot (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}})$ $Q_2 = m_2 \cdot c \cdot (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}) - m_2 \cdot Q_{\text{пл}}$	<b>4 балла</b> (по 2 балла за каждое уравнение)
Составлено уравнение теплового баланса $Q_1 = Q_2$	<b>2 балла</b>
Подставлены численные значения $-1000 \cdot 1 \cdot (40 - 100) = m_2 \cdot 1 \cdot (40 - 0) + 79,67 \cdot m_2$	<b>2 балла</b>
Рассчитана масса льда $m_2 = 501$ г	<b>2 балла</b>
Рассчитано количество теплоты для нагревания всей воды до $100^\circ\text{C}$ $Q = (m_1 + m_2) \cdot c \cdot (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}) = (1000 + 501) \cdot 1 \cdot (100 - 40) = 90060$ кал = $90,06$ ккал	<b>2 балла</b>
Рассчитано количество метана, необходимое для нагрева воды	<b>2 балла</b>

$v(\text{CH}_4) = 90,06 / 212,7 = 0,423$ моль	
написано уравнение Менделеева-Клапейрона (в любой форме) $v(\text{CH}_4) = \frac{PV}{RT}$	<b>2 балла</b>
Рассчитан объем метана (возможно использование универсальной газовой постоянной и давления в других единицах) $V(\text{CH}_4) = \frac{vRT}{P} = \frac{0,423 \cdot 0,082 \cdot 298}{1} = 10,336 \text{ л} = 10336 \text{ мл}$	<b>2 балла</b>
Рассчитано время, за которое из горелки поступит этот объем метана $t = \frac{V}{v} = 10336 / 5,7 = 1813 \text{ с} = 30,2 \text{ мин}$	<b>2 балла</b>
<b>ПРИМЕЧАНИЕ! Отклонения от представленных ответов, связанные с округлениями, не должны считаться за ошибку!</b>	
<b>Максимальное количество баллов:</b>	<b>20 баллов</b>

**Задание 4.**

Для полного окисления навески предельного спирта требуется 400 мл подкисленного раствора дихромата калия (концентрация 0,15 моль/л). При количественном протекании реакции (т.е. с выходом 100%) масса продукта на 1,724% меньше массы исходного спирта.

- 1) Установите строение и массу спирта и продукта его окисления, если в реакции окисления выход равен 80% и при дегидратации этого спирта образуется только один неразветвленный продукт.
- 2) Дайте название спирту по номенклатуре ИЮПАК.
- 3) Напишите реакцию дегидратации соответствующего спирта, укажите условия реакции. При написании используйте структурные формулы.

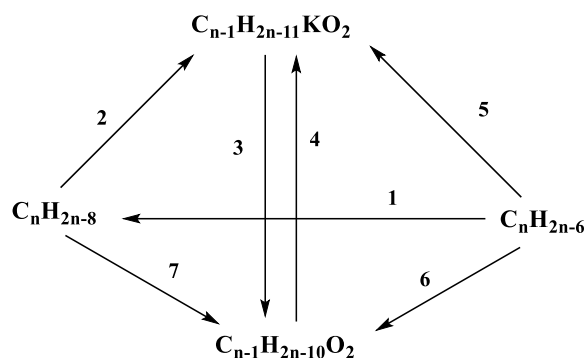
**Решение:**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
Основываясь на данных условия, сделан вывод, что спирт вторичный (речь идет о полном окислении и продукт окисления по массе меньше массы исходного спирта, если бы спирт был первичным, то окислился бы до кислоты, и масса продукта была бы больше массы спирта)	<b>2 балла</b>
Основываясь на данных условия, сделан вывод, что спирт имеет неразветвленное симметричное строение (при дегидратации образуется только один неразветвленный продукт).	<b>2 балла</b>
<b>Написана реакция окисления спирта до кетона:</b> $3 \text{ R} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{R} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4 \text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	

$3 R - C(O) - R + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7 H_2O$ <b>ПРИМЕЧАНИЕ:</b> При отсутствии коэффициентов реакция не оценивается	<b>2 балла</b>
<b>Рассчитано количество бихромата калия:</b> $v(K_2Cr_2O_7) = c \cdot V = 0,15 \cdot 0,4 = 0,06$ моль	<b>1 балл</b>
<b>Сделан вывод о соотношении количеств бихромата калия, спирта и кетона:</b> $v(\text{спирта}) = v(\text{кетона}) = 3 v(K_2Cr_2O_7)$	<b>1 балл</b>
<b>Рассчитано количество спирта и кетона:</b> $v(\text{спирта}) = v(\text{кетона}) = 3 \cdot 0,06 = 0,18$ моль	<b>1 балл</b>
<b>Записана общая формула предельного спирта:</b> $C_nH_{2n+2}O$	<b>1 балл</b>
<b>Записана молярная масса спирта в общем виде:</b> $M(\text{спирта}) = 12n + 2n + 2 + 16 = 14n + 18$ г/моль	<b>1 балл</b>
<b>Записана общая формула кетона:</b> $C_nH_{2n}O$	<b>1 балл</b>
<b>Записана молярная масса кетона в общем виде:</b> $M(\text{кетона}) = 12n + 2n + 16 = 14n + 16$ г/моль	<b>1 балл</b>
По условию масса кетона составляет 0,9828 массы спирта ( $100 - 1,72 = 98,28\%$ )	<b>1 балл</b>
<b>Рассчитано n:</b> $0,9828 \cdot (14n + 18) = 14n + 16$ $n = 7$	<b>1 балл</b>
<b>Спирт: гептанол – 4</b>	<b>1 балл</b>
<b>Написана реакция дегидратации:</b> $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH(OH) - CH_2 - CH_2 - CH_3 \xrightarrow{t > 150^\circ C, H_2SO_4 (\text{конц.})} CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH_3 + H_2O$	<b>2 балла</b> <b>(без указания условий 1 балл)</b>
<b>Рассчитана масса спирта:</b> $m(\text{спирта}) = v(\text{спирта}) \cdot M(\text{спирта}) = 0,18 \cdot 116 = 20,88$ г	<b>1 балл</b>
<b>Рассчитана масса кетона с учетом выхода реакции:</b> $m(\text{кетона}) = v(\text{кетона}) \cdot M(\text{кетона}) \cdot \eta = 0,18 \cdot 116 \cdot 0,8 = 16,704$ г <b>ПРИМЕЧАНИЕ:</b> без учета выхода не оценивается	<b>1 балл</b>
<b>Максимальное количество баллов:</b>	<b>20 баллов</b>

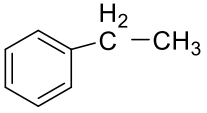
**Задание 5.**

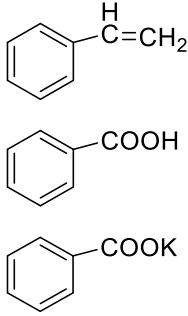
Дана схема превращений:



- 1) Найдите минимальное значение  $n$ , соответствующее предложенным превращениям;
- 2) Объясните выбранное значение;
- 3) Напишите молекулярные формулы веществ, указанных в схеме, и дайте им названия;
- 4) Напишите структурные формулы веществ, указанных в схеме;
- 5) Напишите уравнения реакций, соответствующие данным превращениям.

**Решение:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Определено минимальное значение $n$ $n = 8$	2 балла
По общей формуле $C_nH_{2n-6}$ определена принадлежность данного вещества к ароматическим углеводородам	1 балл
По общей формуле $C_nH_{2n-8}$ сделан вывод о наличии у ароматического производного боковой цепи, содержащей двойную связь	1 балл
По общим формулам $C_{n-1}H_{2n-10}O_2$ и $C_{n-1}H_{2n-11}KO_2$ , содержащим два атома кислорода и на один атом углерода меньше, сделано предположение о том, что это ароматическая кислота и ее соль.	1 балл
Написаны молекулярные формулы веществ и даны названия $C_8H_{10}$ этилбензол $C_8H_8$ стирол $C_7H_6O_2$ бензойная кислота $C_7H_5KO_2$ бензоат калия	4 балла (по 0,5 балла за каждую формулу и название)
Написаны структурные формулы 	2 балла

	(по 0,5 балла за каждую формулу)
<p>Написаны реакции, соответствующие схеме</p> <p>1. <math>C_6H_5-CH_2CH_3 \rightarrow C_6H_5-CH=CH_2 + H_2</math></p>	1 балл
<p>2. Реакция окисления стирола до бензоата калия ведется в щелочной среде!</p> $C_6H_5-CH=CH_2 + 10 KMnO_4 + 13 KOH \rightarrow$ $\rightarrow C_6H_5-COOK + 10 K_2MnO_4 + K_2CO_3 + 8 H_2O$	2 балла
<p>3. <math>C_6H_5-COOK + HCl \rightarrow C_6H_5-COOH + KCl</math></p>	1 балл
<p>4. <math>C_6H_5-COOH + KOH \rightarrow C_6H_5-COOK + H_2O</math></p>	1 балл
<p>5. Реакция окисления этилбензола до бензоата калия ведется в водной среде!</p> $C_6H_5-CH_2-CH_3 + 4 KMnO_4 \rightarrow C_6H_5-COOK + KOH + K_2CO_3 + 2H_2O + 4 MnO_2$	2 балла
<p>6. <math>5 C_6H_5-CH_2-CH_3 + 12 KMnO_4 + 18 H_2SO_4 \rightarrow</math></p> $\rightarrow 5 C_6H_5-COOH + 5 CO_2 + 6K_2SO_4 + 12 MnSO_4 + 28 H_2O$	1 балл
<p>7. <math>C_6H_5-CH=CH_2 + 2 KMnO_4 + 3 H_2SO_4 \rightarrow</math></p> $\rightarrow C_6H_5-COOH + CO_2 + K_2SO_4 + 2 MnSO_4 + 4H_2O$	1 балл
<p><b>Максимальное количество баллов:</b></p>	<b>20 баллов</b>

Члены жюри: \_\_\_\_\_  
(подписи)