

# Всероссийская олимпиада школьников

муниципальный этап

2021-2022 учебный год

**ХИМИЯ**

**10 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.

Имеется смесь *оксида алюминия* и *оксида цинка*.

Разделите данную смесь на индивидуальные соединения по следующей методике.

Смесь оксидов сплавляем с избытком твердого гидроксида натрия.

Плав растворяем в воде, затем обрабатываем 20% -ной серной кислотой.

К полученному раствору добавляем избыток раствора аммиака, и отделяем образовавшийся осадок *X*.

В оставшийся аммиачный раствор, пропускаем сероводород, выпадает осадок *У*.

Напишите уравнения всех реакций.

Определите состав *X* и *У*.

Предложите способы получения из *X* безводного хлорида алюминия, а из *У* металлического цинка.

### Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<b>1. Сплавление:</b> $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{ZnO} + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2 балла 2 балла
<b>2. Растворение в воде:</b>	

$\text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$	2 балла
$\text{Na}_2\text{ZnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$	2 балла
<b>3. Добавление раствора серной кислоты:</b>	
$2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	1 балл
<b>4. Добавление избытка раствора аммиака:</b>	
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ осадок X	1 балл
$\text{ZnSO}_4 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	2 балла
<b>5. Отделение осадка X - Al(OH)<sub>3</sub></b>	
<b>6. Пропускание сероводорода:</b>	
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{S} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{ZnS}\downarrow$ осадок Y	2 балла
<b>7. Получение безводного хлорида алюминия:</b>	
а) прокаливание - $2\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	1 балл
б) восстановление - $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Al} + 3\text{CO}$ (допускается любой восстановитель)	1 балл
в) хлорирование - $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3$	1 балл
<b>8. Получение металлического цинка:</b>	
$2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + 2\text{ZnO}$	1 балл
$\text{ZnO} + \text{C} = \text{CO} + \text{Zn}$	1 балл
<b>Максимальный балл:</b>	<b>20 баллов</b>

**Задание 2.**

Железо-цинковый сплав массой 4,66 г растворили полностью в 31,25 мл 70%-ного раствора азотной кислоты (пл. 1,44 г/мл). В реакции выделилось 5,29 л газа (20<sup>0</sup>С, 1 атм.).

К раствору добавили 24,5 г гидрокарбоната натрия.

Рассчитайте мольные доли металлов в сплаве, массу осадка и объем газа (20<sup>0</sup>С, 1 атм.) в реакции с гидрокарбонатом натрия.

Напишите уравнения реакций.

**Решение:**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
<b>Написаны уравнения реакций металлов с азотной кислотой:</b>	
$\text{Fe} + 6\text{HNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)	1,5 балла
$\text{Zn} + 4\text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (2)	1,5 балла

<b>Из условия рассчитаем количество диоксида азота:</b> $n(\text{NO}_2) = PV/RT = (101,3 \cdot 5,29) / (8,314 \cdot 293) = 0,22$ (моль)	<b>1 балл</b>
Пусть в реакцию вступило X моль Fe и Y моль Zn, тогда $n(\text{NO}_2) = 3x + 2y = 0,22$ моль; $m(\text{сплава}) = m(\text{Fe}) + m(\text{Zn}) = 56x + 65y = 4,66$ г.	<b>0,5 балла</b> <b>0,5 балла</b>
Система уравнений: $3x + 2y = 0,22$ $56x + 65y = 4,66$ $x = 0,06; y = 0,02$ .	<b>2 балла</b>
$n(\text{Fe}) = 0,06$ моль; $n(\text{Zn}) = 0,02$ моль; $n(\text{Fe} + \text{Zn}) = 0,06$ моль + $0,02$ моль = $0,08$ моль.	<b>1 балл</b>
$\chi(\text{Fe}) = 0,06 / 0,08 = 0,75$ или <b>75%</b> $\chi(\text{Zn}) = 0,02 / 0,08 = 0,25$ или <b>25%</b> .	<b>0,5 балла</b> <b>0,5 балла</b>
Рассчитаем массу раствора кислоты и количество вещества: $m(\text{р-ра HNO}_3) = V \cdot \rho = 31,25 \text{ мл} \cdot 1,44 \text{ г/мл} = 45$ г; $m(\text{HNO}_3) = m(\text{р-ра HCl}) \cdot w(\text{HCl}) = 45 \text{ г} \cdot 0,70 = 31,5$ г; $n(\text{HNO}_3) = m / M = 31,5 \text{ г} / 63 \text{ г/моль} = 0,5$ моль. В реакции с железом и цинком израсходовано азотной кислоты: $n(\text{HNO}_3) = 6 \cdot 0,06 + 4 \cdot 0,02 = 0,44$ (моль); Осталось в растворе: $0,5$ моль – $0,44$ моль = $0,06$ моль.	<b>0,5 балла</b> <b>0,5 балла</b> <b>0,5 балла</b> <b>1 балл</b> <b>0,5 балла</b>
<b>При добавлении гидрокарбоната натрия протекают реакции:</b> $\text{HNO}_3 + \text{NaHCO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (3) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NaHCO}_3 = 3\text{NaNO}_3 + 3\text{CO}_2\uparrow + \text{Fe}(\text{OH})_3$ (4) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaHCO}_3 = \text{ZnCO}_3\downarrow + 2\text{NaNO}_3 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (5)	<b>1 балл</b> <b>2 балла</b> <b>2 балла</b>
<b>Рассчитаем количество CO<sub>2</sub> по уравнениям 3,4 и 5:</b> $n(\text{CO}_2) = n(\text{HNO}_3) + 3n(\text{Fe}) + n(\text{Zn}) =$ $= 0,06$ моль + $3 \cdot 0,06$ моль + $0,02$ моль = $0,26$ моль	<b>1 балл</b>
<b>При данных условиях 0,26 моль CO<sub>2</sub> занимает объем:</b> $V(\text{CO}_2) = n \cdot RT / P = 0,26 \cdot 8,314 \cdot 293 / 101,3 = 6,25$ (л).	<b>1 балл</b>
<b>Масса осадка, образовавшегося в реакции с гидрокарбонатом (уравнение 4 и 5):</b> $m(\text{осадка}) = m(\text{Fe}(\text{OH})_3) + m(\text{ZnCO}_3)$ $m(\text{осадка}) = 0,06$ моль · $107$ г/моль + $0,02$ моль · $125$ г/моль = <b>8,92 г.</b>	<b>1 балл</b>
<b>Максимальный балл:</b>	<b>20 баллов</b>

**Задание 3.**

На растворение смеси цинка и оксида цинка израсходовано 132,8 мл 20%-ного раствора соляной кислоты (пл. 1,1 г/мл). Выделившийся газ после сжигания образует 3,6 г воды.

Определите процентное содержание металла в смеси.

**Решение:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<b>1. Составлены уравнения химических реакций:</b>	
$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$ (1)	2 балла
$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$ (2)	2 балла
$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ (3)	2 балла
<b>2. Рассчитаем количество веществ:</b>	
$m(p\text{-ра } HCl) = V \cdot \rho = 132,8 \text{ мл} \cdot 1,1 \text{ г/мл} = 146,08 \text{ г};$	1 балл
$m(HCl) = m(p\text{-ра } HCl) \cdot w(HCl) = 146,08 \text{ г} \cdot 0,20 = 29,216\text{г};$	1 балл
$n(HCl) = m / M = 29,216 \text{ г} / 36,5 \text{ г/моль} = 0,8 \text{ моль}.$	1 балл
$n(H_2O) = 3,6 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль};$	1 балл
$n(H_2) = n(H_2O) = 0,2 \text{ моль}$ (уравнение 3);	1 балл
$n(H_2) = 0,2 \text{ моль}$ (уравнение 1).	1 балл
$n(Zn) = n(H_2) = 0,2 \text{ моль}$ (уравнение 1);	1 балл
$n(HCl) = 2n(H_2) = 2 \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$ (уравнение 1);	1 балл
$n(HCl) = 0,8 \text{ моль} - 0,4 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$ (уравнение 2);	1 балл
$n(ZnO) = 0,5 n(HCl) = 0,4 \text{ моль} \cdot 0,5 = 0,2 \text{ моль}$ (уравнение 2).	1 балл
<b>3. Рассчитаем массу смеси и массовую долю цинка в смеси:</b>	
$m(Zn) = 0,2 \text{ моль} \cdot 65 \text{ г/моль} = 13 \text{ г};$	1 балл
$m(ZnO) = 0,2 \text{ моль} \cdot 81 \text{ г/моль} = 16,2 \text{ г};$	1 балл
$m(Zn + ZnO) = 13 \text{ г} + 16,2 \text{ г} = 29,2 \text{ г}.$	1 балл
$W(Zn) = 13 \text{ г} / 29,2 \text{ г} = 0,445$ или 44,5 %.	1 балл
<b>Максимальный балл:</b>	<b>20 баллов</b>

#### Задание 4.

При добавлении подкисленного раствора нитрита калия к 59 г водного раствора предельного амина выделилось 768 мл газа (нормальное давление, 39°C). При сжигании исходного амина в избытке кислорода объем углекислого газа превышает объем азота в 6 раз.

- 1) Определите молекулярную формулу амина и его массовую долю в исходном растворе.
- 2) Дайте название амину и напишите структурную формулу амина, дайте обоснование выбранной структурной формулы.

3) Напишите уравнение реакции взаимодействия данного амина с 1 молем 1-хлоропропана. Используйте структурные формулы.

**Решение:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<b>Написана формула амина в общем виде</b> $C_nH_{2n+3}N$	1 балл
<b>Написано уравнение горения амина в общем виде</b> $C_nH_{2n+3}N + (n + \frac{2n+3}{4}) O_2 \rightarrow n CO_2 + \frac{2n+3}{2} H_2O + 0,5 N_2$ <i>Примечание:</i> если формула амина в общем виде не написана отдельно, но присутствует в уравнение, она оценивается как отдельный элемент	2 балла
<b>Сделан вывод о соотношении объемов газа: относятся как стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции.</b> $V(CO_2) : V(N_2) = n : 0,5$	1 балл
<b>Рассчитано значение n</b> $n : 0,5 = 6$ $n = 3$	1 балл
<b>Определена молекулярная формула амина</b> $C_3H_7NH_2$	1 балл
<b>Дано название амину:</b> пропиламин	1 балл
<b>Сделан вывод о том, что данный амин является первичным</b> $CH_3 - CH_2 - CH_2 - NH_2$	1 балл
<b>Дано объяснение выбранной структурной формулы:</b> с азотистой кислотой с образованием газа взаимодействуют только первичные амины	2 балл
<b>Написана реакция амина с подкисленным раствором нитрита калия</b> $C_3H_7NH_2 + KNO_2 + HCl \rightarrow C_3H_7OH + N_2 + KCl + H_2O$	2 балла
<b>Рассчитано количество моль азота:</b>	
- написано уравнение Менделеева-Клапейрона (в любой форме) $v(N_2) = \frac{PV}{RT}$	1балл
- правильно подставлены (с учетом единиц измерения) данные величины $v(N_2) = \frac{101,3 \cdot 0,768}{8,31 \cdot 312} = 0,03$ моль	2 балла

<b>Сделан вывод о равенстве количеств вещества азота и пропиламина</b> $v(N_2) = v(C_3H_7NH_2)$	<b>1 балл</b>
<b>Рассчитана масса пропиламина в растворе:</b> $m(C_3H_7NH_2) = v(C_3H_7NH_2) \cdot M(C_3H_7NH_2) = 0,03 \cdot 59 = 1,77 \text{ г}$	<b>1 балл</b>
<b>Рассчитана массовая доля пропиламина в растворе:</b> $\omega(C_3H_7NH_2) = \frac{m(C_3H_7NH_2)}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{1,77}{59} = 0,03 \text{ (3 \%)}$	<b>1 балл</b>
<b>Написано уравнение реакции взаимодействия пропиламина и 1-хлорпропана:</b> $CH_3 - CH_2 - CH_2 - NH_2 + CH_3 - CH_2 - CH_2 - Cl$ $\rightarrow [CH_3 - CH_2 - CH_2 - NH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3]^+ Cl^-$	<b>2 балла</b>
<b>Максимальное количество баллов:</b>	<b>20баллов</b>

**Задание 5.**

При неполном сгорании бензина в двигателе автомобиля наряду с углекислым газом и водой образуется токсичный угарный газ. Будем считать, что бензин состоит только из октана (плотность октана 0,70 кг/л). При сгорании 16,0 л такого бензина было получено 49,0 кг продуктов сгорания.

- 1) Рассчитайте массы CO, CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O в продуктах сгорания.
- 2) Какова масса воздуха, который потребовался для сгорания этого топлива?

**Решение:**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию</b> (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	<b>Баллы</b>
<b>Рассчитана масса октана:</b> $m(C_8H_{18}) = V(C_8H_{18}) \cdot \rho(C_8H_{18}) = 16,0 \cdot 0,700 = 11,2 \text{ кг} = 11200 \text{ г}$	<b>1 балл</b>
<b>Введены переменные для расчетов:</b> Пусть X моль октана сгорает с образованием CO <sub>2</sub> Y моль с образованием CO	<b>2 балла</b>
<b>Написаны уравнения горения в общем виде:</b> $2 C_8H_{18} + 25 O_2 \rightarrow 16 CO_2 + 18 H_2O$ $2 C_8H_{18} + 17 O_2 \rightarrow 16 CO + 18 H_2O$	<b>1 балл</b> <b>1 балл</b>
<b>Сделан вывод о соотношении реагирующих веществ и продуктов реакции:</b> $2 C_8H_{18} + 25 O_2 \rightarrow 16 CO_2 + 18 H_2O$	<b>3 балла</b> <b>(по 1,5 баллу за</b>

$X \quad 12,5X \quad 8X \quad 9X$ $2 C_8H_{18} + 17 O_2 \rightarrow 16 CO + 18 H_2O$ $Y \quad 8,5Y \quad 8Y \quad 9Y$	каждую реакцию)
<p><b>Рассчитаны масса октана через переменные и массы образующихся продуктов:</b></p> $m(C_8H_{18}) = M(C_8H_{18}) \cdot \nu(C_8H_{18}) = 114(X + Y)$ $m(CO_2) = M(CO_2) \cdot \nu(CO_2) = 44 \cdot 8X = 352X$ $m(CO) = M(CO) \cdot \nu(CO) = 28 \cdot 8Y = 224Y$ $m(H_2O) = M(H_2O) \cdot \nu(H_2O) = 18 \cdot 9(X + Y) = 162(X + Y)$	2 балла (по 0,5 балла за каждую реакцию)
<p><b>Рассчитана общая масса продуктов реакции:</b></p> $m(CO_2) + m(CO) + m(H_2O) = 352X + 224Y + 162(X + Y) = 514X + 386Y$	1 балл
<p><b>Составлена система уравнений:</b></p> $\begin{cases} 114(X + Y) = 11200 \\ 514X + 386Y = 49000 \end{cases}$	2 балла
<p><b>Решена система уравнений:</b></p> $X = 86,5 \text{ моль}$ $Y = 11,7 \text{ моль}$	2 балла
<p><b>Найдены численные значения масс продуктов реакции:</b></p> $m(CO_2) = 352X = 352 \cdot 86,5 = 30448 \text{ г} = 30,5 \text{ кг}$ $m(CO) = 224Y = 224 \cdot 11,7 = 2620,8 \text{ г} = 2,6 \text{ кг}$ $m(H_2O) = 162(X + Y) = 162 \cdot (86,5 + 11,7) = 15908 \text{ г} = 15,9 \text{ кг}$	3 балл (по 1 баллу за каждый расчет)
<p><b>Рассчитана масса кислорода:</b></p> $m(O_2) = m(\text{продуктов}) - m(C_8H_{18}) = 49 - 11,2 = 37,8 \text{ кг}$ <p>возможен расчет через моли</p> $(12,5X + 8,5Y) \cdot 32 = (12,5 \cdot 86,5 + 8,5 \cdot 11,7) \cdot 32 = 37782 \text{ г} = 37,8 \text{ кг}$	1 балл (за любой из расчетов)
<p><b>Рассчитана масса воздуха, необходимая для сгорания октана:</b></p> $m(\text{воздуха}) = \frac{37,8}{0,21} = 180 \text{ кг} \text{ или } m(\text{воздуха}) = \frac{37,8}{0,20} = 189 \text{ кг}$	1 балл
<p><b>ПРИМЕЧАНИЕ! Отклонения от представленных ответов, связанные с округлениями, не должны считаться за ошибку!</b></p>	
<p><b>Максимальное количество баллов:</b></p>	20 баллов

Члены жюри: \_\_\_\_\_  
(подписи)

