

ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ

районный/муниципальный этап, 14 февраля 2026, X-ый класс

Решения и схема оценивания

Всего 100 б.

Задание	Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы	Всего баллов
Тест	<p>1. Приведите формулы и названия пяти разных соединений, каждое из которых состоит из трех элементов с порядковыми номерами из Периодической таблицы 1, 8, 16.</p> <p>Варианты ответов: H_2SO_3 – сернистая кислота; H_2SO_4 – серная кислота; $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ – дисерная (пиросерная) кислота; $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$ – пероксодисерная кислота; $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – тиосернистая кислота; $\text{H}_2\text{S}_4\text{O}_6$ – тетраиноновая кислота; и т.д.</p> <p>Примечание: требуется дать пять формул (по 0,5 б. за каждую верную формулу) и их названия (по 0,5 б. за каждое верное название вещества соответствующей формулы). Принимаются и другие верные варианты.</p>	5 б.	40 б.
	<p>2. Смесь, состоящая из 8 кг кислорода и 7 кг азота, занимает при нормальных условиях объем (м^3): a) 5,6; b) 11,2; c) 22,4; d) 11,0.</p> <p>Ответ: b) 11,2</p> <p>Вариант решения:</p> $\nu(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{8 \text{ кг}}{32 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}} = 0,25 \text{ кмоль}$ $\nu(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{7 \text{ кг}}{28 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}} = 0,25 \text{ кмоль}$ $V(\text{газа}) = \nu(\text{газа}) \cdot V_m = (\nu(\text{O}_2) + \nu(\text{N}_2)) \cdot V_m =$ $= (0,25 \text{ кмоль} + 0,25 \text{ кмоль}) \cdot 22,4 \frac{\text{м}^3}{\text{кмоль}} = 11,2 \text{ м}^3$ <p>Примечание: требуется только дать верный ответ; за верный ответ 2 б; за неправильный ответ или множественный вариант ответа – 0 б.</p>	2 б.	

<p>3. Электронная конфигурация атома хрома в основном состоянии:</p> <p>a) $[_{18}\text{Ar}]3d^6$; b) $[_{18}\text{Ar}]4s^24p^4$; c) $[_{18}\text{Ar}]3d^44s^2$; d) $[_{18}\text{Ar}]3d^54s^1$.</p> <p>Ответ: d) $[_{18}\text{Ar}]3d^54s^1$</p> <p>Комментарий:</p> <p>Хром является d-элементом. У атома хрома происходит провал одного электрона с 4s-подуровня на 3d-подуровень, поэтому в основном состоянии он имеет конфигурацию не $[_{18}\text{Ar}]3d^44s^2$, а $[_{18}\text{Ar}]3d^54s^1$.</p> <p>Примечание: требуется только дать верный ответ; за верный ответ 1 б; за неправильный ответ или множественный вариант ответа – 0 б.</p>	1 б.
<p>4. Одно и то же количество вещества некоторого металла реагирует с 0,8 г кислорода и 8,0 г галогена. Назовите этот галоген.</p> <p>Ответ: бром / Br / Br₂ (любая из этих форм записи)</p> <p>Вариант решения:</p> <p>Предположим, что металл проявляет одинаковую валентность в оксиде и галогениде. Обозначим валентность металла за n. Тогда в результате реакций соединения образуются оксид Me₂O_n и галогенид MeX_n.</p> <p>Если количество металла равно $\nu(\text{Me})$, то тогда количество вещества кислорода: $\nu(\text{O}_2) = \frac{\nu(\text{Me})}{2} \cdot \frac{n}{2} = \frac{\nu(\text{Me}) \cdot n}{4} = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{0,8 \text{ г}}{32 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,025 \text{ моль}$</p> <p>А количество вещества галогена:</p> $\nu(\text{X}_2) = \frac{\nu(\text{Me})}{1} \cdot \frac{n}{2} = \frac{\nu(\text{Me}) \cdot n}{2} = \frac{m(\text{X}_2)}{M(\text{X}_2)}$ $\nu(\text{Me}) \cdot n = 4 \cdot \nu(\text{O}_2) = 4 \cdot 0,025 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль}$ $\nu(\text{X}_2) = \frac{\nu(\text{Me}) \cdot n}{2} = \frac{0,1 \text{ моль}}{2} = 0,05 \text{ моль} = \frac{m(\text{X}_2)}{M(\text{X}_2)}$ $M(\text{X}_2) = \frac{m(\text{X}_2)}{\nu(\text{X}_2)} = \frac{8,0 \text{ г}}{0,05 \text{ моль}} = 160 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow A_r(\text{X}) = 80 \Rightarrow \text{бром}$ <p>Примечание: необходимо дать только ответ; за правильный ответ 3 б.; за неправильный ответ или множественный вариант ответа – 0 б.</p>	3 б.

<p>5. Какой объем (мл) раствора азотной кислоты с массовой долей растворенного вещества 50% ($\rho = 1310 \text{ кг/м}^3$) необходимо добавить к $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ воды для получения раствора с массовой долей азотной кислоты 10%?</p> <p>a) 400; b) 307,9; c) 500; d) 381,7.</p> <p>Ответ: d) 381,7</p> <p>Вариант решения:</p> <p>Обозначим объем исходного раствора азотной кислоты $V_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) = x \text{ мл}$.</p> <p>Тогда масса этого раствора:</p> $m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) = V_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) \cdot \rho_{\text{р-р}} = x \text{ мл} \cdot 1,310 \frac{\text{г}}{\text{мл}} = 1,310 \cdot x \text{ г}$ $m(\text{HNO}_3) = m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) \cdot \omega(\text{HNO}_3) = 1,310 \cdot x \text{ г} \cdot 0,5 = 0,655 \cdot x \text{ г}$ <p>Массовая доля HNO_3 в конечном растворе:</p> $\omega_2(\text{HNO}_3) = \frac{m_2(\text{HNO}_3)}{m_{2,\text{р-р}}(\text{HNO}_3)} = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) + m_{\text{доб}}(\text{H}_2\text{O})} =$ $= \frac{m(\text{HNO}_3)}{m_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) + V_{\text{доб}}(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0,655 \cdot x \text{ г}}{1,310 \cdot x \text{ г} + 2000 \text{ мл} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} =$ $= \frac{0,655 \cdot x}{1,310 \cdot x + 2000} = 0,1$ $0,655 \cdot x = 0,131 \cdot x + 200$ $0,524 \cdot x = 200$ $x = 381,7$ <p>Примечание: требуется только дать верный ответ; за верный ответ 3 б; за неправильный ответ или множественный вариант ответа – 0 б.</p>	3 б.
<p>6. Предложите по одному варианту для каждого из веществ X^1-X^4, чтобы все реакции (1-8) на приведенных ниже схемах были окислительно-восстановительными. Напишите все уравнения реакций.</p> $\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{1} X^1 \xrightarrow{2} \text{H}_2\text{SO}_4; \quad \text{NO}_2 \xrightarrow{3} X^2 \xrightarrow{4} \text{NO}_2;$ $\text{O}_2 \xrightarrow{5} X^3 \xrightarrow{6} \text{O}_2; \quad \text{H}_2 \xrightarrow{7} X^4 \xrightarrow{8} \text{H}_2.$ <p>Вариант ответа:</p> $X^1 - \text{SO}_2$ $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O};$ $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4.$ $X^2 - \text{HNO}_3$	12 б.

<p>II) $2 \text{K}_2\text{O}_2 + 2 \text{CO}_2 = 2 \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2 \uparrow$ или $4 \text{KO}_2 + 2 \text{CO}_2 = 2 \text{K}_2\text{CO}_3 + 3 \text{O}_2 \uparrow$</p> <p>III) $2 \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$</p> <p>IV) $2 [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + 5 \text{H}_2\text{S} = \text{Cu}_2\text{S} + 4 \text{NH}_4\text{HS} + 2 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Примечание: по 1,5 б. за каждое из четырех уравнений, которые полностью соответствуют условию (1 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 0,5 б. за верные коэффициенты). Принимаются и другие верные варианты.</p>		
<p>9. Выберите координационное соединение, из водного раствора которого нитратом серебра осаждается только одна треть всего содержащегося в комплексе хлора:</p> <p>a) хлорид гексаамминкобальта(III); b) хлорид хлоропентаамминкобальта(III); c) хлорид дихлоротетраамминкобальта(III); d) трихлоротриамминкобальт.</p> <p>Ответ: c) хлорид дихлоротетраамминкобальта(III)</p> <p>Комментарий: Приведенные в задании комплексные соединения имеют следующие координационные формулы: a) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$; b) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$; c) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$; d) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$</p> <p>Только одна треть всего содержащегося в комплексе хлора может быть осаждена нитратом серебра из раствора c) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$, поскольку он в растворе диссоциирует по схеме: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+ + \text{Cl}^-$</p> <p>Примечание: требуется только дать верный ответ; за верный ответ 2 б; за неправильный ответ или множественный вариант ответа – 0 б.</p>	2 б.	
<p>10. В 5,6 л (н. у.) газообразного соединения А, полученного при взаимодействии фтора с неизвестным простым веществом, содержится $10,535 \cdot 10^{23}$ атомов и $10,535 \cdot 10^{24}$ электронов. Приведите формулу газа А.</p> <p>Ответ: SF_6</p> <p>Вариант решения: Формула вещества А – XF_n, где X – атом неизвестного элемента.</p>	4 б.	

	$\nu(\text{XF}_n) = \frac{V(\text{XF}_n)}{V_m} = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 0,25 \text{ моль}$ <p>Число моль атомов в нем:</p> $\nu(\text{атомов}) = \nu(\text{XF}_n) \cdot (1 + n) = (1 + n) \cdot 0,25 \text{ моль}$ <p>С другой стороны:</p> $\nu(\text{атомов}) = \frac{N(\text{атомов})}{N_A} = \frac{10,535 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 1,75 \text{ моль}$ <p>Тогда: $(1 + n) \cdot 0,25 \text{ моль} = 1,75 \text{ моль}$</p> $1 + n = 7$ $n = 6$ <p>т. е. формула газа – XF_6.</p> <p>Число электронов в одной молекуле этого газа:</p> $N_{\bar{e}} = \frac{\nu(\bar{e})}{\nu(\text{XF}_6)} = \frac{N(\bar{e})}{N_A \cdot \nu(\text{XF}_6)} = \frac{10,535 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 0,25 \text{ моль}} = 70$ <p>С другой стороны:</p> $N_{\bar{e}} = Z(\text{X}) + 6 \cdot Z(\text{F}) = Z(\text{X}) + 6 \cdot 9 = Z(\text{X}) + 54$ <p>Тогда порядковый номер элемента X:</p> $Z(\text{X}) + 54 = 70$ $Z(\text{X}) = 16 \Rightarrow \text{X} - \text{S} \Rightarrow \text{газ А} - \text{SF}_6.$ <p>Примечание: требуется только дать верный ответ; за верный ответ 4 б.</p>		
<p>Задача</p> <p>1.</p>	<p>При взаимодействии известковой воды с раствором соли X^1 образуется осадок X^2. Этот же осадок образуется при взаимодействии хлорида кальция с раствором соли X^1. Сильные кислоты растворяют вещество X^2 с выделением газа X^3, который обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия. Приведите по одной формуле для каждого из веществ X^1-X^3. Напишите уравнения всех реакций, о которых идет речь в задании в молекулярной и сокращенной ионной формах.</p> <p>Вариант решения:</p> $\text{X}^1 - \text{Na}_2\text{SO}_3$ $\text{X}^2 - \text{CaSO}_3$ $\text{X}^3 - \text{SO}_2$ <p>Примечание: по 1 б. за верные формулы веществ $\text{X}^1 - \text{X}^3$.</p> $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSO}_3 \downarrow + 2 \text{NaOH}$	<p>12 б.</p> <p>3 б.</p> <p>1 б.</p>	

	<p>Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты.</p>	
	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaSO}_3\downarrow + 2 \text{NaCl}$ <p>Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты.</p>	1 б.
	$\text{SO}_3^{2-} + \text{Ca}^{2+} = \text{CaSO}_3\downarrow$ <p>Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ и ионов в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты. Первые две реакции описываются одним и тем же сокращенным ионным уравнением, поэтому данное сокращенное ионное уравнение оценивается только один раз.</p>	1 б.
	$\text{CaSO}_3 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ <p>Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты.</p>	1 б.
	$\text{CaSO}_3 + 2 \text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ <p>Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ и ионов в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты.</p>	1 б.
	$5 \text{SO}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4$ <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.</p>	2 б.
	$5 \text{SO}_2 + 2 \text{MnO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+$ <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ и ионов в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.</p>	2 б.
	<p>Примечание: принимается и аналогично оценивается любой другой вариант решения, который полностью соответствует всем условиям.</p>	
Задача 2.	<p>Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей цепочке превращений:</p> $\text{K}_2\text{MnO}_4 \xrightarrow{1} \text{Cl}_2 \xrightarrow{2} \text{FeCl}_3 \xrightarrow{3} \text{FeCl}_2 \xrightarrow{4} \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{5} \text{NO}_2 \xrightarrow{6} \text{KNO}_2 \xrightarrow{7} \text{NH}_3$ <p>Решение:</p>	13 б.
	<p>1) $\text{K}_2\text{MnO}_4(\text{тв}) + 8 \text{HCl}(\text{конц}) = 2 \text{Cl}_2\uparrow + 2 \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.</p>	2 б.
	<p>2) $2 \text{Fe} + 3 \text{Cl}_2 = 2 \text{FeCl}_3$</p> <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.</p>	2 б.

	3) $2 \text{FeCl}_3 + \text{Fe} = 3 \text{FeCl}_2$ Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.	2 б.
	4) $\text{FeCl}_2 + 2 \text{AgNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{AgCl} \downarrow$ Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты.	1 б.
	5) $4 \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t} 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.	2 б.
	6) $2 \text{NO}_2 + 2 \text{KOH} = \text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.	2 б.
	7) $\text{KNO}_2 + 2 \text{Al} + \text{KOH} + 5 \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + 2 \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ или $\text{KNO}_2 + 2 \text{Al} + 5 \text{KOH} + 5 \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + 2 \text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.	2 б.
	Примечание: принимается и аналогично оценивается любой другой вариант решения, который полностью соответствует всем условиям.	
Задача	Какую массу кристаллогидрата $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ необходимо добавить к 100 мл раствора сульфата магния с массовой долей растворенного вещества 5,0% ($\rho = 1,03 \text{ г/мл}$), чтобы получить раствор с массовой долей 10%?	9 б.
3.	Решение:	
	Масса исходного раствора: $m_{1, \text{р-р}} = V_{1, \text{р-р}} \cdot \rho_{1, \text{р-р}} = 100 \text{ мл} \cdot 1,03 \frac{\text{г}}{\text{мл}} = 103 \text{ г}$	1 б.
	Масса сульфата магния в нем: $m_1 (\text{MgSO}_4) = m_{1, \text{р-р}} \cdot \omega_1 (\text{MgSO}_4) = 103 \text{ г} \cdot 0,050 = 5,15 \text{ г}$	1 б.
	Обозначим: $\nu_{\text{доб}} (\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = x \text{ моль}$ Тогда: $\nu_{\text{доб}} (\text{MgSO}_4) = \nu_{\text{доб}} (\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = x \text{ моль}$	1 б.
	$M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = (24 + 32 + 4 \cdot 16 + 7 \cdot (2 \cdot 1 + 16)) \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 246 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$	0,5 б.

	$M(\text{MgSO}_4) = (24 + 32 + 4 \cdot 16) \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} = 120 \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}}$	0,5 б.
	<p>Масса конечного раствора:</p> $m_{2, \text{р-р}} = m_{1, \text{р-р}} + m_{\text{доб}}(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) =$ $= m_{1, \text{р-р}} + \nu_{\text{доб}}(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) =$ $= 103 \text{ г} + x \text{ МОЛЬ} \cdot 246 \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} = (103 + 246 \cdot x) \text{ г}$	1 б.
	<p>Масса MgSO_4 в конечном растворе:</p> $m_2(\text{MgSO}_4) = m_1(\text{MgSO}_4) + m_{\text{доб}}(\text{MgSO}_4) =$ $= m_1(\text{MgSO}_4) + \nu_{\text{доб}}(\text{MgSO}_4) \cdot M(\text{MgSO}_4) =$ $= 5,15 \text{ г} + x \text{ МОЛЬ} \cdot 120 \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} = (5,15 + 120 \cdot x) \text{ г}$	1 б.
	<p>Массовая доля MgSO_4 в конечном растворе:</p> $\omega_2(\text{MgSO}_4) = \frac{m_2(\text{MgSO}_4)}{m_{2, \text{р-р}}} = \frac{(5,15 + 120 \cdot x) \text{ г}}{(103 + 246 \cdot x) \text{ г}} = \frac{5,15 + 120 \cdot x}{103 + 246 \cdot x} = 0,1$	1 б.
	$5,15 + 120 \cdot x = 10,3 + 24,6 \cdot x$ $95,4 \cdot x = 5,15$ $x = 0,05398$	1 б.
	$m_{\text{доб}}(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \nu_{\text{доб}}(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) =$ $= x \text{ МОЛЬ} \cdot 246 \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} = 0,05398 \text{ МОЛЬ} \cdot 246 \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} = 13,3 \text{ г}$	1 б.
	Ответ: $m_{\text{доб}}(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 13,3 \text{ г}$	
	Примечание: принимаются и оцениваются максимальным количеством баллов и любые другие верные варианты решения.	
Задача 4.	<p>Смесь, содержащая порошок алюминия и эквимольные количества белого фосфора (P_4) и простого вещества X, была обработана горячим концентрированным раствором гидроксида калия. При этом выделилось 13,44 л газа (н. у.) с плотностью по воздуху 0,6207. Масса твердого остатка после реакции составила 3,6 г. Определите вещество X и массы каждого из веществ в исходной смеси. Какой минимальный объем раствора гидроксида натрия с массовой долей растворенного вещества 20% и плотностью 1,220 г/мл, понадобится для поглощения газов, выделившихся при обработке такого же количества исходной смеси избытком горячей концентрированной азотной кислоты? Напишите уравнения всех реакций.</p>	26 б.

Решение:	
<p>Алюминий реагирует с горячим концентрированным раствором щелочи с образованием водорода и раствора тетрагидроксоалюмината калия:</p> $2\text{Al} + 2\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{H}_2 \uparrow + 2\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ; 1 б. за верные коэффициенты.</p> <p>Принимается и вариант:</p> $2\text{Al} + 6\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{H}_2 \uparrow + 2\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ <p>Вариант $2\text{Al} + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{H}_2 \uparrow + 2\text{KAlO}_2$ оценивается в 1 б. (0,5 б. за верные формулы всех веществ; 0,5 б. за верные коэффициенты).</p>	2 б.
<p>Белый фосфор реагирует с горячим концентрированным раствором щелочи с образованием фосфина и раствора гипофосфита калия:</p> $\text{P}_4 + 3\text{KOH} + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{PH}_3 \uparrow + 3\text{KH}_2\text{PO}_2$ <p>Примечание: 1,5 б. за верные формулы всех веществ; 1 б. за верные коэффициенты.</p>	2,5 б.
<p>Значит, только вещество X не реагирует с раствором щелочи и остается в твердом остатке:</p> $m(\text{X}) = 3,6 \text{ г}$	1 б.
<p>При взаимодействии со щелочью выделяется газ, представляющий собой смесь водорода и фосфина.</p>	
<p>Определяем количество вещества газа:</p> $v_1(\text{газ}) = v(\text{H}_2) + v(\text{PH}_3) = \frac{V(\text{газ})}{V_m} = \frac{13,44 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 0,6 \text{ моль}$	0,5 б.
<p>По относительной плотности по воздуху находим среднюю молярную массу газа:</p> $\bar{M}_1(\text{газ}) = D_{\text{воздух}}(\text{газ}) \cdot \bar{M}(\text{воздух}) = 0,6207 \cdot 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$	0,5 б.
<p>Пусть $v(\text{Al}) = x$ моль; $v(\text{P}_4) = y$ моль.</p> <p>Тогда:</p> $v(\text{H}_2) = \frac{3}{2} x \text{ моль}$ $v(\text{PH}_3) = y \text{ моль}$	1 б.
<p>Составляем систему уравнений и находим значения x и y:</p>	2 б.

$v_1(\text{газ}) = \left(\frac{3}{2} \cdot x + y \right) \text{ моль} = 0,6 \text{ моль}$ $\overline{M}_1(\text{газ}) = \frac{m_1(\text{газ})}{v_1(\text{газ})} = \frac{m(\text{H}_2) + m(\text{PH}_3)}{v_1(\text{газ})} = \frac{v(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) + v(\text{PH}_3) \cdot M(\text{PH}_3)}{v_1(\text{газ})} =$ $= \frac{\frac{3}{2} x \text{ моль} \cdot 2 \frac{\text{Г}}{\text{моль}} + y \text{ моль} \cdot 34 \frac{\text{Г}}{\text{моль}}}{0,6 \text{ моль}} = \frac{3 \cdot x + 34 \cdot y}{0,6} \frac{\text{Г}}{\text{моль}} = 18 \frac{\text{Г}}{\text{моль}}$ $\begin{cases} 1,5 \cdot x + y = 0,6 \\ \frac{3 \cdot x + 34 \cdot y}{0,6} = 18 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 3 \cdot x + 2 \cdot y = 1,2 \\ 3 \cdot x + 34 \cdot y = 10,8 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 3 \cdot x + 2 \cdot y = 1,2 \\ 32 \cdot y = 9,6 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 0,2 \\ y = 0,3 \end{cases}$		
<p>Масса алюминия:</p> $m(\text{Al}) = v(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 27 \frac{\text{Г}}{\text{моль}} = 5,4 \text{ Г}$		0,5 б.
<p>Масса фосфора:</p> $m(\text{P}_4) = v(\text{P}_4) \cdot M(\text{P}_4) = 0,3 \text{ моль} \cdot 124 \frac{\text{Г}}{\text{моль}} = 37,2 \text{ Г}$		0,5 б.
<p>По условию, белый фосфор и неизвестное вещество X были взяты в эквимольных количествах =></p> $v(\text{X}) = v(\text{P}_4) = 0,3 \text{ моль}$		0,5 б.
<p>Тогда молярная масса X:</p> $M(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{v(\text{X})} = \frac{3,6 \text{ Г}}{0,3 \text{ моль}} = 12 \frac{\text{Г}}{\text{моль}}$		0,5 б.
<p>=> X – C (углерод)</p>		1 б.
$\text{Al} + 6\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ; 1 б. за верные коэффициенты.</p>		2 б.
$\text{P}_4 + 20\text{HNO}_3 \longrightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4 + 20\text{NO}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ; 1 б. за верные коэффициенты.</p>		2 б.
$\text{C} + 4\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{CO}_2 \uparrow + 4\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ; 1 б. за верные коэффициенты.</p>		2 б.
$v(\text{NO}_2) = v(\text{Al}) \cdot 3 + v(\text{P}_4) \cdot 20 + v(\text{C}) \cdot 4 =$ $= 0,2 \text{ моль} \cdot 3 + 0,3 \text{ моль} \cdot 20 + 0,3 \text{ моль} \cdot 4 = 7,8 \text{ моль}$		1 б.
$v(\text{CO}_2) = v(\text{C}) = 0,3 \text{ моль}$		0,5 б.

$2NO_2 + 2NaOH \longrightarrow NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$ <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ; 1 б. за верные коэффициенты.</p>	2 б.
$CO_2 + NaOH \longrightarrow NaHCO_3$ <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ; 1 б. за верные коэффициенты; реакция образования карбоната не принимается; но за дальнейшие расчеты в соответствии с этой реакцией, участник может получить баллы.</p>	2 б.
$\nu(NaOH) = \nu(NO_2) + \nu(CO_2) = 7,8 \text{ моль} + 0,3 \text{ моль} = 8,1 \text{ моль}$	0,5 б.
$m(NaOH) = \nu(NaOH) \cdot M(NaOH) = 8,1 \text{ моль} \cdot 40 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 324 \text{ г}$	0,5 б.
$m_{\text{р-р}}(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{\omega(NaOH)} = \frac{324 \text{ г}}{0,20} = 1620 \text{ г}$	0,5 б.
$V_{\text{р-р}}(NaOH) = \frac{m_{\text{р-р}}(NaOH)}{\rho_{\text{р-р}}(NaOH)} = \frac{1620 \text{ г}}{1,220 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 1328 \text{ мл}$	0,5 б.
<p>Ответ: $m(Al) = 5,4 \text{ г}$; $m(P_4) = 37,2 \text{ г}$; $m(C) = 3,6 \text{ г}$; $V_{\text{р-р}}(NaOH) = 1328 \text{ мл}$.</p>	
<p>Примечание: принимаются и оцениваются максимальным количеством баллов любые другие верные и логичные решения.</p> <p>При ошибке в вычислении снимаются баллы за соответствующий этап. Дальнейшие расчеты производятся исходя из ошибочно найденного числа. При возникновении повторной ошибки в вычислениях, также снимаются баллы за соответствующий этап, где была произведена ошибка.</p>	