

9 КЛАСС

Задача 9.1 (20 баллов).

Дигидрат хлорида бария находит широкое применение в химии – является материалом для производства других солей бария; используется в возделывании хлопка, кожевенной промышленности, пестицидных инсектицидах, крашении тканей, протравы, умягчителя воды, защиты от накипи, изготовления бумаги.

1. Составьте план проведения химического эксперимента по определению массовой доли кристаллизационной воды в дигидрате хлорида бария.

2. Укажите приёмы, позволяющие повысить точность данного количественного определения.

3. Рассчитайте абсолютную и относительную ошибку, если экспериментально полученное значение массовой доли кристаллизационной воды в указанном кристаллогидрате составило 14,73%.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Составлен план количественного определения кристаллизационной воды в кристаллогидрате (отдельные уточнения в скобках могут быть не указаны): – взятие навески (взвешивают тару (бюкс с крышкой) и бюкс с небольшой порцией $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (примерно 1-1,5 г кристаллогидрата), закрывают бюкс крышкой и записывают точное значение массы бюкса с навеской; по разности находят массу взятого для анализа кристаллогидрата); – нагревание открытого бюкса с кристаллогидратом в сушильном шкафу (при температуре около 125°C в течение 2 часов); – охлаждение бюкса с кристаллогидратом в эксикаторе (бюкс переносят тигельными щипцами, оставляют открытым); – взвешивание закрытого крышкой бюкса с кристаллогидратом; – повторное выдерживание открытого бюкса с веществом в сушильном шкафу (при 125°C около 1 ч); – повторное охлаждение в эксикаторе; – повторное взвешивание закрытого крышкой бюкса с кристаллогидратом – проведение расчёта: $\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_0 - m}{m}$ где m_0 и m – массы образца до и после прокаливании.	8 (по 1 баллу за каждую операцию)
2. Указаны приёмы, позволяющие повысить точность количественного определения: – использование чистой посуды (бюкса), предварительное прокаливание бюкса перед использованием; – взвешивание на аналитических весах; – предупреждение попадания атмосферной влаги в кристаллогидрат (взвешивание после высушивания в закрытом бюксе); – повторное проведение высушивания до достижения неизменяющейся массы (допустимо отличие не более чем на 0,0002 г).	8 (по 2 балла за каждый прием)

Расчёт теоретического содержания кристаллизационной воды в дигидрате хлорида бария: $\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{Mr(\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})}{Mr(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}$; $\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{36,03}{244,27} = 0,1475$ или 14,75%	2
3. Расчёт абсолютной и относительной ошибки: $\Delta\omega = 14,73 - 14,75 = -0,02\%$ $D = \frac{0,02}{14,75} \cdot 100 = 0,14\%$	1 1
Итого:	20

Задача 9.2 (30 баллов)

Смесь, полученную сплавлением железа и серы в массовом соотношении 2:1, обработали соляной кислотой.

- 1) Определите молярную массу (г/моль) образовавшейся газовой смеси.
- 2) Рассчитайте, во сколько раз уменьшится масса твердого вещества при сжигании исходной смеси в избытке кислорода.

Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Пусть $m(\text{S}) = a$ г, $m(\text{Fe}) = 2a$ г, тогда рассчитаем количества веществ (моль): $n(\text{S}) = a/32 = 0,03125a$ (моль), $n(\text{Fe}) = 2a/56 = 0,03571a$ (моль). Сделан вывод об избытке Fe	2
1) Составлены уравнения реакций: $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$ После реакции в твердой смеси будет $0,03125a$ моль FeS и $(0,03571a - 0,03125a) = 0,00446a$ моль Fe. $\text{FeS} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ $n(\text{H}_2\text{S}) = 0,03125a$ моль, $n(\text{H}_2) = 0,00446a$ моль. $M(\text{см.}) = (34 \cdot 0,03125a + 2 \cdot 0,00446a) / (0,03125a + 0,00446a) = 30$ г/моль.	2 2 2 2 10
2) Масса исходной смеси $m(\text{исх.см.}) = 3a$ (г); При сжигании исходной смеси в избытке кислорода твердый остаток будет состоять из Fe_2O_3 $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe}) / 2 = 0,017855a$ моль, $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160 \cdot 0,017855a = 2,8568a$ (г). Масса твердого вещества уменьшится в $3a/2,8568a = 1,05$ раза.	2 2 2 4
Итого:	30

Задача 9.3 (10 баллов)

Имеется 500 мл раствора серной кислоты. Известно, что по первой ступени кислота диссоциирует полностью, а по второй ступени – только на 10%. Концентрация ионов водорода в растворе $[\text{H}^+] = 0,11$ моль/л.

- 1) Каких ионов больше всего в растворе?
- 2) Рассчитайте массу сульфат-иона в растворе.

Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Составлены уравнения реакций диссоциации (по 2 балла за уравнение) $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$ $\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ Из перечисленных частиц больше всего в растворе ионов H^+ , они образуются на обеих ступенях диссоциации.	1 1 1
2. Пусть начальная концентрация серной кислоты равна c моль/л, тогда по первой ступени диссоциации $[\text{H}^+]_1 = c$ моль/л, а по второй $[\text{H}^+]_2 = 0,1c$ моль/л. Равновесная концентрация ионов водорода: $[\text{H}^+] = c + 0,1c = 0,11$, откуда $c = 0,1$ моль/л. $[\text{SO}_4^{2-}] = [\text{H}^+]_2 = 0,1c = 0,01$ моль/л. $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,01 \cdot 0,5 = 0,005$ (моль), $m(\text{SO}_4^{2-}) = 96 \cdot 0,005 = 0,48$ (г).	2 2 1 2
Итого:	10

Задача 9.4 (20 баллов)

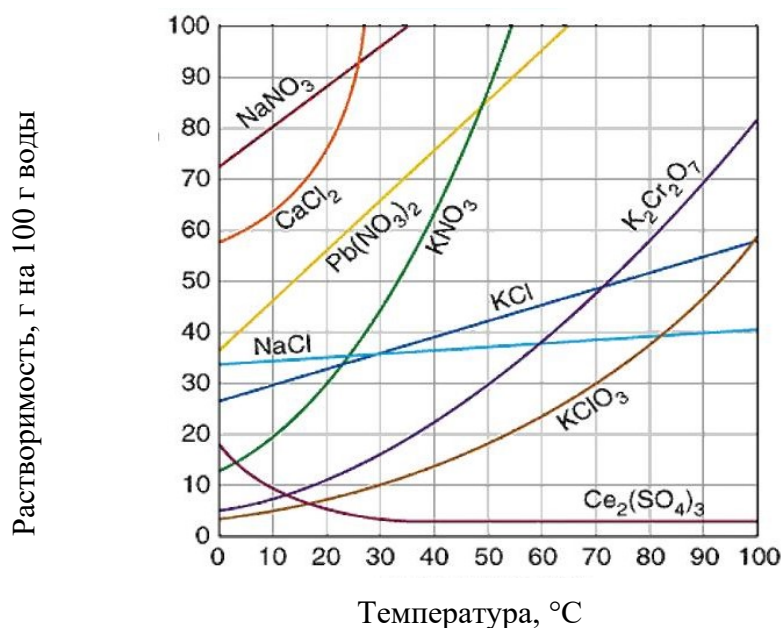
При взаимодействии фосфора массой 31 г с хлором выделилось 400 кДж теплоты. Рассчитайте объем прореагировавшего хлора (н.у.), если теплоты образования хлорида фосфора(III) и хлорида фосфора(V) равны 318 и 455 кДж/моль соответственно. Составьте термохимические уравнения.

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$n(\text{P}) = 31/31 = 1$ моль. В реакцию с хлором с образованием трихлорида фосфора вступило x моль, при этом выделилось $318x$ кДж, в реакцию с хлором с образованием пентахлорида фосфора вступило y моль, при этом выделилось $455y$ кДж. Тогда: $x+y = 1$ $x=0,401$ $318x + 455y = 400$; $y=0,599$	2 2 2 4
Составлены термохимические уравнения реакций: $2\text{P(тв.)} + 3\text{Cl}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{PCl}_3(\text{ж.}) + 636 \text{ кДж}$ $2\text{P(тв.)} + 5\text{Cl}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{PCl}_5(\text{тв.}) + 910 \text{ кДж}$	3 3
Рассчитано количество хлора, вступившего в реакцию: $n(\text{Cl}_2) = 1,5x + 2,5y = 2,1$ (моль), $V(\text{Cl}_2) = 22,4 \cdot 2,1 = 47$ (л).	4
Итого:	20

Задача 9.5 (20 баллов).

Используя графические зависимости растворимости солей от температуры и проводя соответствующие расчёты, заполните пустые ячейки таблицы. Укажите значения растворимости указанных в таблице солей при температурах 50°C и 20°C.



Таблица

Выпадение солей в осадок при охлаждении насыщенных растворов

	Соль	Насыщенный раствор при 50 °С			Насыщенный раствор при 20 °С	Масса осадка, выпавшего при охлаждении до 20 °С раствора, насыщенного при 50 °С, г
		$m(p-pa)$, г	$m(H_2O)$, г	$m(соли)$, г	$m'(соли)$, г	
1	KCl		500			
2	K ₂ Cr ₂ O ₇	65				
3	KNO ₃				45	
4			20			6

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Определены по графику значения растворимости указанных в таблице солей при температурах 50 °С и 20 °С (по 0,5 баллов) Заполнены ячейки таблицы на основе проведённых расчётов (по 1 баллу за каждую из 16 ячеек) 1. Для KCl в соответствии с графиком $s_{50\text{ °С}} = 42 \text{ г} / 100 \text{ г H}_2\text{O}$, $s_{20\text{ °С}} = 32 \text{ г} / 100 \text{ г H}_2\text{O}$ (в этом и последующем случае допустимо использование близких значений растворимости по отношению к указанным) $\frac{m(H_2O)}{100} = \frac{m(соли)}{st_1}; m(соли) = \frac{500 \cdot 42}{100} = 210 \text{ (г)}$ $\frac{m(H_2O)}{100} = \frac{m'(соли)}{st_2}; m'(соли) = \frac{500 \cdot 32}{100} = 160 \text{ (г)}$ $m(осадка) = m(соли) - m'(соли) = 210 - 160 = 50 \text{ (г)}$ $m(p-pa) = 500 + 210 = 710 \text{ (г)}$ 2. Для K₂Cr₂O₇ в соответствии с графиком $s_{50\text{ °С}} = 30 \text{ г} / 100 \text{ г H}_2\text{O}$, $s_{20\text{ °С}} = 11 \text{ г} / 100 \text{ г H}_2\text{O}$ $\frac{m(p-pa)}{100 + st_1} = \frac{m(соли)}{st_1}; m(соли) = \frac{65 \cdot 30}{130} = 15 \text{ (г)}$ $m(H_2O) = 65 - 15 = 50 \text{ (г)}$ $\frac{m(H_2O)}{100} = \frac{m'(соли)}{st_2}; m'(соли) = \frac{50 \cdot 11}{100} = 5,5 \text{ (г)}$	4 16

$m(\text{осадка}) = 15 - 5,5 = 9,5 \text{ (г)}$ 3. Для KNO_3 в соответствии с графиком $s_{50^\circ\text{C}} = 88 \text{ г / 100 г H}_2\text{O}$, $s_{20^\circ\text{C}} = 30 \text{ г / 100 г H}_2\text{O}$ $\frac{m(\text{H}_2\text{O})}{100} = \frac{m'(\text{соли})}{s_{t_2}}; m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{45 \cdot 100}{30} = 150 \text{ (г)}$ $\frac{m(\text{H}_2\text{O})}{100} = \frac{m(\text{соли})}{s_{t_1}}; m(\text{соли}) = \frac{150 \cdot 88}{100} = 132 \text{ (г)}$ $m(\text{р-ра}) = 150 + 132 = 282 \text{ (г)}$ $m(\text{осадка}) = 132 - 45 = 87 \text{ (г)}$ 4. $\frac{m(\text{H}_2\text{O})}{100} = \frac{m(\text{осадка})}{s_{t_1} - s_{t_2}}; s_{t_1} - s_{t_2} = \frac{m(\text{осадка}) \cdot 100}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{6 \cdot 100}{20} = 30,$ что соответствует $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ($s_{t_1} - s_{t_2} = 85 - 55 = 30$ в соответствии с графиком) $m(\text{соли}) = 85 \cdot \frac{20}{100} = 17 \text{ (г)}; m'(\text{соли}) = 55 \cdot \frac{20}{100} = 11 \text{ (г)}; m(\text{р-ра}) = 20 + 17 = 37 \text{ (г)}$	
Итого:	20

Выпадение солей в осадок при охлаждении насыщенных растворов

	Соль	Насыщенный раствор при $t_1 = 50^\circ\text{C}$			Насыщенный раствор при $t_2 = 20^\circ\text{C}$	Масса осадка, выпавшего при охлаждении до 20°C раствора, насыщенного при 50°C , г
		$m(\text{р-ра}),$ г	$m(\text{H}_2\text{O}),$ г	$m(\text{соли}),$ г	$m'(\text{соли}),$ г	
1	KCl	710	500	210	160	50
2	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	65	50	15	5,5	9,5
3	KNO_3	282	150	132	45	87
4	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	37	20	17	11	6