

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

2.1.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

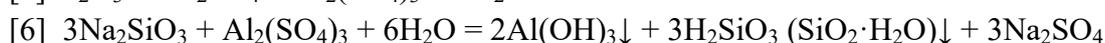
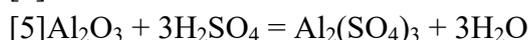
1. Из оксидов третьего периода с водой могут реагировать оксиды натрия, фосфора, серы и хлора. Учитывая, что только оксид натрия является основным, а остальные – кислотными, и принимая во внимание, что оксиды **Б** и **В** реагируют друг с другом, можно заключить, что один из этих оксидов – Na_2O . Предположим, что это оксид **Б**, то есть $M(\text{Б}) = 62$ г/моль. Оксид **Г** реагирует как с кислотой **Е**, так и с оксидом натрия, то есть проявляет амфотерные свойства. Единственным амфотерным гидроксидом, подходящим под условие задачи, может быть оксид алюминия: $M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 102$ г/моль.

$M(\text{Al}_2\text{O}_3) : M(\text{Na}_2\text{O}) = 102 : 62 = 10,2 : 6,2$, что соответствует условию.

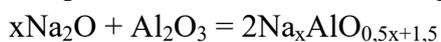
Оксиды **А** и **В** можно подобрать из соотношения молярных масс: $M(\text{А}) = 60$ г/моль, что соответствует оксиду SiO_2 . $M(\text{В}) = 80$ г/моль, что соответствует оксиду SO_3 . Взаимодействие Na_2O с водой приводит к образованию основания NaOH (вещество **Д**), которое в реакции с кислотным оксидом SiO_2 образует соль **Ж** – Na_2SiO_3 . Взаимодействие SO_3 с водой приводит к образованию кислоты H_2SO_4 (вещество **Е**), которая может взаимодействовать с Al_2O_3 с образованием соли **З** – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. При взаимодействии двух солей должна протекать реакция ионного обмена, однако силикат алюминия в водном растворе не существует, что обусловлено протеканием совместного необратимого гидролиза с образованием слабого основания **И** – $\text{Al}(\text{OH})_3$ и слабой кислоты **К** – $\text{H}_2\text{SiO}_3(\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$, представляющих собой аморфные осадки. Таким образом,

А – SiO_2 **Б** – Na_2O **В** – SO_3 **Г** – Al_2O_3
Д – NaOH **Е** – H_2SO_4 **Ж** – Na_2SiO_3 **З** – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
И – $\text{Al}(\text{OH})_3$ **К** – $\text{H}_2\text{SiO}_3(\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$ **Л** – Na_2SO_4

2. Уравнения реакций:



3. При сплавлении оксидов натрия и алюминия протекает реакция по общей схеме:



Массовая доля алюминия в продукте **М**:

$$\omega(\text{Al}) = 27 / (23x + 27 + 16(1,5 + 0,5x)) = 0,1311, \text{ откуда } x = 5$$

М – Na_5AlO_4



$$4. n(\text{SO}_3) = 10 / 80 = 0,125 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 10 / 18 = 0,556 \text{ моль}$$

Из уравнения *реакции 2* видно, что вода взята в избытке, тогда

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_3) = 0,125 \text{ моль.}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,125 \times 98 = 12,25 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{SO}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) = 10 + 10 = 20 \text{ г}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 12,25 / 20 = \mathbf{0,6125 (61,25\%)}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ А – Л	11×0,5 = 5,5 б
2	Уравнения реакций 1–6	6×0,5 = 3 б
3.	Формула М	0,5 б
	Уравнение реакции получения М	0,5 б
4.	Массовая доля серной кислоты	0,5 б
	Итого	10 баллов

Задача №10-2

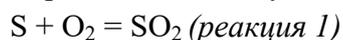
Вещество **В** является серной кислотой H_2SO_4 . В промышленности серную кислоту получают по реакции:



Серный газ (**Б**) получают каталитическим окислением сернистого газа (**А**):



Сернистый газ получается при сгорании серы (элемент **Х**):



Можно себя проверить по массовой доле серы в диоксиде серы.

Минерал **Д** представляет собой карбонат кальция. По массовым долям находим соотношение элементов в соединении.

$$x: C: O = \frac{40}{M} : \frac{12}{12} : \frac{48}{16} = \frac{40}{M} : 1 : 3$$

По таблице Менделеева металл определяется как кальций. Абсорбент **Г** (CaO) получают по следующей реакции:



2) В 2 т нефти содержится 1,5 % серы.

$$m_S = 2000 \cdot 0,015 = 30 \text{ кг} = 30000 \text{ г}$$

$$n_S = \frac{30000}{32} = 937,5 \text{ моль}$$

По реакциям (1) и (4) количество вещества оксида кальция будет равно 937,5 моль. Только 25% оксида кальция может улавливать диоксид серы, поэтому

$$n_{CaO} = \frac{937,5}{0,25} = 3750 \text{ моль}$$

$$m_{CaO} = 3750 \cdot 56 = 210000 \text{ г} = 210 \text{ кг}$$

3. Для получения 100 кг серной кислоты по реакции (3) понадобится серный газ **Б**:

$$n_{H_2SO_4} = \frac{100}{98} = 1,02 \text{ кмоль}$$

$$n_{SO_3} = 1,02 \text{ кмоль, так как реакция идет с выходом } 99\% \rightarrow n_{SO_3} = \frac{1,02}{0,99} = 1,03 \text{ кмоль}$$

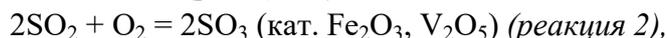
По реакции (2) выход продукта составляет 91%

$$n_{SO_2} = \frac{1,03}{0,91} = 1,13 \text{ кмоль}$$

По реакции (1) $n_{SO_2} = 1,13 \text{ кмоль} = n_S$

$$m_S = 1,13 \cdot 32 = 36,16 \text{ кг}$$

$$m_{\text{нефти}} = \frac{36,16}{0,015} = 2410,7 \text{ кг}$$



Х	S
А	SO ₂
Б	SO ₃
В	H ₂ SO ₄
Г	CaO
Д	CaCO ₃

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Элемент Х Соединения А-Д	1 б 0,5x5 = 2,5 б
2	Реакции (1) – (5)	0,5x5 = 2,5 б
3.	Расчет массы оксида кальция	2 б
4.	Расчет массы нефти для получения 100 кг серной кислоты	2 б
	Итого	10 баллов

Задача № 10-3

В основе задачи лежит превращение $CoCl_2$ в $CoCl_2 \cdot 6H_2O$. Необходимо рассчитать какая масса будет получена при охлаждении 100 г насыщенного раствора с 60 до 20 °С.

$M(CoCl_2) = 130$ г/моль, $M(CoCl_2 \cdot 6H_2O) = 238$ г/моль.

При 60°С для приготовления 100 г насыщенного раствора необходимо взять:

$$m_{CoCl_2} = 100 \cdot 0,484 = 48,4 \text{ г}$$

Потенциально в нем содержится следующая масса кристаллогидрата:

$$m_{CoCl_2 \cdot 6H_2O} = 48,4 \cdot \frac{238}{130} = 88,61 \text{ г и } m_{H_2O} = 100 - 88,61 = 11,39 \text{ г}$$

При 20°С растворимость составляет 52,9 г на 100 г воды или

$$m_{CoCl_2 \cdot 6H_2O} = 52,9 \cdot \frac{238}{130} = 96,85 \text{ г в } (152,9 - 96,85) = 56,05 \text{ г воды}$$

В 11,39 г воды при 20°С может раствориться:

$$m_{CoCl_2 \cdot 6H_2O} = \frac{96,85 \cdot 11,39}{56,05} = 19,68 \text{ г}$$

При охлаждении раствора с 60 до 20°С часть соли будет растворять в воде (20,09 г), а другая часть выпадет в виде кристаллов:

$$m(\text{кр})_{CoCl_2 \cdot 6H_2O} = 88,61 - 19,68 = 68,93 \text{ г}$$

Таким образом для получения 20 г $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ нужно x г $CoCl_2$

Когда 68,93 г получают из 48,4 г $CoCl_2$

$$m(\text{кр})_{CoCl_2} = \frac{20 \cdot 48,4}{68,93} = 14,04 \text{ г}$$

$$m_{H_2O} = \frac{20 \cdot 11,39}{68,93} = 3,31 \text{ г}$$

Необходимо учесть воду, которая входит в состав кристаллогидрата:

$$m_{CoCl_2 \cdot 6H_2O} = 14,04 \cdot \frac{238}{130} = 25,70 \rightarrow m_{H_2O} = 25,70 - 14,04 = 11,66$$

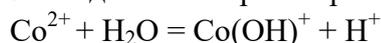
Масс всей воды составит: $m_{H_2O} = 11,66 + 3,31 = 14,97 \text{ г}$

Необходимо помнить, что хлорид кобальта имеет 5% примесей. Тогда масса составит:

$$m(\text{кр})_{CoCl_2} = \frac{14,04}{0,95} = 14,78 \text{ г}$$

2. Абсолютный этиловый спирт практически не содержит воду, поэтому при высоких концентрациях растворителя хлорид кобальта будет окрашиваться в синий цвет, так как будет разрушаться гидратированная оболочка.

3. Подкисление раствора производят с целью предотвращения гидролиза:



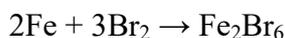
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Понимание сути процесса	1 б
2.	Расчет растворимости хлорида кобальта при температуре 60°C	2 б
3.	Расчёт растворимости хлорида кобальта при 20°C	2 б
4.	Масса хлорида кобальта необходимая по условию (если не учтена чистота реактива – 1 б)	2 б
5.	Расчет массы воды (если не учтена кристаллизационная вода – 0,5 б)	1 б
6.	Цвет соли в абсолютном этиловом спирте	1 б
7.	Ответ на вопрос о подкислении раствора	1 б
	Итого	10 баллов

Задача № 10-4

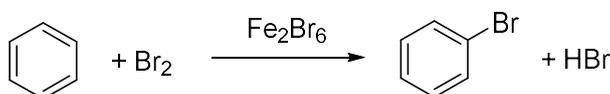
- Из текста задачи очевидно, что металлом **A** может являться железо и марганец, однако кислот Льюиса с марганцем в органическом синтезе не замечено.

Жидкий галоген **B** – бром Br₂.



- Такие соединения называют кислотами Льюиса. Кислоты они потому, что способны принимать пару электронов частицы-донора на незаполненную орбиталь атома металла. Аналогично тому, как протон способен принимать неподеленную электронную пару, например, аммиака.
- Реакции, катализируемые кислотами Льюиса, притекают с участием аренов. Ареном, который не обесцвечивает перманганат калия, является бензол.

Реакция бензола с бромом:

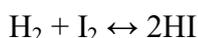


Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Название «кислоты Льюиса»	1 б
	Объяснение их кислотности	2 б
2	Вещества А, В, X	$3 \times 1,5 = 4,5$ б
3.	Реакция бензола с бромом	2,5 б
	Итого	10 баллов

Задача №10-5

1. Для составления термохимического уравнения необходимо указать агрегатные состояния исходных веществ и продуктов реакции, а также тепловой эффект. Известно, что стандартная энтальпия образования иодоводорода равна 26,57 кДж/моль.



Энтальпия реакции будет равна:

$$\Delta H_p = 2\Delta H_{\text{HI}} - \Delta H_{\text{H}_2} - \Delta H_{\text{I}_2} = 2 \cdot 26,57 = 53,14 \text{ кДж} = -Q$$

Термохимическое уравнение процесса:



В результате протекания реакции было поглощено 35,15 кДж энергии.

2 моль HI требует 53,14 кДж

x моль требует 35,15 кДж

$$x = \frac{2 \cdot 35,15}{53,14} = 1,323 \text{ моль}$$

Учитывая, что для реакции брали 1 моль иода, то максимальный выход бы составил 2 моль иодоводорода. Выход реакции образования HI составил:

$$\eta = \frac{n_{\text{теор}}}{n_{\text{практ}}} = \frac{1,323}{2} = 0,662 = 66,2\%$$

Определим состав газовой фазы в начальный момент времени и в состоянии равновесия:

	n(H ₂), моль	n(I ₂), моль	n(HI), моль
Начало реакции	3	1	0
Равновесие	3-0,662 = 2,338	1-0,662=0,338	1,323

Выражение для константы равновесия составит:

$$K_p = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{p_{\text{HI}}^2}{p_{\text{H}_2} \cdot p_{\text{I}_2}}$$

Так как в реакции участвуют газообразные продукты реакции, то необходимо использовать парциальные давления. Согласно уравнению состояния идеального газа давление связывается с количеством вещества следующим образом:

$$p = \nu \cdot \left(\frac{RT}{V} \right) = \nu \cdot \text{const}$$

$$K_p = \frac{n_{\text{HI}}^2}{n_{\text{H}_2} \cdot n_{\text{I}_2}}$$

Объем сосуда и температура будут неизменны, таким образом можно спокойно использовать количество вещества вместо объемов.

$$K_p = \frac{n_{HI}^2}{n_{H_2} \cdot n_{I_2}} = \frac{1,323^2}{0,338 \cdot 2,338} = 2,21$$

2. Для нахождения природы катализатора воспользуемся формулой для определения плотности:

$$\rho = \frac{m_{яч}}{V_{яч}} = \frac{n \cdot A_{Me}}{a^3} = \frac{N \cdot A_{Me}}{N_a \cdot a^3},$$

где N – число атомов, которые содержатся в одной ячейке, A_{Me} – атомная масса металла, N_a – число Авогадро $6,022 \cdot 10^{23}$, a – параметр ячейки (сторона квадрата), Å.

Определим металл:

$$A_{Me} = \frac{N_a \cdot a^3 \cdot \rho}{N} = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot (3,803 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 12,41}{\frac{1}{8} \cdot 8 + 1/2 \cdot 6} = 102,76 \text{ г/моль}$$

По таблице Менделеева определяем, что катализатор состоит из металла **родия (Rh)**.

3. $H_{2(g)} + I_{2(g)} \leftrightarrow 2HI_{(g)} - 53,14 \text{ кДж}$

Согласно принципам Ле-Шателье на увеличение выхода может повлиять:

- (1) Увеличение температуры, т.к. реакция эндотермическая;
- (2) Увеличение концентрации водорода или иода;
- (3) Удаление продукта реакции иодоводорода из реакционной смеси.

Разбалловка

1.	Термохимическое уравнение с указанием теплоты и агрегатных состояний веществ	2 б
2.	Расчет равновесных концентраций	2 б
3.	Расчет константы равновесия	2 б
4.	Расчет числа атомов металла в одной ячейке	0,5 б
5.	Расчет атомной массы катализатора	2 б
6.	Условия смещения равновесия	3x0,5 б=1,5 б
	Итого:	10б