

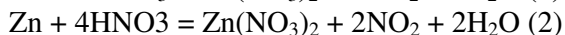
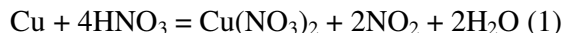
3. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

3.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

3.1.1. Задания 9 класса

Задача №9-1

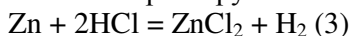
Медь и цинк реагируют с концентрированной азотной кислотой с выделением оксида азота (IV):



Тот факт, что выделяется оксид азота (IV) можно подтвердить расчетом молярной массы газа:

$$M(\text{NO}_2) = D_{\text{возд}} \cdot 29 = 1,586 \cdot 29 = 46 \text{ г/моль}$$

С разбавленной хлороводородной кислотой реагирует только цинк:



Исходя из уравнения (3) можем вычислить количество вещества цинка и его массу в образце латуни:

$$n(\text{Zn}) = n(\text{H}_2) = 2,24/22,4 = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{Zn}) = 0,1 \cdot 65 = 6,5 \text{ г}$$

Общее количество вещества оксида азота, выделяющегося в реакциях (1) и (2) равно:

$$n(\text{NO}_2) = 13,8/46 = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{NO}_2) = 2n(\text{Zn}) + 2n(\text{Cu}) = 0,3$$

$$n(\text{Cu}) = (0,3 - 2n(\text{Zn}))/2 = (0,3 - 2 \cdot 0,1)/2 = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}) = 0,05 \cdot 64 = 3,2 \text{ г}$$

Тогда, масса образца латуни равна $3,2 + 6,5 = 9,7 \text{ г}$

Найдем массовую долю цинка и меди в сплаве:

$$w(\text{Zn}) = 6,5/9,7 = 0,67 \text{ (67,0\%)}$$

$$w(\text{Cu}) = 1 - 0,67 = 0,33 \text{ (33,0\%)}$$

Разбалловка

Уравнения реакций (1), (2)	2x1,5 б. = 3 б.
Уравнение реакции (3)	1 б.
Расчет массы цинка в смеси	2 б.
Расчет массы меди в смеси	3 б.
Расчет содержания цинка и меди в смеси	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-2

Найдем молярную массу газа **W**:

$$M(\text{W}) = M(\text{возд}) \cdot 2,45 = 29 \cdot 2,45 = 71,$$

что может соответствовать только хлору (желто-зеленый газ), то есть **W** – это хлор (Cl_2)

Реакция хлора с раствором КОН приводит к получению веществ **X** и **Y**, поэтому можно предположить, что они содержат хлор. При этом вещество **Y** является хлоридом, это подтверждается качественной реакцией **Y** с нитратом серебра. То есть **Y** - хлорид калия KCl ,

Действием концентрированной серной кислоты на хлорид калия можно получить хлороводород – HCl (**Z**)

Из схемы термического разложения **X**:



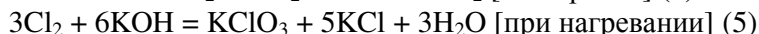
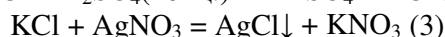
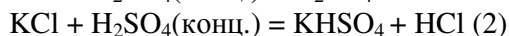
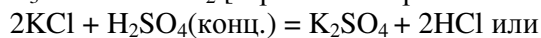
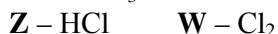
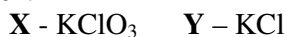
можно предположить, что вещество X содержит калий, хлор и кислород. Также количества веществ X и Y должны относиться между собой как целые числа, поэтому предполагая, что $n(X) = n(Y)$ получим:

$$n(Y) = m/M = 2,98/74,5 = 0,04 \text{ моль}$$

$$M(X) = m/n = 4,90/0,04 = 122,5 \text{ г/моль,}$$

что соответствует формуле $KClO_3$ – хлорат калия (X)

Тривиальное название – бертолетова соль, используется в пиротехнике и при изготовлении спичек.



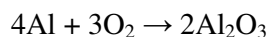
Разбалловка

Определение вещества X*	2 б.
Определение веществ W, Y, Z*	3x1 б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (5)	5x1 б. = 5 б.
ИТОГО	10 б.

* за определение веществ без проведения расчетов (где это возможно) баллы снижают на половину (1 б. за X и по 0,5 б. за W, Y, Z). Если участник высказывает предположение о формуле соединения, а затем подтверждает его расчетом, то баллы не снижаются.

Задача №9-3

Сгорание алюминия протекает по уравнению:



Стандартная теплота образования оксида алюминия ($Q_{обр}$) – это теплота, выделяющаяся при образовании 1 моль оксида алюминия из простых веществ.

По уравнению реакции:

$$n(Al_2O_3) = 0,5n(Al) = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ моль}$$

$$\text{При образовании } 0,75 \text{ моль } Al_2O_3 \text{ выделяется } 1256,25 \text{ кДж}$$

$$\text{При образовании } 1 \text{ моль } Al_2O_3 \text{ выделяется } X \text{ кДж}$$

$$X = 1256,25 \cdot 1/0,75 = 1675 \text{ кДж}$$

Получаем, что $Q_{обр}(Al_2O_3) = 1675 \text{ кДж/моль}$

Соответственно стандартная энтальпия образования будет иметь обратный знак: $\Delta H_f^0 = -1675 \text{ кДж/моль}$.

По уравнению реакции:

$$n(Al_2O_3) = m(Al_2O_3)/M(Al_2O_3) = 306/102 = 3 \text{ моль}$$

$$n(O_2) = 1,5n(Al_2O_3) = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ моль}$$

$$V(O_2) = n(O_2) \cdot V_M(O_2) = 4,5 \cdot 32 = 100,8 \text{ л}$$

Рассчитаем объем воздуха, зная, что объемная доля кислорода в воздухе 21%:

$$V(\text{воздуха}) = V(O_2)/\varphi(O_2) = 100,8/0,21 = 480 \text{ л}$$

Рассчитаем теплоту, которая выделится при образовании 3 моль Al_2O_3 :

$$\text{При образовании } 1 \text{ моль } Al_2O_3 \text{ выделяется } 1675 \text{ кДж}$$

$$\text{При образовании } 3 \text{ моль } Al_2O_3 \text{ выделяется } X \text{ кДж}$$

$$X = 3 \cdot 1675/1 = 5025 \text{ моль}$$

Оксид алюминия в виде сапфира и рубина используется при изготовлении ювелирных изделий. Другие модификации применяются в качестве катализаторов, адсорбентов, инертных наполнителей в химической промышленности. Керамика на основе оксида

алюминия обладает высокой твёрдостью, огнеупорностью и антифрикционными свойствами, а также является хорошим изолятором.

Также оксид алюминия является сырьем для получения алюминия.

Разбалловка

Уравнение реакции сгорания алюминия	16.
Вычисление стандартной теплоты образования Al_2O_3	26.
Расчет стандартной энтальпии образования Al_2O_3	16.
Расчет объема кислорода	16.
Расчет объема воздуха	16.
Расчет выделившейся теплоты	26.
За указание областей применения оксида алюминия	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-4

Очевидно, что **Б** является оксидом. Общую формулу **Б** можно записать как $\text{Э}_2\text{O}_x$. Тогда массовая доля кислорода в **Б** будет равна:

$$\omega(\text{O}) = A_r(\text{O}) \cdot n / M_r(\text{Э}_2\text{O}_x) = 16x / (2y + 16x) = 0,2133,$$

где y – атомная масса элемента Э

$$16x = 0,4266y + 3,4128x$$

$$y = 29,5x$$

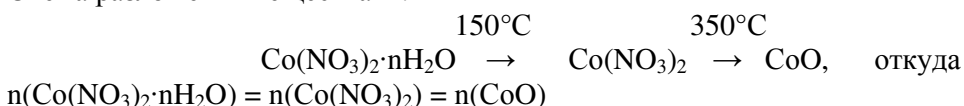
При $x = 1$ получим $y = 29,5$ – не подходит

При $x = 2$ получим $y = 59$ – кобальт, то есть оксид **Б** = **CoO**

То, что это именно оксид кобальта подтверждается цветом соли и оксида, а также реакциями 3-4 – получением сульфида и гидроксида кобальта.

Газ бурого цвета – это NO_2 , он может выделяться при разложении нитратов, значит, вещество **А** – кристаллогидрат нитрата кобальта $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Схема разложения вещества **А**:



По условию задачи, $n(\text{CoO}) = m/M = 0,75/75 = 0,01$ моль

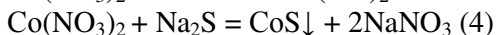
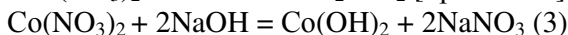
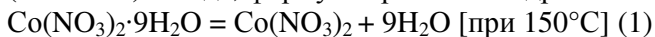
$$n(\text{Co}(\text{NO}_3)_2) = m/M = 1,83/183 = 0,01 \text{ моль},$$

что подтверждает наши предположения

Тогда можем найти молярную массу кристаллогидрата:

$$M(\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = m/n = 3,45/0,01 = 345 \text{ г/моль}$$

На воду приходится $345 - 183 = 162$ единицы массы, что соответствует 9 молекулам ($162/18=9$). Тогда, формула кристаллогидрата **А** - $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$



В 200 г раствора с массовой долей $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ равной 9,45% содержится:

$$m(\text{Co}(\text{NO}_3)_2) = 200 \cdot 0,0945 = 18,9 \text{ г}$$

Найденная масса нитрата кобальта содержится в:

$$m(\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = 345 \times 18,9 / 183 = 35,6 \text{ г}$$

$$\text{Тогда масса необходимой воды } m(\text{H}_2\text{O}) = 200 - 35,6 = 164,4 \text{ г}$$

Разбалловка

Определение вещества А , Б *	2x2 б. = 4 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Расчет масс воды и вещества А для приготовления раствора	2 б.
ИТОГО	10 б.

* за определение веществ без проведения расчетов баллы снижают на половину (по 1 б. за А и Б). Если участник высказывает предположение о формуле соединения, а затем подтверждает его расчетом, то баллы не снижаются.

Задача №9-5

«Адский камень» – нитрат серебра AgNO_3 (вещество А)

«Поташ» – карбонат калия K_2CO_3 (вещество Б)

«Осадок» – карбонат серебра Ag_2CO_3 (вещество В)

«Благородный металл» – серебро Ag (вещество Г)

«Лисий хвост» – оксид азота (IV) NO_2 (вещество Д)

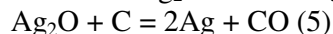
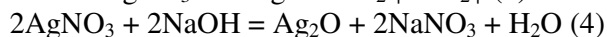
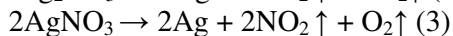
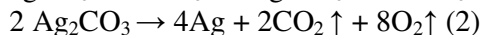
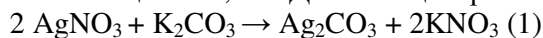
«Каустик» – гидроксид натрия NaOH (вещество Е)

Можно по реакции $2\text{AgNO}_3 \rightarrow 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$, подтвердить правильность определения веществ А, Г и Д:

$$n(\text{AgNO}_3) = 17/170 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{Ag}) = 10,8/108 = 0,1 \text{ моль}$$

Возможен вариант определения веществ А, Г и Д с помощью расчетов.



Масса нитрата серебра, рассчитанная по уравнениям (1), (2) и (3) – одинакова:

Рассчитаем массу нитрата серебра, необходимого для получения 200 г серебра:

$$n(\text{Ag}) = 200/108 = 1,85 \text{ моль}$$

По способу 1 (уравнения 1-2):

$$n(\text{AgNO}_3) = 0,5n(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = n(\text{Ag}) = 1,85 \text{ моль}$$

По способу 2 (уравнение 3):

$$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{Ag}) = 1,85 \text{ моль}$$

Тогда масса нитрата серебра будет равна:

$$m(\text{AgNO}_3) = 1,85 \cdot 170 = 314,5 \text{ г.}$$

Разбалловка

Определение веществ А – Е	6x0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (5)	5x1 б. = 5 б.
Расчет массы «адского камня»	2 б.
ИТОГО	10 б.

3.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

3.2.1. Задания 9 класса

Задача №9-1

В «Фаусте» описано получение сулемы – хлорида ртути (II) HgCl_2 (А).

«Красный лев» – красный оксид ртути (II) HgO (Б).

Данное предположение подтверждается расчетом:



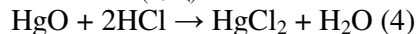
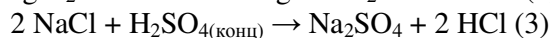
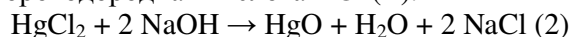
$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{9,67 \cdot 8,314 \cdot 273}{101325} = 0,2166 \text{ кг/моль} = 216,6 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Hg}) + 0,5 M(\text{O}_2) = 200,6 + 0,5 \cdot 32 = 216,6 \text{ г/моль}$$

Металл **В** – ртуть Hg.

«Прекрасная лилия» - хлороводородная кислота HCl (Г).



Растворы металлов в ртути называются амальгамами.

Рассчитаем массу оксида ртути и хлороводородной кислоты для получения 27,15 г сулемы:

$$n(\text{HgCl}_2) = 27,15/271,5 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{HgO}) = n(\text{HgCl}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{HgO}) = 0,1 \cdot 216,5 = 21,65 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{HgCl}_2) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl}) = 0,2 \cdot 36,5 = 7,3 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора}) = 7,3/0,15 = 48,7 \text{ г}$$

Сулему использовали как обеззараживающее средство, однако из-за ее ядовитых свойств уже небольшая передозировка приводит к смертельному исходу.

Разбалловка

Установление формул веществ А – Г	4x0,5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Название сплавов металлов с ртутью	1 б.
Расчет масс HCl и HgO	2 б.
Объяснение смерти больных при лечении сулемой	1 б.
ИТОГО	10 б.

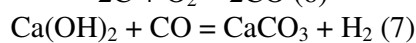
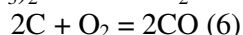
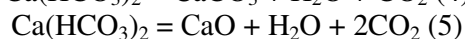
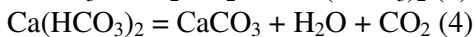
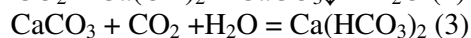
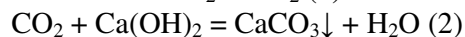
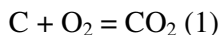
Задача №9-2

Определить элемент X можно исходя из данных по образуемым им оксидам. X образует два оксида при сжигании:

- при недостатке кислорода – оксид H, имеющий молярную массу около 29 г/моль;
- в избытке кислорода – оксид B, имеющий молярную массу $1,52 \cdot 29 = 44$ г/моль.

Полученные молярные массы близки к монооксиду и диоксиду углерода.

X	углерод	E	Ca(HCO ₃) ₂
A	графит (C)	F	H ₂ O
B	CO ₂	G	CaO
C	Ca(OH) ₂	H	CO
D	CaCO ₃	K	H ₂



Подтвердить, что C действительно гидроксид кальция можно вычислив массовую долю кислорода в веществе G – оксиде кальция:

$$w(O) = \frac{A_r(O)}{M_r(CaO)} = \frac{16}{56} = 0.2857$$

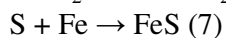
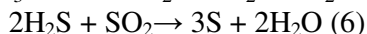
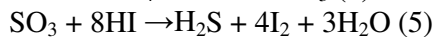
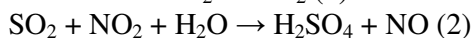
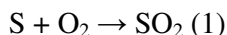
- Аллотропной модификацией углерода – веществом A является графит.

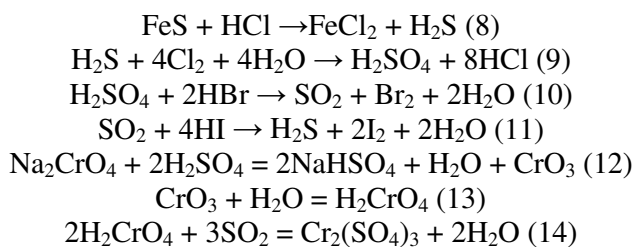
Разбалловка

Определение элемента X	1 б.
Написание формул веществ А – G	9x0,5б. = 4,5 б.
Написание уравнений реакций (1) – (7)	7x0,5б. = 3,5 б.
Указание, что А – графит	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-3

X₁	S	X₄	CuSO ₄
X₂	SO ₂	X₅	SO ₃
X₃	H ₂ SO ₄	X₆	H ₂ S



**Разбалловка**

Определение веществ $X_1 - X_6$.	6x0,5б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (14)	14x0,5б. = 7 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-4

1. В рамках теории ПШУ формулу любого соединения можно записать в виде $A\text{T}_{2n}\text{O}_m$, где А – атомы плотнейшей упаковки;

Т и О – атомы, занимающие тетраэдрические и октаэдрические пустоты соответственно;

n и m – степень занятости пустот.

Формула шпинели: $\text{OMg}_{2(1/8)}\text{Al}_{1/2} = \text{MgAl}_2\text{O}_4$

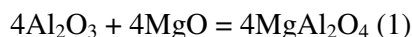
Координационное число (КЧ) определяется числом ближайших соседей и по определению для тетраэдрических пустот оно равно 4, для октаэдрических – 6.

КЧ атома Mg в тетраэдрической пустоте – 4.

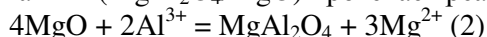
КЧ атома Al в октаэдрической пустоте – 6.

Координационное число кислорода можно определить исходя из формульной единицы шпинели: $\text{КЧ}(\text{O}) = (4 \cdot 1 + 6 \cdot 2)/4 = 4$.

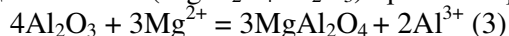
2. В общем виде реакцию образования шпинели твердофазным синтезом из оксидов можно записать в виде уравнения:



На границе шпинель/оксид магния ($\text{MgAl}_2\text{O}_4/\text{MgO}$) протекает реакция:



На границе шпинель/оксид алюминия ($\text{MgAl}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$) протекает реакция:



3. Из уравнений (2) и (3) видно, что на границе $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgAl}_2\text{O}_4$ образуется в три раза больше шпинели, чем на противоположной границе, поэтому она движется быстрее.

Разбалловка

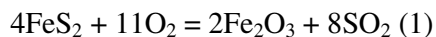
Определение формулы шпинели (без обоснования – 1 балл)	2 б.
Определение координационных чисел Mg, Al, O	3x1б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (3)	3x1б. = 3 б.
Объяснение различия в скорости движения границ	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-5

Так как сумма массовых долей железа и серы равна 100, то минерал содержит только эти два элемента:

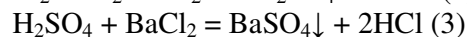
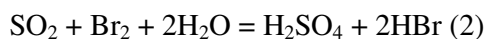
$$\text{Fe} : \text{S} = 46,6/56 : 53,4/32 = 0,832 : 1,669 = 1 : 2$$

Формула минерала – FeS_2 . Его названия – дисульфид железа, пирит, золото дураков, серный колчедан, железный колчедан.



Твердый остаток сжигания пирита содержит оксид железа (III) и негорючие примеси.

Газообразные продукты сжигания пирита содержат оксид серы (IV).



$$n(\text{SO}_2) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{BaSO}_4) = 34,95/233 = 0,15 \text{ моль}$$

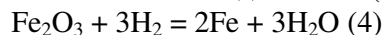
$$n(\text{FeS}_2) = 1/2n(\text{SO}_2) = 1/2 \cdot 0,15 = 0,075 \text{ моль}$$

$$m(\text{FeS}_2) = 0,075 \cdot 120 = 9,00 \text{ г}$$

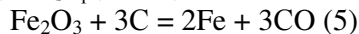
Следовательно, массовая доля негорючих примесей равна:

$$w = \frac{11,00 - 9,00}{11,00} \cdot 100 = 18,18\%$$

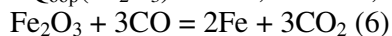
Запишем уравнения реакций восстановления оксида железа (III) и вычислим их эффект:



$$Q_p = 3Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3 \cdot 57,8 - 196,5 = -23,1 \text{ ккал}$$



$$Q_p = 3Q_{\text{обр}}(\text{CO}) - Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3 \cdot 26,42 - 196,5 = -117,24 \text{ ккал}$$



$$Q_p = 3Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 3Q_{\text{обр}}(\text{CO}) = 3 \cdot 94,05 - 196,5 - 3 \cdot 26,42 = 6,39 \text{ ккал}$$

Таким образом, восстановление оксида железа (III) монооксидом углерода требует минимальных затрат энергии.

Разбалловка

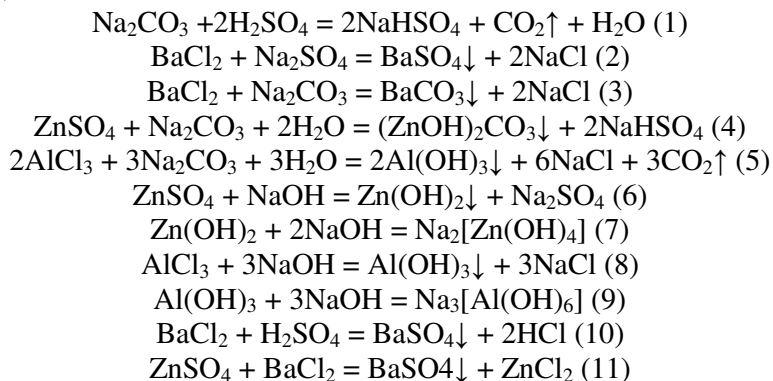
Установление химической формулы минерала	1 б.
Названия минерала (1 название – 0,5 б., 2 и более – 1 б.)	1 б.
Расчет массовой доли негорючих примесей	1 б.
Написание уравнений реакций (1) – (6)	6x0,5б. = 3 б.
Расчет тепловых эффектов реакций (4) – (6)	3x1 б. = 3 б.
Выбор восстановителя и его обоснование	1 б.
ИТОГО	10 б.

3.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура

3.3.1. Задание 9 класса

	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	NaOH	H ₂ SO ₄	BaCl ₂	ZnSO ₄	AlCl ₃
NaNO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	↓ белый (2)	-	-
Na ₂ CO ₃	-	-	-	-	↑ газ (1)	↓ белый (3)	↓ белый (4)	↓ белый (5)
NaOH	-	-	-	-	-	-	↓ белый (6) растворим в избытке (7)	↓ белый (8) растворим в избытке (9)
H ₂ SO ₄	-	-	↑ газ (1)	-	-	↓ белый (10)	-	-
BaCl ₂	-	↓ белый (2)	↓ белый (3)	-	↓ белый (10)	-	↓ белый (11)	-
ZnSO ₄	-	-	↓ белый (4)	↓ белый (6) растворим в избытке (7)	-	↓ белый (11)	-	-
AlCl ₃	-	-	↓ белый (5)	↓ белый (8) растворим в избытке (9)	-	-	-	-

Уравнения реакций:



Примечание:

- В реакциях (1), (3) допускается написание Na₂SO₄
- В реакции (8) допускается написание Na[Al(OH)₄]

Разбалловка

Определение соответствия веществ и номера пробирки (за каждое вещество – 1 балл)	7x1б. = 7 б.
Составление таблицы эффектов	2 б.
Написание уравнений реакций (1) – (11)	11x1б. = 11 б.
ИТОГО	20 б.