

2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

2.2.1. Задания 9 класса

Задача №9-1

1. Газ Е с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумажки – скорее всего аммиак NH_3 . Следовательно, кислота Х – азотная. Эту кислоту можно получить при действии серной кислоты на нитраты, то есть Б – нитрат. Б разлагается с выделением одного газа, наиболее вероятно, что это нитрат щелочного металла, а газ В – кислород.

Из схемы разложения $\text{MNO}_3 = \text{MNO}_2 + 0,5\text{O}_2$ очевидно, что

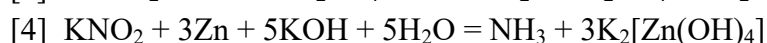
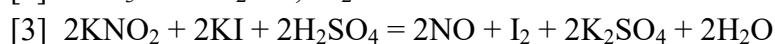
$M(\text{MNO}_3) = 16/0,1584 = 101$ г/моль – это нитрат калия.

Тогда вещество Г – это нитрит калия, который действительно в реакции с иодидом в кислой среде выделяет оксид азота (II) NO.

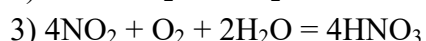
Формулы веществ:

Х	А	Б	В	Г	Д	Е
HNO_3	KNO_3	KHSO_4	O_2	KNO_2	NO	NH_3

Уравнения реакций:



2. Современный способ получения азотной кислоты основан на каталитическом окислении аммиака. Он протекает в три стадии:



3. По уравнению реакции: $\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{KHSO}_4 + \text{HNO}_3$

Количество вещества нитрата калия, с учетом примесей.

$$n_{\text{KNO}_3} = \frac{250 \cdot 0,95}{101} = 2,35 \text{ моль}$$

Количество вещества серной кислоты.

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \rho \cdot V \cdot \omega = 1,83 \cdot 0,936 \cdot 650 = 1113,37 \text{ г}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{111,337}{98} = 11,36 \text{ моль}$$

Серная кислота находится в избытке, поэтому расчет необходимо вести по нитрату:

$$n_{\text{HNO}_3} = n_{\text{KNO}_3} = 2,35 \text{ моль}$$

$$m_{\text{HNO}_3} = n \cdot M = 2,35 \cdot 63 = 148,05 \text{ г}$$

4. В полученном растворе на 2.35 моль кислоты (148,05 г) содержится $1,655 \cdot 2.35 = 3,89$ моль воды (70 г).

Массовая доля азотной кислоты:

$$\omega = \frac{148,05}{148,05 + 70} \cdot 100\% = 67,9\%$$

Растворы, перегоняющиеся без изменения состава, называются **азеотропами** (азеотропными смесями)

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ X, A–E Уравнения реакций 1–4	$7 \times 0,5 = 3,5$ б $4 \times 0,5 = 2$ б
2	Современный способ получения азотной кислоты: 3 стадии	$3 \times 0,5 = 1,5$ б
3.	Масса азотной кислоты HNO ₃	1,5 б
4	Массовая доля азотной кислоты Азеотроп	1 б 0,5 б
	Итого	10 баллов

Задача №9-2

1. Так как соли **A** и **B** окрашивают пламя спиртовки в фиолетовый цвет, то речь идет о солях калия. Выпадение творожистых осадков при действии на соли нитратом серебра указывает на наличие в их составе галогенид-ионов. Данные об окраске осадков и их растворимости в аммиаке указывают на то, что это бромид и иодид.

Обработка сухих солей **A** и **B** концентрированной серной кислотой – лабораторный способ получения галогеноводородов HBr и HI.

$M(\text{HI}) / M(\text{HBr}) = 128 / 81 = 1.58$ – соответствует условию.

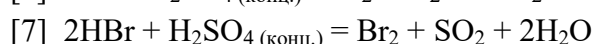
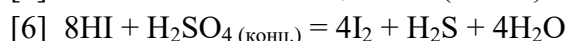
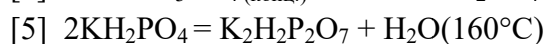
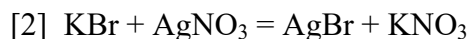
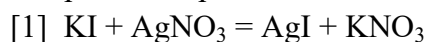
В концентрированной фосфорной кислоте наиболее вероятно образование дигидрофосфата калия KН₂Р₄ (M = 136 г/моль), который при нагревании до 160°C отщепляет 0,5 моль воды (9 г, 6,61% от массы соли), с образованием гидропирофосфата (K₂H₂P₂O₇), что соответствует условию.

При пропускании бромоводорода и иодоводорода через концентрированную серную кислоту протекают ОВР с выделением сернистого газа и сероводорода, соответственно.

Таким образом, **A – KIB – KBrC – HID – HBr**

E – H₂S F – SO₂ G – KН₂Р₄

2. Уравнения реакций:



3. $M_{\text{cp}}(\text{смеси } 1) = 5.295 \times 22.4 = 118.6$ г/моль

Обозначим $\varphi(\text{HI}) = x$, тогда $\varphi(\text{HBr}) = 1-x$

$128x + 81(1-x) = 118.6$, откуда $x = 0.8$

Пусть $n(\text{смеси } 1) = 1$ моль, тогда $n(\text{HI}) = 0.8$ моль, $n(\text{HBr}) = 0.2$ моль

$$m(\text{HI}) = 0.8 \times 128 = 102.4 \text{ г} \quad w(\text{HI}) = 102.4 / 118.6 = 0.8634 \text{ или } \mathbf{86.34\%}$$

$$m(\text{HBr}) = 0.2 \times 81 = 16.2 \text{ г} \quad w(\text{HBr}) = 16.2 / 118.6 = 0.1366 \text{ или } \mathbf{13.66\%}$$

В соответствии с уравнениями *реакций 5 и 6*

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 1/8 n(\text{HI}) = 0.1 \text{ моль} \quad n(\text{SO}_2) = 1/2 n(\text{HBr}) = 0.1 \text{ моль}$$

Следовательно, в смеси 2 $\varphi(\text{H}_2\text{S}) = \varphi(\text{SO}_2) = 50\%$

$$M_{\text{ср}}(\text{смеси 2}) = 0.5 \times 34 + 0.5 \times 64 = 49 \text{ г/моль}$$

$$D_{\text{возд}}(\text{смеси 2}) = 49 / 29 = \mathbf{1.69}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ A – G	$7 \times 0,5 = \mathbf{3,5 \text{ б}}$
2	Уравнения реакций 1–7	$7 \times 0,5 = \mathbf{3,5 \text{ б}}$
3.	Массовые доли газов Плотность по воздуху <i>смеси 2</i> .	$2 \times 1 = \mathbf{2 \text{ б}}$ $\mathbf{1 \text{ б}}$
	Итого	10 баллов

Задача №9-3

1. В реакциях будут принимать участие вещества:

1) мрамор – карбонат кальция – CaCO_3 ;

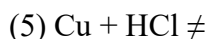
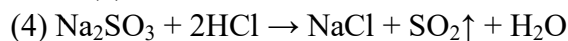
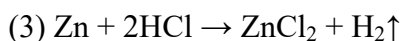
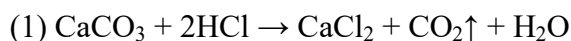
2) нитрит натрия – NaNO_2 ;

3) цинк – Zn ;

4) медь – Cu ;

5) сульфит натрия – Na_2SO_3 .

Уравнения реакции:



В результате реакций образуются газообразные вещества, убыль массы раствора будет связана с удалением их в атмосферу

2. Рассчитаем массы выделяющихся газов в реакциях с 1 г вещества. Так как кислота в избытке, реакция будет идти пока весь образец не вступит в реакцию.

Согласно уравнению (1), в реакции выделяется углекислый газ. Масса его будет равна:

$$n_{\text{CaCO}_3} = \frac{1}{100} = 0,01 \rightarrow n_{\text{CO}_2} = 0,01 \rightarrow m_{\text{CO}_2} = 0,01 \cdot 44 = 0,44 \text{ г}$$

Масса раствора уменьшится на 0,44 г.

В реакции (2) тоже выделяется оксид азота (II):

$$n_{\text{NaNO}_2} = \frac{1}{69} = 0,014 \rightarrow n_{\text{NO}} = 0,010 \rightarrow m_{\text{NO}} = 0,010 \cdot 30 = 0,290 \text{ г}$$

В реакции (3) выделяется водород:

$$n_{\text{Zn}} = \frac{1}{65} = 0,015 \rightarrow n_{\text{H}_2} = 0,015 \rightarrow m_{\text{H}_2} = 0,015 \cdot 2 = 0,031 \text{ г}$$

В реакции (4) не выделяется никакого газа. Медь не вступает в реакцию с разбавленной соляной кислотой. Изменение массы будет равно 0.

В реакции (5) выделяется оксид серы (IV):

$$n_{Na_2SO_3} = \frac{1}{126} = 0,008 \rightarrow n_{SO_2} = 0,008 \rightarrow m_{SO_2} = 0,008 \cdot 64 = 0,508 \text{ г}$$

Исходя из полученных данных составим ряд по возрастанию массы раствора после эксперимента:

$$m_{(5)} < m_{(1)} < m_{(2)} < m_{(3)} < m_{(4)}$$

3. Наиболее вероятно, что желтый осадок, образующийся в реакциях – это сера, тогда выделяющийся газ **Z** – **диоксид серы SO₂**. Такие реакции характерны для серосодержащих солей типа Na₂S_nO_m. Рассчитаем количество газа, выделившегося в реакциях, используя уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$T = 273 + 50 = 323\text{K}, p = 101,325 \times 740 / 760 = 98,659 \text{ кПа}$$

$$\text{В реакции с X: } n(SO_2)_X = pV/RT = 98,659 \times 0,1361 / 323 \times 8,31 = 0,005 \text{ моль}$$

$$\text{В реакции с Y: } n(SO_2)_Y = pV/RT = 98,659 \times 0,20415 / 323 \times 8,31 = 0,0075 \text{ моль}$$

Логично предположить, что $n(X) = n(Y) = n(SO_2)_X = 0,005$ моль, тогда

$$M(X) = 1,24 / 0,005 = \mathbf{248 \text{ г/моль}}$$

$$M(Y) = 1,05 / 0,005 = \mathbf{210 \text{ г/моль.}}$$

Формулы и названия веществ:

X = Na₂S₂O₃·5H₂O – пентагидрат тиосульфата натрия

Y = Na₂S₂O₄·2H₂O – дигидрат дитионита натрия

Уравнения реакций:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнения реакция (1) – (4)	4×0,5 = 2б
2	Расчет масс образовавшихся газов Ряд по возрастанию массы раствора после эксперимента	4x0,5 = 2 б 0,5 б
3.	Газ Z Молярные массы веществ X и Y Формулы веществ X и Y Названия веществ X и Y Уравнения реакций	0,5 б 2x0,5 = 1 б 2x1 = 2 б 2x0,5 = 1 б 2x0,5 = 1 б
	Итого	10 баллов

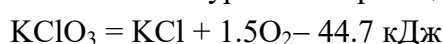
Задача № 9-4

1. Состав бертолетовой соли K_xCl_yO_z

$$x : y : z = 31.84/39 : 28.98/35.5 : 39.18/16 = 0.816 : 0.816 : 2.448 = 1 : 1 : 3$$

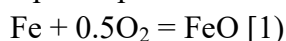
Бертолетова соль –KClO₃

Термохимическое уравнение реакции разложения:



$$2. n(Fe) = 16.8 / 56 = 0.3 \text{ моль}$$

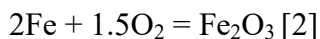
При сгорании железа до оксида железа (II) протекает реакция:



По уравнению реакции $n(FeO) = n(Fe) = 0.3$ моль

В расчете на 1 моль $\text{FeO} Q_{(1)} = 81.6 / 0.3 = 272 \text{ кДж}$

При сгорании железа до оксида железа (III) протекает реакция:

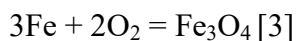


По уравнению реакции $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.5n(\text{Fe}) = 0.15 \text{ моль}$

В расчете на 1 моль $\text{Fe}_2\text{O}_3 Q_{(2)} = (81.6 + 42) / 0.15 = 824 \text{ кДж}$

Железная окалина – смешанный оксид железа Fe_3O_4 ($\omega(\text{O}) = 27.59\%$)

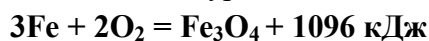
При сгорании железа до железной окалины протекает реакция:



Нетрудно заметить, что реакция [3] представляет собой сумму реакций [1] и [2], следовательно, ее тепловой эффект

$$Q_{(3)} = Q_{(1)} + Q_{(2)} = 272 + 824 = 1096 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение:



3. $n(\text{O}_2) = 1000 / 22.4 = 44.64 \text{ моль}$

По уравнению разложения $n(\text{KClO}_3) = n(\text{O}_2) / 1.5 = 29.76 \text{ моль}$

Для разложения этого количества бертолетовой соли требуется

$$Q = 44.7 \times 29.76 = 1330.3 \text{ кДж}$$

Тогда количество вещества железной окалины, при образовании которой выделяется столько же тепла, составляет

$$n = 1330.3 / 1096 = 1.214 \text{ моль}$$

По уравнению [3] $n(\text{Fe}) = 3n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 3.642 \text{ моль}$

Таким образом, для приготовления хлоратной свечи требуется:

$$m(\text{KClO}_3) = 29.76 \times 122.5 = 3645.6 \text{ г} = 3.646 \text{ кг}$$

$$m(\text{Fe}) = 3.642 \times 56 = 203.95 \text{ г}$$

Разбалловка

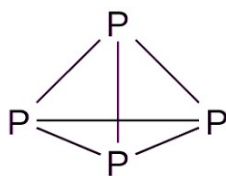
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формула бертолетовой соли	1 б
	Термохимическое уравнение реакции разложения бертолетовой соли	1 б
2	Уравнения реакций сгорания железа до оксидов железа (II) и (III)	$2 \times 0,5 = 1 \text{ б}$
	Тепловые эффекты реакций сгорания железа до оксидов железа (II) и (III)	$2 \times 1 = 2 \text{ б}$
	Тепловой эффект реакции сгорания железа до железной окалины	1 б
	Термохимическое уравнение реакции сгорания железа до железной окалины	1 б
3.	Массы железного порошка и бертолетовой соли	$2 \times 1,5 = 3 \text{ б}$
	Итого	10 баллов

Задача №9-5

1) Элемент X – фосфор P.

Простое вещество P_4 – белый фосфор

P_4 – тетраэдр (тригональная пирамида)



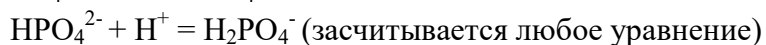
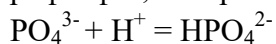
2) **A** – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

B – PCl_5

C – POCl_3

D – H_3PO_4

В присутствии кислоты анион $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ протонируется, переходя в гидрофосфат или дигидрофосфат, которые обладают большей растворимостью и лучше усваиваются растениями:



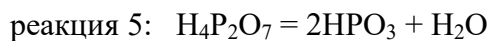
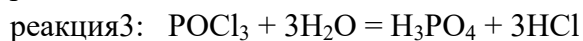
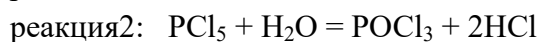
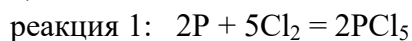
3) газ – молекулы PCl_5

жидкость – молекулы PCl_5

твердое тело – ионное строение $[\text{PCl}_4]^+[\text{PCl}_6]^-$

молекула PCl_5 – тригональная бипирамида	
$[\text{PCl}_4]^+$ - тетраэдр (тригональная пирамида)	
$[\text{PCl}_6]^-$ - октаэдр (тетрагональная бипирамида)	

4)



Разбалловка

1	Элемент X Простое вещество P₄ (название) Пространственное строение P₄	0.5 б 0.5 б 0.5 б
2	Формулы веществ A–D Использование A на кислых почвах (+ионное уравнение)	4x0.5 = 2 б 0.5+0.5 б
3	Пространственное строение B в разных агрегатных состояниях (три типа полиэдра + три рисунка)	6x0.5 = 3 б
4	Уравнения реакций 1–5	5x0.5 = 2.5 б
	Итого:	10 б