

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА ПО ХИМИИ С  
УКАЗАНИЕМ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОГО КОЛИЧЕСТВА БАЛЛОВ  
ЗА КАЖДОЕ ЗАДАНИЕ И ОБЩЕГО КОЛИЧЕСТВА МАКСИМАЛЬНО  
ВОЗМОЖНЫХ БАЛЛОВ ПО ИТОГАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ВСЕХ ЗАДАНИЙ

для жюри

1 тур

2022–2023

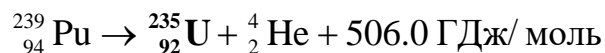
## Теоретический тур

### Девятый класс

#### Решение задачи 9-1 (автор: Курамшин Б.К.)

1. Исходя из закона сохранения массы, масса неизвестного ядра равна 235.

А из закона сохранения заряда, заряд ядра равен 92 (это уран):



2. Объем цилиндра равен  $V = \pi r^2 l = 3.14 \cdot 2^2 \cdot 15 = 188.4 \text{ см}^3$

Масса плутония равна  $m = V\rho = 188.4 \cdot 19.84 = 3737.856 \text{ г}$

Количество плутония-239:  $n = 3737.856 / 239 = 15.640 \text{ моль}$

Значит, каждую секунду в цилиндре распадается

$$5.48 \cdot 10^{11} \cdot 15.640 = 8.570 \cdot 10^{12} \text{ атомов плутония.}$$

Количество плутония, распадающегося каждую секунду:

$$n_0 = N/N_A = 1.424 \cdot 10^{-11} \text{ моль.}$$

Теплота, выделяющаяся каждую секунду  $Q_0 = 506 \cdot 10^9 \cdot 1.424 \cdot 10^{-11} = 7.20 \text{ Дж.}$

3. Теплота, необходимая для нагрева воды:

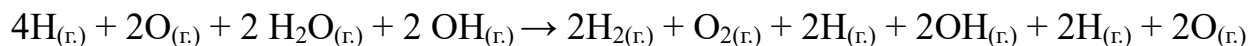
$$Q = cm(T_{\text{кип}} - T_0) = 4.184 \cdot 2000 \cdot (100 - 20) = 669440 \text{ Дж}$$

Время в секундах найдем, используя теплоту  $Q_0$ , выделяющуюся в секунду, не забыв учесть, что только 90% теплоты идет на нагрев воды.

$$Q = 0.9Q_0 t$$

$$t = Q/0.9Q_0 = 669440 / (0.9 \cdot 7.20) = 103309 \text{ с} = \mathbf{28.7 \text{ ч}}$$

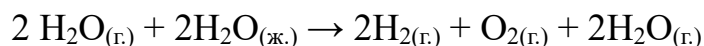
4. Сложим удвоенную обратную реакцию (1), одну реакцию (2), удвоенную реакцию (3) и удвоенную обратную реакцию (4):



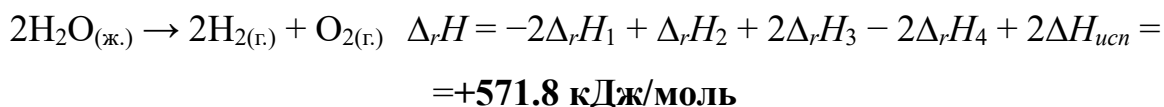
После сокращений:



Разложению подвергается жидкая вода, поэтому добавим дважды «реакцию» испарения воды ( $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж.})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{г.})}$ ):



После сокращений:



5. Каждую секунду распадается  $1.424 \cdot 10^{-11}$  моль плутония, значит, образуется такое же количество гелия.

За час выделится  $n(\text{He}) = 1.424 \cdot 10^{-11} \text{ моль} \cdot 3600 = 5.13 \cdot 10^{-8} \text{ моль}$  гелия.

Каждый час  $7.2 \cdot 0.9 \cdot 3600 = 23328$  Дж теплоты идёт на испарение воды, значит, испарится  $23328/44000 = 0.53$  моль воды.

Наконец, каждый час  $7.2 \cdot 0.03 \cdot 3600 = 777.6$  Дж идёт на радиолиз воды. На разложение 2 моль воды требуется 571800 Дж, значит, количество разложившейся воды за час составит:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 777.6 \cdot 2 / 571800 = 2.72 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Значит, выделится:

$$n(\text{H}_2) = 2.72 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \text{ водорода;}$$

$$n(\text{O}_2) = 0.5 \cdot 2.72 \cdot 10^{-3} = 1.36 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \text{ кислорода.}$$

**Система оценивания:**

1	Верное заполнение пропусков – <b>1.5 балла</b> (за каждое неверно заполненное «...» - минус 0.5 балла, в сумме не менее 0 б.)	<b>1.5 балла</b>
2	Расчет теплоты за секунду – <b>4 баллов</b> (Верно рассчитан объём, но дальнейшие значения неверны – 0.5 балла; Верно рассчитана масса, но дальнейшие значения неверны – 1 балл; Верно рассчитано количество Pu в цилиндре, но дальнейшие значения неверны – 2 балла; Верно рассчитано число атомов, распадающихся в секунду, но дальнейшие значения неверны – 2.5 балла; Верно рассчитано число моль Pu, распадающегося в секунду, но значение теплоты неверно – 3 балла Все иные случаи – 0 баллов)	<b>4 баллов</b>
3	Верный расчет времени – <b>1.5 балла</b> (Верный расчёт для неверного значения из п.1 – 1.5 балла Верно рассчитано количество необходимой для нагрева теплоты, но неверно рассчитано время – 1 балл Все иные случаи – 0 баллов)	<b>1.5 балла</b>

4	<p>Верный расчёт энтальпии реакции – <b>4 балла</b>  (Верное итоговое выражение и арифметическая ошибка – 3 балла,  Верное выражение для реакции с газообразной H<sub>2</sub>O, но в дальнейшем не учтено испарение воды – 2 балла  Расчет проведен для реакции с коэффициентом 1 перед H<sub>2</sub>O – ещё минус 1 балл;  Все иные случаи – 0 баллов)</p>	<b>4 балла</b>
5	<p>Верный расчет количества гелия – <b>1 балл</b>  Верный расчет количества паров воды – <b>1 балл</b>  Верный расчет количества водорода и кислорода – <b>по 1 баллу</b>  (Если какое-либо количество не пересчитано с 1 с на 1 ч и ответ отличается в 3600 раз от верного – минус 1 балл за каждый такой случай;  Если рассчитано количество теплоты, идущей на процесс испарения или радиолиза, но не рассчитано количество соответствующего вещества – половина от возможного количества баллов)</p>	<b>4 балла</b>
<b>ИТОГО: 15 баллов</b>		

**Решение задачи 9-2 (авторы: Чумерин Д.С., Прасолов П.В.)**

1) Найдем молярную массу газа **С**:

$$M(\text{C}) = \rho \cdot V_m = 1.964 \frac{\text{г}}{\text{л}} \cdot 22.4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} \approx 44 \frac{\text{г}}{\text{моль}},$$

что соответствует оксиду углерода(IV), оксиду азота(I) или пропану. Далее этот газ поглощается раствором гидроксида бария и даёт с ним осадок. Можно сделать вывод о том, что газ **С** – оксид углерода(IV) (или углекислый газ). Таким образом, в состав соединения **А** входит карбонат-ион. Количество можем определить исходя из массы осадка карбоната бария:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{BaCO}_3)}{M(\text{BaCO}_3)} = \frac{5.920 \text{ г}}{197.34 \text{ г/моль}} = 0.030 \text{ моль}$$

После охлаждения газовой смеси до комнатной температуры масса уменьшилась на 0.27 г. Можно предположить, что изменение массы – масса воды. Найдем количество сконденсировавшейся воды

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.270 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0.015 \text{ моль}$$

Найдем массовую долю металла **Х** в соединении **А**

$$\omega(\mathbf{X}) = \frac{m(\mathbf{X})}{m(\mathbf{A})} \cdot 100 \% = \frac{9.324 \text{ г}}{11.634 \text{ г}} \cdot 100 \% = 80.14 \%$$

Найдем количество кислорода в соединении **A**

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}) = 2 \cdot 0.015 \text{ моль} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0.030 \text{ г}$$

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{C}) = 0.03 \text{ моль} \cdot 12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0.360 \text{ г}$$

$$\begin{aligned} m(\text{O}) &= m(\mathbf{A}) - m(\mathbf{X}) - m(\text{H}) - m(\text{C}) = \\ &= 11.634 - 9.324 \text{ г} - 0.030 \text{ г} - 0.360 \text{ г} = 1.92 \text{ г} \end{aligned}$$

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{1.92 \text{ г}}{16 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0.12 \text{ моль}$$

Для соединения **A** состава  $\mathbf{X}_x\text{H}_y\text{C}_z\text{O}_p$  найдем соотношение водорода, углерода и кислорода

$$y : z : p = n(\text{H}) : n(\text{C}) : n(\text{O}) = 0.03 : 0.03 : 0.12 = 1 : 1 : 4$$

Найдем молярную массу металла **X**, предварительно вычислив массовую долю кислорода в соединении **A**.

$$\omega(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{m(\mathbf{A})} \cdot 100 \% = \frac{1.92 \text{ г}}{11.625 \text{ г}} \cdot 100 \% = 16.516 \%$$

Молярная масса соединения **A** в общем виде через кислород

$$M(\mathbf{A}) = \frac{16 \cdot 4k}{0.16516} = 387.5 \cdot k$$

Молярная масса соединения **A** в общем виде через металл

$$M(\mathbf{A}) = \frac{A_r(\mathbf{X}) \cdot x}{0.8013}$$

где  $x$  – число атомов металла **X** в соединении **A**

Объединим два полученных уравнения

$$\frac{A_r(\mathbf{X}) \cdot x}{0.8013} = 387.5k \Rightarrow A_r(\mathbf{X}) = \frac{387.5k \cdot 0.8013}{x} = \frac{310.5k}{x}$$

$x \backslash k$	1	2	3
1	310.5		
2	155.25		
3	103.5	<b>207</b>	
4	77.625	155.25	232.875

Перебирая варианты, подходящим получается вариант при  $k = 2$  и  $x = 3$ . Следовательно, металл **X** – свинец (Pb).

Определим состав соединения **A** ( $\text{Pb}_x\text{H}_y\text{C}_z\text{O}_p$ ).

$$x : y : z : p = 3 : 2 : 2 : 8 \quad \text{Pb}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$$

Другой метод рассуждений, также позволит получить правильный ответ. Мы определили соотношение углерода, кислорода и водорода 1:4:1, что может соответствовать анионам  $(\text{OH})(\text{CO}_3)$ , т.е. состав **A** может быть  $\text{M}^{\text{I}}_3(\text{OH})(\text{CO}_3)$ ,  $\text{M}^{\text{II}}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$  или  $\text{M}^{\text{III}}(\text{OH})(\text{CO}_3)$ . Вычисли молярную массу **M**:

$$A_r(\text{M}^{\text{I}}) = \frac{m(\text{X})}{n(\text{C}) \cdot 3} = \frac{9.315\text{г}}{0.03\text{моль} \cdot 3} = 103.5 \text{ г/моль}$$

$$A_r(\text{M}^{\text{II}}) = \frac{m(\text{X})}{n(\text{C}) \cdot 1.5} = \frac{9.315\text{г}}{0.03\text{моль} \cdot 1.5} = 207 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{Pb}$$

$$A_r(\text{M}^{\text{III}}) = \frac{m(\text{X})}{n(\text{C})} = \frac{9.315\text{г}}{0.03\text{моль}} = 310.5 \text{ г/моль}$$

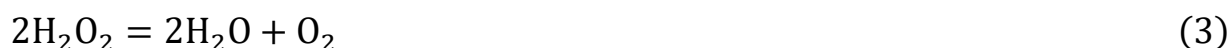
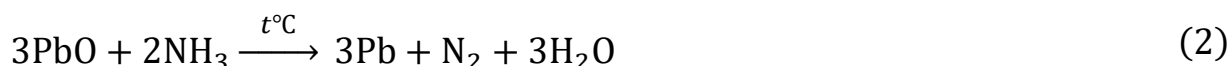
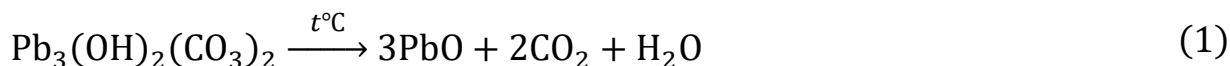
Найдем молярную массу **G**, используя уравнение Менделеева-Клапейрона.

$$M(\text{G}) = \frac{RT}{p} \rho(\text{G}) = \frac{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298 \text{ К}}{99.7 \text{ кПа}} \cdot 2.578 \frac{\text{г}}{\text{л}} \approx 64 \text{ г/моль}$$

Следовательно, **G** – сернистый газ ( $\text{SO}_2$ ), а **L** – сульфид свинца.

Исходя из описания, можно предположить, что вещество **D** – пероксид водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Следовательно, **E** – вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) и **F** – кислород ( $\text{O}_2$ ). А при «реставрации» происходит окисление сульфида.

2) Запишем уравнения описанных реакций:



3) Потемнение красок обусловлено образованием черного сульфида свинца(II) ( $\text{PbS}$ ) под действием малых, но всегда присутствующих в воздухе, концентраций сероводорода.

Запишем уравнение реакции.



При действии на сульфид свинца(II) пероксидом водорода образуется

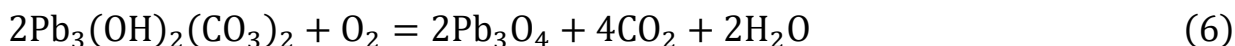
сульфат свинца(II) (PbSO<sub>4</sub>) – соединение белого цвета, что «восстанавливает» исходную окраску свинцовых белил.

Запишем уравнение реакции.



4) При прокаливании на воздухе Pb<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub> свинец окисляется кислородом до свинцового сурика – оксида свинца(II,IV) (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>).

Запишем уравнение реакции.



5) Вещество, отвечающее за жёлтую окраску, реагирует с перекисью водорода как и сульфид свинца. Можно предположить, что соединение **К** – сульфид другого металла. В общем виде сульфид можно записать как M<sub>2</sub>S<sub>n</sub>.

Найдем относительную атомную массу металла.

$$\begin{aligned} \omega(\text{S}) &= \frac{A_r(\text{S}) \cdot n}{M_r(\text{K})} \Rightarrow A_r(\text{S}) \cdot n = M_r(\text{K}) \cdot \omega(\text{S}) \\ &= (2A_r(\text{Me}) + A_r(\text{S}) \cdot n) \cdot 0.22222 \end{aligned}$$

Преобразуем полученное уравнение.

$$A_r(\text{S}) \cdot n = (2A_r(\text{Me}) + A_r(\text{S}) \cdot n) \cdot 0.22222$$

$$32n = (2A_r(\text{Me}) + 32n) \cdot 0.22222$$

$$0,44444A_r(\text{Me}) = 24.88896n$$

$$A_r(\text{Me}) = 56n$$

Перебирая варианты, подходящим получается вариант при  $n = 2$ . Следовательно, металл – кадмий (Cd). Вариант с железом не подходит, так как в таком случае формула соединения **К** должна была бы быть Fe<sub>2</sub>S.

Следовательно, соединение **К** – сульфид кадмия (CdS).

**Система оценивания:**

1	За соединения <b>A – G</b> и <b>L</b> по 1 баллу <i>при отсутствии обоснования – 0 баллов</i>	8 баллов
2	Уравнения <b>1 - 3</b> – по 1 баллу	3 балла
3	Реакции <b>4</b> и <b>5</b> по 1 баллу	2 балла
4	Верно написано равнение химической реакции	1 балл
5	Верно определено соединение <b>К</b> .	1 балл
	<b>ИТОГО</b>	<b>15 баллов</b>

### Решение задачи 9-3 (автор: Серяков С.А.)

1. Вещества **X1** и **Y1** газообразные, а продукты их окисления азотной кислотой являются кислородсодержащими кислотами, поскольку титруются щёлочью. Можно предположить, что элементы, входящие в состав **X1** и **Y1** являются неметаллами. Судя по схеме 3, жидким продуктом реакции с азотной кислотой является вода **B** = H<sub>2</sub>O, а газообразным **B** = NO<sub>2</sub>. Следовательно **X1** и **Y1** содержит водород, поскольку одним из продуктов их сжигания является вода. Речь идёт о водородных соединениях неметаллов (значит **A** = H<sub>2</sub>), зашифрованных в качестве **X1** и **Y1**. Оценим интервал молярных масс для **X1** и **Y1** из плотности смеси:  $M_{\text{смеси}} = \rho \cdot 22.4 \approx 34$  г/моль, это значит, что по крайней мере один из элементов имеет атомную массу менее 34 и образует газообразное при н.у. водородное соединение. Такими неметаллами являются: В, С, N, F, Si, Р, S. Азот и фтор не дают твердого остатка при нагревании водородных соединений. Различные продукты окисления (как по агрегатному состоянию, так и по составу) азотной кислотой и сжигания на воздухе среди оставшихся элементов даёт только сера, а продукт окисления азотной кислотой, способный титроваться щёлочью среди оставшихся элементов приведенного ряда даёт лишь фосфор. Вспомним что H<sub>2</sub>S и PH<sub>3</sub> имеют одинаковые молярные массы (34 г/моль) и расшифруем остальные вещества. **X1** = H<sub>2</sub>S и **Y1** = PH<sub>3</sub>, продукты их разложения **X2** = S или S<sub>8</sub>, **Y2** = P или P<sub>4</sub>. При сжигании сероводорода на воздухе образуется **X3** = SO<sub>2</sub>, а в случае фосфина **Y3** = HPO<sub>3</sub>, при окислении сероводорода азотной кислотой образуется **X4** = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, а при окислении фосфина **Y4** = H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Осадки с одинаковыми молярными массами, полученные в схеме 3 это гипс **X5** = CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O и преципитат **Y5** = CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O. По условию осадок отличается от продукта его прокаливанию, поэтому в случае соединения серы речь идёт именно о кристаллогидрате, а не о безводной соли. Соответствующие средние соли имеют состав: **X6** = CaSO<sub>4</sub> и **Y6** = Ca<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Разница в молярных массах в расчёте на один атом кальция или фосфора составляет ~9г/моль, что соответствует 6.6% от молярной массы CaSO<sub>4</sub>.

Определим количество атомов каждого типа, приходящееся на



элементарную ячейку **X7**. Позиции в серединах рёбер имеют кратность  $\frac{1}{4}$ , в центрах граней  $\frac{1}{2}$ , всего рёбер у куба 12, а граней 6, значит число «лёгких» атомов  $n = 12 \cdot \frac{1}{4} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 6$  шт. Позиции, целиком расположенные внутри ячейки имеют кратность 1, их в данной структуре 1 (в центре), а расположенные в вершинах позиции имеют кратность  $\frac{1}{8}$ , их в данной ячейке 8, значит «тяжёлых» атомов  $m = 1 \cdot 1 + 8 \cdot \frac{1}{8} = 2$  шт.  $m : n = 2 : 6 = 1 : 3$ . Т.е. состав вещества **X7** это  $\text{H}_3\text{S}$ . **X7** сохраняет сверхпроводящие свойства вплоть до 203 К под давлением около 1.5 млн. атмосфер, научный прорыв 2015 года привел к тому что буквально за 2020-2021 годы появилось несколько сообщений о достижении сверхпроводимости при комнатной температуре для различных гидридов и исследовании свойств металлического водорода при сверхвысоком давлении.

Найдём молярную массу **Y7** из плотности:  $M(\text{Y7}) = \frac{\rho RT}{p} = \frac{9.05 \cdot 8.314 \cdot 175}{101.3} = 130 \text{ г/моль}$ . Для формулы  $\text{P}_x\text{H}_y$  молярная масса равна  $31x + y = 130$ , откуда  $x = 4, y = 6$ , т.е. **Y7** =  $\text{P}_4\text{H}_6$ . Интересной особенностью **Y7** является равновесие между линейной и разветвлённой формами.

<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>	<b>X6</b>	<b>X7</b>
$\text{H}_2\text{S}$	<b>S</b> или $\text{S}_8$	$\text{SO}_2$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_4$	$\text{H}_3\text{S}$
<b>Y1</b>	<b>Y2</b>	<b>Y3</b>	<b>Y4</b>	<b>Y5</b>	<b>Y6</b>	<b>Y7</b>
$\text{PH}_3$	<b>P</b> или $\text{P}_4$	$\text{HPO}_3$	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$	$\text{P}_4\text{H}_6$

2. Наковальни для синтеза при сверхвысоком давлении изготавливают из алмаза.

#### Система оценивания:

<b>1</b>	Вещества <b>X1-X7</b> и <b>Y1-Y7</b> по 1 баллу	<b>14 баллов</b>
<b>2</b>	Указан алмаз в качестве материала наковальни	<b>1 балл</b>
	<b>ИТОГО</b>	<b>15 баллов</b>

### Решение задачи 9-4 (автор: Седов И.А.)

1. Хорошо известно, что металлы вступают в реакцию с кислотами с образованием газов. Образование трех разных газов, состоящих из одной и той же пары элементов, говорит в пользу того, что речь идет об азотной кислоте  $\text{HNO}_3$  (**Y**) и оксидах азота –  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$  и  $\text{N}_2\text{O}$  ( $\text{N}_2\text{O}_3$  в описанных условиях разлагается).

2. Запишем уравнения реакций произвольного металла **M** с азотной кислотой с образованием каждого из трех газов:



Во всех трех опытах использовалось одинаковое количество металла, а значит, должна принимать одинаковые значения следующая величина (количество эквивалентов металла):

$$nv(M) = v(\text{NO}_2) + 3v(\text{NO}) + 8v(\text{N}_2\text{O}) = \frac{1}{46}m(\text{NO}_2) + \frac{3}{30}m(\text{NO}) + \frac{8}{44}m(\text{N}_2\text{O})$$

Теперь можно определить, под какой буквой скрывается каждый из газов. Заметим, что масса газа **B** сильно меняется (по сравнению с другими двумя газами) от второго эксперимента к третьему. Значит, ему соответствует минимальный коэффициент в вышеприведенной сумме, т.е. **B** –  $\text{NO}_2$ . Чтобы определить **A** и **C**, вычислим значения  $nv(M)$  для обоих вариантов отнесения:

1) **A** –  $\text{N}_2\text{O}$ , **C** –  $\text{NO}$ :

	$\frac{1}{46}m(\text{NO}_2) + \frac{3}{30}m(\text{NO}) + \frac{8}{44}m(\text{N}_2\text{O})$ , ммоль
Эксперимент 1	31.6
Эксперимент 2	31.8
Эксперимент 3	31.6

2) **A** –  $\text{NO}$ , **C** –  $\text{N}_2\text{O}$ :

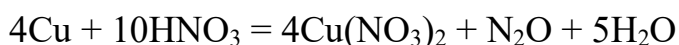
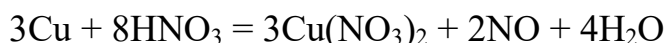
	$\frac{1}{46}m(\text{NO}_2) + \frac{3}{30}m(\text{NO}) + \frac{8}{44}m(\text{N}_2\text{O})$ , ммоль
Эксперимент 1	45.6
Эксперимент 2	50.5
Эксперимент 3	48.3

Очевидно, что результаты сходятся лучше в первом случае. Таким образом, **A** – N<sub>2</sub>O, **C** – NO.

3. Как известно, концентрированная азотная кислота преимущественно восстанавливается до NO<sub>2</sub>, а с понижением ее концентрации выход NO<sub>2</sub> падает. Поэтому эксперимент 3 соответствует минимальному количеству воды, а эксперимент 2 – максимальному.

4. Из вышеприведенной таблицы следует, что было взято примерно 31.7 ммоль эквивалентов металла. Это соответствует молярной массе эквивалента  $1000 / 31.7 = 31.55$  г/моль, что ближе всего к эквиваленту меди при  $n = 2$  (31.77 г/моль).

**Уравнения реакций:**



5. Эти газы – азот N<sub>2</sub> и водород H<sub>2</sub>.

**Система оценивания:**

<b>1</b>	За каждый элемент – 1 балл За формулу Y – 1 балл	<b>3 балла</b>
<b>2</b>	По 2 балла за каждую формулу <b>A</b> , <b>B</b> и <b>C</b> при наличии расчёта Без расчёта – 1 балл	<b>6 баллов</b>
<b>3</b>	Выбор опыта с минимальным и максимальным содержанием воды	<b>1 балл</b>
<b>4</b>	Определение металла – 1 балл Уравнения реакций (1 – 3) по 1 баллу	<b>4 балла</b>
<b>5</b>	Газы <b>D</b> и <b>E</b> по 0.5 балла	<b>1 балл</b>
	<b>ИТОГО</b>	<b>15 баллов</b>

### Решение задачи 9-5 (автор: Дмитриев Д.Н., Яшкин С.Н.)

1. Газ Д с запахом «тухлых яиц» - сероводород ( $H_2S$ );

Продуктами сгорания сероводорода на воздухе являются эквимольные количества воды  $H_2O$  (Ж) и сернистого газа  $SO_2$  (З) ( $M_r(\text{Ж}) < M_r(\text{З})$ );

Так как вещество Б при гидролизе (пахнет на воздухе веществом Д) образует сероводород (Д) и вещество Б бинарное, то Б – сульфид;

р-ция 5:  $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2H_2O + 2SO_2$ ;

$$M_{r(\text{mix})}(\text{Д}) = M_r(H_2O) \cdot N(H_2O) + M_r(SO_2) \cdot N(SO_2) = 18 \cdot 0.5 + 64 \cdot 0.5 = 41 \text{ г/моль};$$

$n(\text{газ. продуктов}) = 2$  моль, тогда для реакции 6

$$M_{r(\text{mix})}(\text{Б}) = 1.398 \cdot M_{r(\text{mix})}(\text{Д}) = 57.318 \text{ г/моль};$$

$n(\text{газ. продуктов}) = 3$  моль, тогда возможны два случая:

1)  $N(SO_2) = 1/3$ , тогда  $64/3 + M_r(\text{И}) \cdot 2/3 = 57.318$ ;  $M_r(\text{И}) = 54$  г/моль;

2)  $N(SO_2) = 2/3$ , тогда  $64 \cdot 2/3 + M_r(\text{И})/3 = 57.318$ ;  $M_r(\text{И}) = 44$  г/моль.

Информация о строении аналогичном строению Б (неполярное) и его молекулярной массе равной 44 г/моль, позволяет сказать, что И –  $CO_2$ .

Тогда Б -  $CS_2$ , так имеет неполярное строение и в реакции 6  $n(SO_2):n(CO_2) = 2:1$ .

Найдём отношение молекулярных масс Б и А:

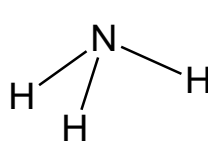
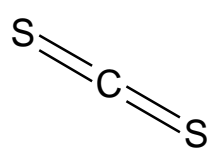
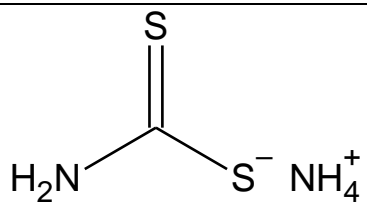
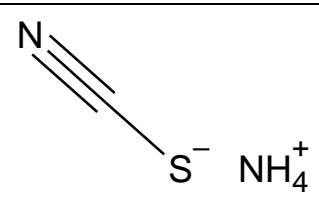
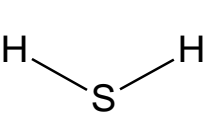
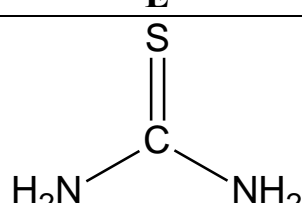
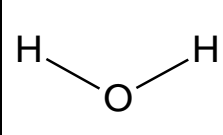
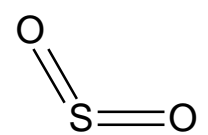
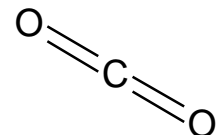
$M_r(\text{В})/M_r(\text{А}) = 6,4706$ ,  $M_r(\text{В})/M_r(\text{Б}) = 1,4474$ , откуда  $M_r(\text{Б})/M_r(\text{А}) = 4,4706$ ;  
 $M_r(\text{А}) = M_r(\text{Б})/4,4706 = 76/4,4706 = 17$  г/моль. Низкая температура кипения и молекулярная масса указывают на аммиак. А- $NH_3$ .

$$M_r(\text{В})/M_r(\text{А}) = 6,4706, M_r(\text{В}) = 6,4706 \cdot 17 = 110 \text{ г/моль}.$$

Определим состав вещества В. Пусть на образование 1 моль В (реакция 2) расходуется x моль А и y моль Б, тогда  $17 \cdot x + 76 \cdot y = 110$ . При x=2 и y=1 равенство выполняется. Следовательно, состав вещества В можно записать как  $(NH_3)_2(CS_2)$ .

Поскольку при разложении В образуется эквимольная смесь веществ Г и Д, то очевидно, что состав Г и Е -  $N_2H_4CS$ . Этому составу соответствует роданид аммония ( $NH_4SCN$ , Г, ионное соединение) и тиомочевина (вещество молекулярного строения  $(NH_2)_2CS$ , Е).

Итого: **А** – NH<sub>3</sub>; **Б** – CS<sub>2</sub>; **В** – NH<sub>2</sub>CS<sub>2</sub>NH<sub>4</sub>; **Г** – NH<sub>4</sub>SCN; **Д** – H<sub>2</sub>S; **Е** – CS(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>; **Ж** – H<sub>2</sub>O; **З** – SO<sub>2</sub>; **И** – CO<sub>2</sub>.

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	
				
<b>Д</b>	<b>Е</b>	<b>Ж</b>	<b>З</b>	<b>И</b>
				

**2. Уравнение реакций 1-6:**

- 1)  $4\text{NH}_3 + 2\text{CS}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{CS}_2\text{NH}_4 + \text{NH}_4\text{SCN} + \text{H}_2\text{S}$ ;
- 2)  $2\text{NH}_3 + \text{CS}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{CS}_2\text{NH}_4$ ;
- 3)  $\text{NH}_2\text{CS}_2\text{NH}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{SCN} + \text{H}_2\text{S}$ ;
- 4)  $\text{NH}_4\text{SCN} \rightleftharpoons \text{CS}(\text{NH}_2)_2$ ;
- 5)  $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$ ;
- 6)  $\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2$

**Система оценивания:**

<b>1</b>	Структурные формулы веществ <b>А-И</b> – по 1 баллу <i>при указании лишь брутто-формулы по 0.5 баллов</i>	<b>9 баллов</b>
<b>2</b>	Уравнения реакций <b>1-6</b> по 1 баллу	<b>6 баллов</b>
<b>ИТОГО</b>		<b>15 баллов</b>

## ДЛЯ ЖЮРИ

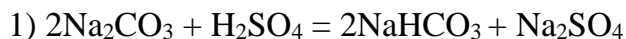
### Решение (авторы: Филатова Е.А., Фурлетов А.А.)

1. Заполним таблицу:

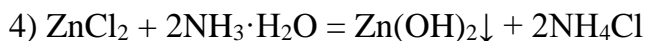
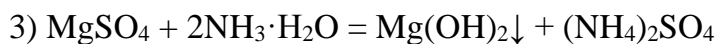
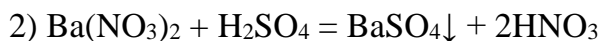
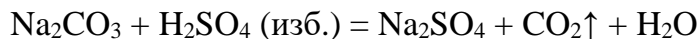
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	MgSO <sub>4</sub>	ZnCl <sub>2</sub>	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	—	↑	—	—	↓
NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	—	—	—	↓	↓*	—
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	↑	—	—	↓ (+↑)	↓ (+↑)	↓
MgSO <sub>4</sub>	—	↓	↓ (+↑)	—	—	↓
ZnCl <sub>2</sub>	—	↓*	↓ (+↑)	—	—	—
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↓	—	↓	↓	—	—

Примечание: ↓ — выпадение осадка, ↓\* — выпадение осадка, растворимого в избытке одного из реагентов, ↑ — выделение газообразных веществ, «—» — отсутствие аналитических признаков (химическая реакция при этом может идти).

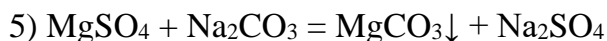
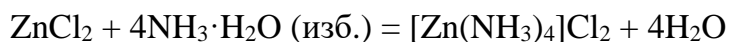
2. Уравнения реакций (принимается любой из вариантов, разделенных «или»):



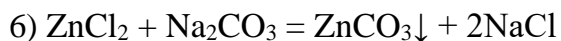
*или*



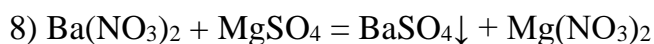
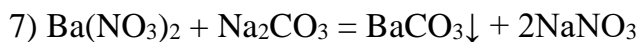
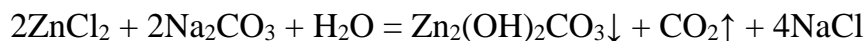
*или*



*или*



*или*



3. Существует несколько вариантов решения этой задачи. Ниже приведен один из возможных.

1) Смочим полоски универсальной индикаторной бумаги каждым из выданных растворов. При контакте с раствором  $H_2SO_4$  универсальная индикаторная бумага окрасится в красный цвет, что позволяет однозначно идентифицировать это соединение. При контакте с растворами  $NH_3 \cdot H_2O$  и  $Na_2CO_3$  универсальная индикаторная бумага окрасится в синий цвет.

2) В две чистые пробирки перенесем небольшое количество растворов, в которых универсальная индикаторная бумага окрашивалась в синий цвет (растворы  $NH_3 \cdot H_2O$  и  $Na_2CO_3$ ). Добавим к ним раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ . В пробирке, в которой нет видимых изменений, находится  $NH_3 \cdot H_2O$ . Это же соединение можно идентифицировать по характерному запаху. В пробирке, в которой при добавлении серной кислоты наблюдается выделение газа без цвета и запаха, находится  $Na_2CO_3$ .

3) Осталось идентифицировать растворы  $MgSO_4$ ,  $ZnCl_2$  и  $Ba(NO_3)_2$ . В три чистые пробирки перенесем небольшое количество соответствующих растворов, после чего по каплям добавим к ним  $NH_3 \cdot H_2O$ . В пробирке, в которой нет видимых изменений, находится  $Ba(NO_3)_2$ . В пробирке, в которой образуется белый осадок, **не растворяющийся** в избытке  $NH_3 \cdot H_2O$ , находится  $MgSO_4$ . В пробирке, в которой образуется белый осадок, **растворяющийся** в избытке  $NH_3 \cdot H_2O$ , находится  $ZnCl_2$ .

### Система оценивания

1. Заполнение таблицы — 30 ячеек по 0.2 б (ячейки по главной диагонали таблицы не оцениваются)	6 баллов
2. Уравнения реакций — 8 уравнений по 0.5 б (если неверно уравнены — по 0.25 б)	4 балла
3. Идентификация веществ — 6 веществ по 2.5 б	15 баллов
<b>ИТОГО</b>	<b>25 баллов</b>

В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива, долив реактива производится 1 раз (в 1 соответствующую склянку) без штрафа, в последующих случаях — со штрафом 1 балл. Таким образом, если необходим долив  $n$  склянок, штраф составляет  $(n-1)$  баллов, но не более 4 баллов.