

9 класс

Ответы и решения

(всего 100 баллов)

Тестовое задание (10 баллов – по 1 за каждый правильный ответ)

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	1	1	1	4	2	1	4	3	3	2

Решение заданий:

Задание 1 (10,5 балла)

(допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

а) Эти элементы – сера (+6, -2), железо (+3 (или +6, +8), 0), серебро (+1, 0), золото (+3, 0), медь (+2, 0), платина (+2 (или +4, +6), 0), ртуть (+2, 0), олово (+4, 0) и сурьма (+5, -2). Все они кроме серы, металлы и все легко узнаваемы по характерным для них превращениям, либо по степеням окисления, характерным только для их положения в Периодической системе.

За каждый элемент и степени окисления — 0,5 балла

- б) 1.  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  
 2.  $2\text{FeCl}_3 + 2\text{KI} \rightarrow 2\text{FeCl}_2 + 2\text{KCl} + \text{I}_2$ ;  
 3.  $\text{AgNO}_3 + \text{KCl} \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{KNO}_3$ ; 1  
 4.  $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (голубой);  
 5.  $\text{SnCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{SnCl}_4$ ;  
 6.  $\text{Sb}_2\text{O}_3 + 4\text{HNO}_3 (\text{конц.}) + (x-2)\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sb}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}_2$

За каждое уравнение (или отнесение к нему элемента) — 1 балл

Задание 2 (9,5 балла)

- а)  $\omega(\text{HNO}_3) = 0,03 \text{ г} : 1000 \text{ г} = 3 \cdot 10^{-5}$  или  $3 \cdot 10^{-3} \%$   
 $c = n / V$ ;  $n(\text{HNO}_3) = m / M = 0,03 \text{ г} / 63 \text{ г/моль} = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$   
 $c = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль} / 1 \text{ дм}^3 = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль/ дм}^3$  (3 балла)
- б)  $m(\text{р-ра}) = V(\text{р-ра}) \cdot \rho(\text{р-ра}) = 75000000 \text{ см}^3 \cdot 1 \text{ г/см}^3 = 75000000 \text{ г}$ ;  
 $m(\text{HNO}_3) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega = 75000 \text{ кг} \cdot 3 \cdot 10^{-5} = 2,25 \text{ кг}$  (2 балла)
- в)  $2\text{HNO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   
 $n(\text{HNO}_3) = 2250 \text{ г} : 63 = 35,7 \text{ моль}$ ;  $n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 17,86 \text{ моль}$ ;  
 $m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 17,86 \text{ моль} \cdot 74 \text{ г/моль} = 1322 \text{ г}$ ;  
 $m(\text{р-ра}) = 1322 \text{ г} : 0,05 = 26433 \text{ г}$ ;  
 $V(\text{р-ра}) = 26433 \text{ см}^3$  или  $26,4 \text{ дм}^3$ . (4,5 балла)

**Задание 3 (11 баллов)**

- а) Обозначим формулу фторида  $\text{ЭF}_6$ .  
Имеем  $\omega(\text{F}) = 6 \cdot 19 / (M(\text{Э}) + 6 \cdot 19)$ ;  
 $0,465 = 114 / (M(\text{Э}) + 114)$ ;  $M(\text{Э}) = (114 - 53,01) / 0,456$ ;  $M(\text{Э}) = 131$   
г/моль; Элемент – Хе.  
Формула фторида –  $\text{XeF}_6$  (4 балла).
- б) Обозначим формулу продукта разложения  $\text{XeF}_n$ .  
Имеем  $\omega(\text{F}) = n \cdot 19 / (131 + 19n)$ ;  
 $0,367 = n \cdot 19 / (131 + 19n)$ ;  $n = 4$ .  
Формула второго фторида –  $\text{XeF}_4$  (4 балла).
- в) При разложении  $\text{XeF}_6$  выделяется свободный фтор;  
 $\text{XeF}_6 = \text{XeF}_4 + \text{F}_2$  (2 балла).
- г) Атомный номер ксенона и число протонов в атоме 54. Значит, число нейтронов равно  $140 - 54 = 86$ . (1 балл).

**Задание 4 (10 баллов)**

(Допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

- $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{KNO}_3 + 4\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 3\text{KNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   
в-ль      о-ль
- $3\text{H}_2\text{S} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$   
в-ль      о-ль
- $6\text{KI} + 4\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow 3\text{I}_2\downarrow + \text{S}\downarrow + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$   
в-ль      о-ль
- $4\text{Mg} + 10\text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow 4\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$   
в-ль      о-ль
- $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2\uparrow$   
в-ль                      о-ль

В каждом уравнении по 1 баллу за верную расстановку коэффициентов (любым способом) и по 0,5 балла за:

- правильно определенное вещество
- указанные окислитель и восстановитель.

**Задание 5 (19 баллов)**

- а)  $m(\text{A}) = V(\text{A}) \cdot \rho(\text{A}) = 1,82 \cdot 1,703 = 3,1$  г;  
 $n(\text{A}) = N(\text{A}) / N_A = 1,505 \cdot 10^{22} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,025$  моль;  $M(\text{A}) = m(\text{A})$   
 $/ n(\text{A}) = 3,1 / 0,025 = 124$  г/моль. (2 балла)

Молекула вещества А может иметь состав  $X_k$ , где  $k$  — число атомов химического элемента X в молекуле А.

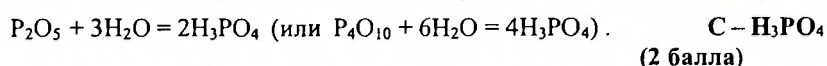
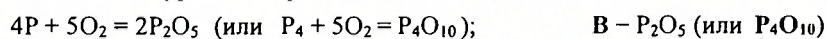
При  $k = 1$  получаем, что  $M(X) = 124$  г/моль. Элемент с такой молярной массой не существует.

При  $k = 2$   $M(X) = 124 / 2 = 62$  г/моль. Элемент с такой молярной массой не существует.

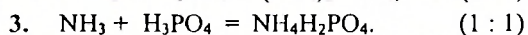
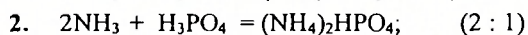
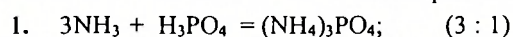
При  $k = 3$   $M(X) = 124 / 3 = 41,3$  г/моль. Элемент с такой молярной массой не существует.

При  $k = 4$   $M(X) = 124 / 4 = 31$  г/моль. Это соответствует элементу фосфору, вещество  $P_4$ . (4 балла)

б) Составляем уравнения реакций:



в) При взаимодействии  $NH_3$  и  $H_3PO_4$  могут образоваться три разные соли, в зависимости от количественного соотношения реагентов:



Чтобы установить формулы веществ D и E, рассчитаем химические количества  $H_3PO_4$  и  $NH_3$ :

$$\omega(NH_3) = 3,584 / 22,4 = 0,16 \text{ моль;}$$

$$\text{и } n(H_3PO_4) = n(P_4) \cdot 4 = 0,025 \cdot 4 = 0,1 \text{ моль.}$$

Соотношение химических количеств реагентов (1,6 : 1) промежуточное между уравнениями 2 и 3.

Следовательно, D и E —  $NH_4H_2PO_4$  и  $(NH_4)_2HPO_4$ ; (5 баллов)

г) Масса аммиака равна  $0,16 \cdot 17 = 2,72$  г, масса фосфорной кислоты  $0,1 \cdot 98 = 9,8$  г, масса раствора  $H_3PO_4$ :  $9,8 / 0,2 = 49$  г.

Масса образовавшегося раствора составит  $49 + 2,72 = 51,72$  г.

Химические количества и массы солей:

$$n(NH_4H_2PO_4) = n(NH_3) = 0,16 \text{ моль; } m(NH_4H_2PO_4) = 0,16 \cdot 115 = 18,4 \text{ г.}$$

$$n((NH_4)_2HPO_4) = 0,5n(NH_3) = 0,08 \text{ моль; } m((NH_4)_2HPO_4) = 0,08 \cdot 132 = 10,56 \text{ г.}$$

Массовые доли веществ в образовавшемся растворе:

$$\omega(NH_4H_2PO_4) = 18,4 / 51,72 = 0,3558 \text{ или } 35,58 \%$$

$$\omega((NH_4)_2HPO_4) = 10,56 / 51,72 = 0,2042 \text{ или } 20,42 \% \quad (6 \text{ баллов})$$

#### Мысленный эксперимент

#### РЕШЕНИЕ( 30 баллов)

а) План (в любом виде) — 10 баллов

(Возможны разные варианты определения)

Например:

К пробам сухих веществ добавим каждый из растворов:

	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ba(OH) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>
H <sub>2</sub> O	Р.	Р.	Р.	Р.	Н.
HNO <sub>3</sub>	—	—	— нейтр.	↑CO <sub>2</sub>	↑CO <sub>2</sub>

Раствор, при добавлении которого происходило выделение газа, является азотной кислотой, следовательно, вторая жидкость – вода.

Пробы, в которых выделялся газ – карбонаты.

Вещество, не растворившееся в воде – карбонат кальция, значит, второе вещество, дающее газ с азотной кислотой – карбонат натрия.

К оставшимся трем пробам растворов добавим карбонат натрия:

	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ba(OH) <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	—	—	↓ белый

Проба с выпавшим белым осадком – гидроксид бария. Его добавляем к оставшимся двум пробам растворов:

	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Ba(OH) <sub>2</sub>	—	↓ белый

Проба с выпавшим белым осадком – гидроксид бария, оставшийся – хлорид натрия.

**б) Уравнения реакций – 20 баллов**

Молекулярная форма – 2 балла; ионная форма (1 балл); признак реакции (может быть указан в плане) – 1 балл.

- $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HNO}_3 = 2\text{NaNO}_3 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CaCO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   
 $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{BaCO}_3\downarrow + 2\text{NaOH}$   
 $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{BaCO}_3\downarrow \text{ белый}$
- $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaOH}$   
 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4\downarrow \text{ белый}$

Если приведено *большее (меньшее)* число уравнений реакций, ПОЗВОЛЯЮЩИХ определить данный набор веществ согласно предложенному участником плану, то максимальный балл (**20 баллов**) РАСПРЕДЕЛЯЕТСЯ пропорционально в соответствии с разбалловкой на это число уравнений.

10 класс

Ответы и решения  
(всего 100 баллов)

Тестовое задание (10 баллов – по 1 за каждый правильный ответ)

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	б	а	в	г	в	б	а	г	г	в

Решение заданий:

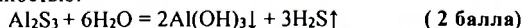
Задание 1 (10 баллов)

- $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  (при нагревании)
- $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  (при нагревании)
- $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$  (электролиз)
- $2\text{NaCl}_{(\text{тв})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}\uparrow$  (при нагревании)  
или  $\text{NaCl}_{(\text{тв})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}\uparrow$  (при нагревании)
- $2\text{KMnO}_4 = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2\uparrow$  (при нагревании)
- $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CH}_4\uparrow$
- $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2\uparrow$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (при нагревании)
- $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2\uparrow$  (при нагревании)

За каждое уравнение реакции — 1 балл

Задание 2 (8 баллов)

Сульфид меди (II) в воде не растворяется, гидролизу не подвергается. Сульфид алюминия гидролизуеться полностью:



Рассчитаем химическое количество  $\text{H}_2\text{S}$ :

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 2,04 / 34 = 0,06 \text{ моль.} \quad (1 \text{ балл})$$

Следовательно,  $n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0,06 / 3 = 0,02 \text{ моль.}$

$$m(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0,02 \cdot 150 = 3,0 \text{ г.} \quad (2 \text{ балла})$$

Отфильтрованный и высушенный осадок состоит из сульфида меди(II) и гидроксида алюминия:

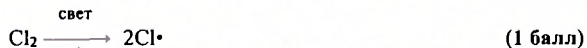
$$m(\text{CuS}) = 5,0 - 3,0 = 2,0 \text{ г,} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,04 \cdot 78 = 3,12 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

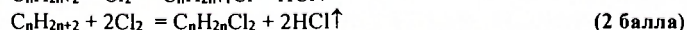
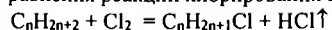
$$\text{Масса осадка равна: } 3,12 + 2,0 = 5,12 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Задание 3 (10 баллов)

- Реакция хлорирования алканов протекает по радикальному механизму, первой стадией которого является распад молекулы хлора на атомы под действием квантов света:



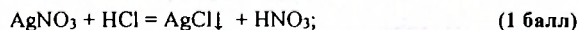
- Уравнения реакций хлорирования алкана:



Пусть при этом образовалось  $3x$  моль монохлорпроизводного алкана и  $x$  моль дихлорпроизводного алкана. Общее количество алкана, которое вступило в реакцию, при этом будет равно  $4x$  моль, а количество вещества хлороводорода составит  $5x$  моль.

(1 балл)

При пропускании оставшихся газов через избыток раствора нитрата серебра(I) выпадет осадок:



То, что при этом часть газа не поглотилось, говорит о том, что в смеси присутствует алкан, не вступивший в реакцию с хлором.

Определим количество вещества оставшегося алкана и химическое количество хлорида серебра (I):

$$n(C_nH_{2n+2})_{ост} = V/V_m = 0,224/22,4 = 0,01 \text{ моль}$$

$$n(AgCl) = m/M = 57,4/143,5 = 0,4 \text{ моль}; \quad (2 \text{ балл})$$

$$n(HCl) = 0,4 \text{ моль}; \quad 5x = 0,4 \text{ моль}; \quad x = 0,08 \text{ моль}; \quad n(C_nH_{2n+2})_{пр} = 0,08 \cdot 4 = 0,32 \text{ моль}$$

$$n(C_nH_{2n+2})_{общ} = 0,32 + 0,01 = 0,33 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

Молярная масса алкана:

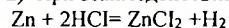
$$M = m/n; \quad M = 14,52/0,33 = 44 \text{ г/моль};$$

$$14n+2=44; \quad n=3; \quad C_3H_8 \text{ -- пропан} \quad (1 \text{ балл})$$

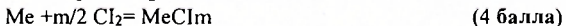
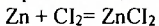
**Задание 4 (16 баллов)**

1) По условию задачи, масса хлоридов, образующихся при обработке смеси металлов хлором, больше массы хлоридов, образующихся при обработке этой же смеси металлов соляной кислотой. Так как цинк в соединениях проявляет постоянную степень окисления +2, и образует в обеих реакциях один и тот же хлорид  $ZnCl_2$ , то масса хлорида цинка в обеих реакциях будет одинаковой. Следовательно, второй металл обладает переменной степенью окисления и при действии хлора протекает более глубокое окисление с образованием соли металла с более высокой степенью окисления (так как хлор является более сильным окислителем, чем протон  $H^+$  в реакции с соляной кислотой). (3 балла)

2) При взаимодействии с соляной кислотой:



При взаимодействии с хлором:



3) Рассчитаем массу хлорида цинка в смеси:

$$m(ZnCl_2) = 0,1 \cdot 136 = 13,6 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Тогда масса хлорида неизвестного металла, полученного при обработке смеси металлов соляной кислотой равна:

$$23,1 - 13,6 = 9,5 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Поскольку цинк в обеих реакциях образует хлорид одной и той же массы, то масса хлорида второго металла, полученного при обработке смеси металлов хлором, равна:

$$26,65 - 13,6 = 13,05 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Химические количества  $MeCl_n$  и  $MeCl_m$  равны.

Тогда:

$$9,5/Ar(Me) + 35,5n = 13,05/Ar(Me) + 35,5m$$

Решая пропорцию, получаем:

$$Ar(Me) = 95m - 130,5n$$

$$\text{При } m=4 \text{ и } n=2, \quad Ar(Me) = 119$$

**Это Sn (олово) (6 баллов)**

**Задание 5 (16 баллов)**

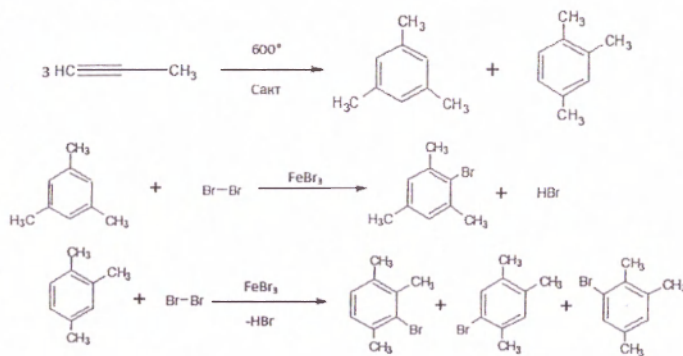
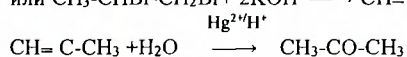
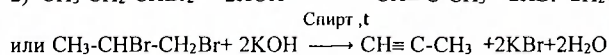
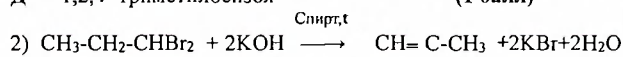
1) А —  $C_3H_6Br_2$  Изомеры:  $CH_3-CH_2-CHBr_2$  и  $CH_3-CHBr-CH_2Br$  (2 балла)

Б —  $CH_2=C(CH_3)_2$  (пропин) (1 балл)

В —  $CH_3-CO-CH_3$  (ацетон) (1 балл)

Г — 1,3,5-триметилбензол (1 балл)

Д — 1,2,4- триметилбензол (1 балл)



(10 баллов- по 2 балла за уравнение)

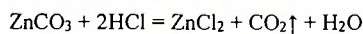
Мысленный эксперимент

РЕШЕНИЕ( 30 баллов)

Таблица- 6 баллов

	MnSO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	MgSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>	ZnCO <sub>3</sub>	ZnCl <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> O	р.	р.	р.	р.	н.	н.	р.
HCl	—	—	↑CO <sub>2</sub>	—	—	↑CO <sub>2</sub>	—
NaOH	↓ буресет	t, ↑NH <sub>3</sub>	t, ↑NH <sub>3</sub>	↓ белый	—	—	↓ белый, расте в изб.

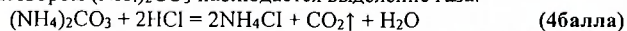
Все соли, кроме ZnCO<sub>3</sub> и BaSO<sub>4</sub> растворяются в воде. Одна из не растворившихся в воде солей растворяется в кислоте, причем при этом в пробирке наблюдается выделение газа. Протекает реакция:



Таким образом, определяются ZnCO<sub>3</sub> и BaSO<sub>4</sub>. (4 балла)

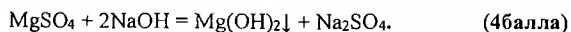
К растворам оставшихся пяти солей по очереди по каплям прибавляем кислоту. В пробирках, содержащих растворы MgSO<sub>4</sub>, MnSO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub> никаких видимых изменений не наблюдается.

В пробирке с раствором (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> наблюдается выделение газа:

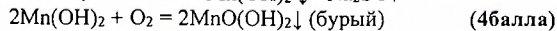
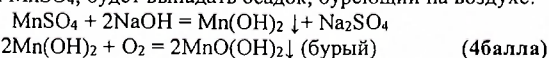


В оставшихся пробирках находятся растворы следующих солей: MgSO<sub>4</sub>, MnSO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>. В каждую по каплям добавляется щелочь, в недостатке и в избытке. Пробирки можно нагреть на водяной бане.

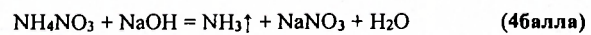
В пробирке содержащей MgSO<sub>4</sub>, будет выпадать белый осадок, не растворяющийся в избытке щелочи:



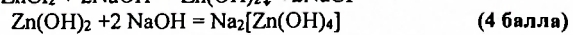
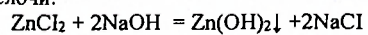
В пробирке, содержащей MnSO<sub>4</sub>, будет выпадать осадок, буряющийся на воздухе:



В пробирке, содержащей NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, будет ощущаться запах аммиака, усиливающийся при нагревании раствора:



В пробирке, содержащей  $\text{ZnCl}_2$ , будет наблюдаться выпадение белого осадка, который растворяется в избытке щелочи.



## ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

### XI КЛАСС (всего 100 баллов)

Тестовое задание (10 баллов – по 1 за каждый правильный ответ)

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	1	4	3	2	2	3	2	3	1	2

#### Решение заданий:

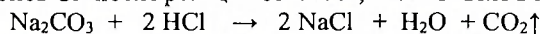
##### Задача 1 (7 баллов)

а) 1) борий **Bh**, 2) висмут **Bi**, 3) берклий **Bk**, 4) бром **Br**, 5) бериллий **Be**, 6) барий **Ba**, 7) бор **B**. 3,5 балла

б) 1) *d*, 2) *p*, 5) *f*, 2) *p*, 7) *s*, 2) *s*, 2) *p*, 3. 3,5 балла

##### Задача 2 (10 баллов)

а) Число (а значит, и количество) ионов натрия и хлора в соли одинаковое. Большее число ионов  $\text{Cl}^-$  после реакции означает, что  $\text{HCl}$  взят в избытке и остался:



$m(\text{NaCl}) = 80,75 \cdot 0,1811 = 14,624$  г,  $n(\text{NaCl}) = 14,624 : 58,5 = 0,25$  моль, в нем по 0,25 моль ионов натрия и хлора.

Пусть количество оставшегося  $\text{HCl}$  –  $x$  моль, ионов хлора в нем тоже  $x$  моль, общее количество  $\text{Cl}^-$  равно  $x + 0,25$ . Тогда  $\frac{n(\text{Cl}^-)}{n(\text{Na}^+)} = \frac{x + 0,25}{0,25} = 1,2$ ;  $x = 0,3$  моль.

Тогда в реакцию вступило  $0,25 / 2 = 0,125$  моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и образовалось 0,25 моль  $\text{CO}_2$ . Масса карбоната натрия  $0,125 \cdot 106 = 13,25$  г.

По закону сохранения массы, с учетом улетучившегося  $\text{CO}_2$ , масса которого  $0,125 \cdot 44 = 5,5$  г, масса исходного раствора составляет  $80,75 + 5,5 = 86,25$  г.

Масса соляной кислоты равна

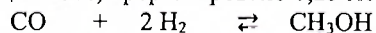
$$m(\text{исх. р-ра}) - m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 86,25 - 13,25 = 73 \text{ г.}$$

8 баллов

б) в растворе  $n(\text{HCl}) = 0,25 + 0,3 = 0,55$  моль,  $m(\text{HCl}) = 0,55 \cdot 36,5 = 20,075$  г  $\omega(\text{HCl}) = 20,075 / 86,25 = 0,232$  или 23,2 %. 2 балла

##### Задача 3 (18 баллов)

а) При 500 °С все вещества в газообразны, объем реактора постоянный. Пусть  $n(\text{CO})$  равно 1 моль, тогда  $n(\text{H}_2) = 3$  моль (из уравнения реакции следует, что  $\text{CO}$  в недостатке). Т. к. выход реакции 25%, прореагировало 0,25 моль  $\text{CO}$ :



Исходное количество	1	3	0	всего 4
Вступило/образовалось	0,25	0,5	0,25	
Количество после реакции	0,75	2,5	0,25	всего 3,5

Давление прямо пропорционально количеству молекул, оно уменьшится в  $4 / 3,5 = 1,142$  раза 7 баллов

$$б) \chi(\text{CO}) = 0,75 / 3,5 = 0,214 \quad \chi(\text{H}_2) = 2,5 / 3,5 = 0,714$$

$$\chi(\text{CH}_3\text{OH}) = 1 - 0,214 - 0,714 = 0,072 \quad 1 \text{ балл}$$

в) При 20 °С метанол – жидкость, количество смеси  $0,75 + 2,5 = 3,25$  моль.

$$\chi(\text{CO}) = 0,75 / 3,25 = 0,231 \quad \chi(\text{H}_2) = 2,5 / 3,25 = 0,769 \quad 1 \text{ балл}$$

з) Обозначим объем реактора через  $V$  дм<sup>3</sup> и найдем константу равновесия по данным из а):

Равновесные концентрации:  $[\text{CO}] = 0,75 / V$ ;  $[\text{H}_2] = 2,5 / V$ ;  $[\text{CH}_3\text{OH}] = 0,25 / V$ .

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2} = \frac{0,25 \cdot V^3}{V \cdot 0,75 \cdot 2,5^2} = 0,053 V^2$$

Пусть  $n(\text{CO})$  равно  $x$  моль, а  $n(\text{H}_2) = 1$  моль (можно наоборот, но сложнее: в расчетах выходит  $x^2$ ). Для выхода реакции 35% должно реагировать 0,35 моль CO:

	CO	+	2 H <sub>2</sub>	$\rightleftharpoons$	CH <sub>3</sub> OH
Исходное количество	$x$		1		0
Вступило/образовалось	0,175		0,35		0,175
Количество после реакции	$x - 0,175$		0,65		0,175

Равновесные концентрации:  $[\text{CO}] = (x - 0,175)/V$ ;  $[\text{H}_2] = 0,65/V$ ;  $[\text{CH}_3\text{OH}] = 0,175/V$ .

Константа равновесия сохраняет свое значение:

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2} = \frac{0,175 \cdot V^3}{V \cdot (x - 0,175) \cdot 0,65^2} = \frac{0,175 \cdot V^2}{(x - 0,175) \cdot 0,4225} = 0,053 V^2$$

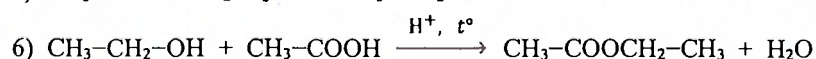
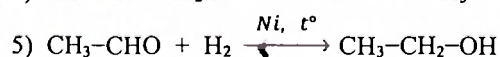
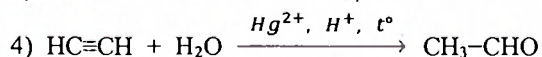
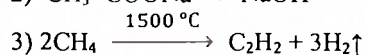
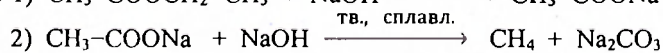
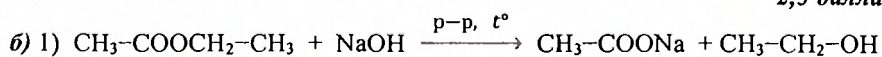
$$\frac{0,4142 \cdot V^2}{(x - 0,175)} = 0,053 V^2; \quad \frac{0,4142}{x - 0,175} = 0,053; \quad x = 7,99$$

CO и H<sub>2</sub> нужно взять в соотношении (моль) примерно 8 : 1 9 баллов

#### Задача 4 (9 баллов)

а) Например, возможны CH<sub>3</sub>-COOCH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> — этиловый эфир уксусной кислоты (или этилэтаноат), CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-COOCH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> — этиловый эфир пропионовой кислоты (этилпропаноат) и др. подходящие варианты.

2,5 балла



3 балла

в) X<sub>1</sub> — этаноат (ацетат) натрия, X<sub>2</sub> — метан, X<sub>3</sub> — этин, X<sub>4</sub> — этаналь, X<sub>5</sub> — этанол.

2,5 балла

з) 3 — разложение (крекинг), 1500 °С, 6 — этерификация ( $t^\circ$ , H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> конц.)

1 балл

**Задача 5 (16 баллов)**

а) Соединение  $C_9H_{10}O_3$  окисляется до бензойной кислоты, это указывает на то, что троповая кислота является ароматической монокарбоновой кислотой.

Заместитель в бензольном кольце троповой кислоты имеет три атома углерода, один из которых принадлежит карбоксильной группе.

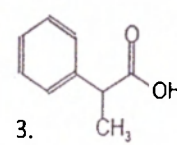
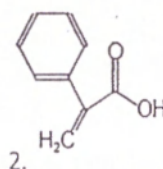
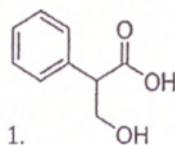
Из трёх атомов кислорода в соединении  $C_9H_{10}O_3$  два входят в состав карбоксила, а третий принадлежит спиртовому гидроксиду, так как троповая кислота при взаимодействии с бромоводородом образует бромпроизводное (В), что невозможно в случае наличия в соединении фенольного гидроксила.

При воздействии на это бромпроизводное спиртового раствора щелочи происходит дегидрогалогенирование и образуется соль ненасыщенной кислоты (С).

Следовательно, спиртовой гидроксил находится в  $\beta$ -положении по отношению к карбоксильной группе, так как именно  $\beta$ -гидроксикислоты при нагревании отщепляют воду и образуют ненасыщенные соединения.

5 баллов

Учитывая эти рассуждения, можно заключить, что троповая, атроповая и гидратроповая кислоты имеют соответственно структуры 1, 2, и 3:

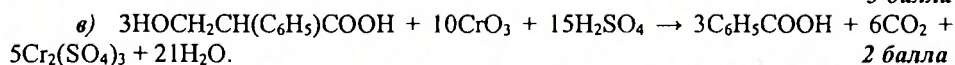


3 балла

б) Систематические названия кислот:

троповая — 3-гидрокси-2-фенилпропановая кислота, атроповая — 2-фенилпропеновая кислота, гидратроповая — 2-фенилпропановая кислота.

3 балла



2 балла

г) В троповой и гидратроповой кислотах есть асимметрический атом углерода, следовательно, молекулы этих соединений хиральны и имеют оптические изомеры. Молекула атроповой кислоты ахиральна и не имеет оптических изомеров.

3 балла

**Мысленный эксперимент (всего 30 баллов)**

а) План (в любой форме: схема, таблица или описание)

4 балла

Например,

	MnCl <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	ZnCO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
H <sub>2</sub> O	р	р	р	н	н	н	р	р
HCl								
HCl	—	—	↑	×	×	×	—	—
NaOH	↓, роз., буреет	при t° ↑, зап.	×	×	×	×	↓, бел.	↓, р-рим в изб.

Или

Из каждого бюкса берем пробы и растворяем в воде. В пробирке, где осадок и газ –  $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ .

К двум не растворившимся веществам добавляем  $\text{HCl}$ . Там, где выделился газ, находится  $\text{ZnCO}_3$ , во втором, где растворение осадка, –  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Каждый из оставшихся 5-и растворов делим на 2 части и к одной прибавляем  $\text{HCl}$ . Там, где выделился газ, находится  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .

К оставшимся 4-м пробам добавляем  $\text{NaOH}$ . По цвету осадка и его растворимости в избытке щелочи определяем  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . На водяной бане по запаху узнаем пробирку с  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

**б) Запись уравнений реакций:**

**26 баллов**

Молекулярная форма – 1 балл; ионная форма (1 балл); признак реакции (может быть указан в плане) – 1 балл.

- 1)  $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow$
- 2)  $\text{ZnCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$   
 $\text{ZnCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
- 3)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4\text{HCl} = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaCl}_2$   
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4\text{H}^+ = 3\text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{PO}_4^-$   
(или  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{HCl} = 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaCl}_2$   
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}^+ = 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca}^{2+}$ )
- 4)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$   
 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
- 5)  $\text{MnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$   
 $\text{Mn}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow$   
 $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}(\text{OH})_2$  (или  $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ )
- 6)  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3\uparrow$   
 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3\uparrow$
- 7)  $\text{MgSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$   
 $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$
- 8)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$   
 $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$   
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$   
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_6^{3-}$

Если приведено *большее (меньшее)* число уравнений реакций, ПОЗВОЛЯЮЩИХ определить данный набор веществ согласно *предложенному* участником плану, то максимальный балл (20 баллов) РАСПРЕДЕЛЯЕТСЯ пропорционально в соответствии с разбалловкой на это число уравнений.