

Заключительный этап. Теоретический тур

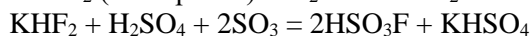
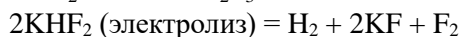
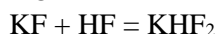
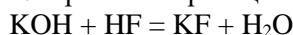
10 класс

№ 1

Единственное простое вещество, в атмосфере которого горит вода – фтор, следовательно, вещество **D** – фтор. Его получают электролизом соответствующих солей – фторидов в кислых растворах, следовательно, вещества **A-C** – фториды. Исходя из условия, вещество **A** – фторид калия, тогда **B** и **C** – продукты присоединения молекул фтороводорода к фториду калия. Логично предположить, что сначала присоединяется 1 молекула HF с образованием KHF₂, а затем вторая с образованием KH₂F₃. Итак, **B** – KHF₂, а **C** – KH₂F₃. Олеум – это раствор SO₃ в H₂SO₄. Из однокомпонентных (без добавления кислот Льюиса) кислот серы к суперкислотам относят фторсульфоновую и хлорсульфоновую. Очевидно, что **E** – фторсульфоновая кислота.

Шифр	A	B	C	D	E
Формула	KF	KHF ₂	KH ₂ F ₃	F ₂	HSO ₃ F

1. Уравнения реакций:



2. При разных условиях при горении воды в атмосфере фтора могут образовываться HF, OF₂, O₂F₂, HOF, H₂O₂, O₂, O₃.

3. Фтор обладает большой окислительной способностью, следовательно, при электролизе разбавленного раствора в первую очередь будет идти окисление кислорода из воды с образованием простого вещества, так как его сродство к электрону меньше.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|------------|
| 1. Определение веществ A – E по 1 баллу | 5 баллов |
| 2. Уравнения реакций по 0.75 балла | 3.75 балла |
| 3. Возможные продукты взаимодействия вещества D с водой | 0.75 балла |
| 4. Пояснение электролиза разбавленного водного раствора кислоты | 0.5 балла |

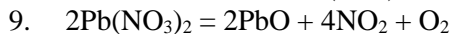
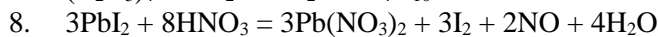
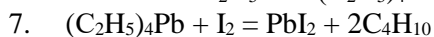
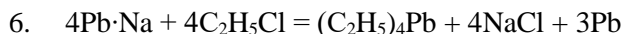
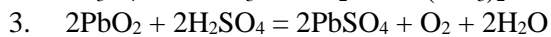
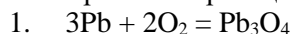
ИТОГО: 10 баллов

№ 2

1) Формулы веществ:

A	B	C	D	E	F	G	H	X
Pb ₃ O ₄	PbO ₂	PbSO ₄	Pb·Na (сплав)	(C ₂ H ₅) ₄ Pb	PbI ₂	PbO	Pb(NO ₃) ₂	Pb

2) Уравнения реакций:



3) Вещество **E** – тетраэтилсвинец (ТЭС) добавляют в качестве присадки к бензинам и керосинам для повышения октанового числа, что позволяет применять их в двигателях большей мощности.

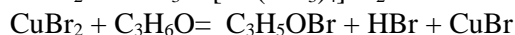
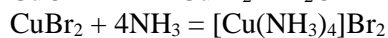
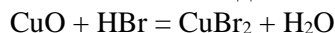
Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------|
| 1. Формулы веществ по 0.5 балла | 4.5 балла |
| 2. Уравнения реакций по 0.5 балла | 5 баллов |
| 3. Применение вещества E – 1 балл | 1 балл |

ИТОГО: 10 баллов

№ 3

Вещество **A** – CuO, **B** – HBr. Черные блестящие кристаллы **C** – это бромид меди(II), проверяем по массовым процентам. При обработке избытком аммиака получается **D** [Cu(NH₃)₄]Br₂ темно-синего цвета. Бромид меди (II), при облучении УФ-светом медленно бромует ацетон до бромацетона **F**, восстанавливаясь до белого CuBr (вещество **E**).



В **D** атом меди окружён молекулами аммиака, бромид анионы внешнесферные. При растворении бромида меди в воде будет получаться раствор голубого цвета. Атом брома в бромацетоне из-за расположения в альфа положении к кето-группе имеет высокую реакционную способность и легко гидролизуется даже следовыми количествами воды. Неорганический продукт гидролиза HBr, сильная кислота, которая раздражает слизистые оболочки.

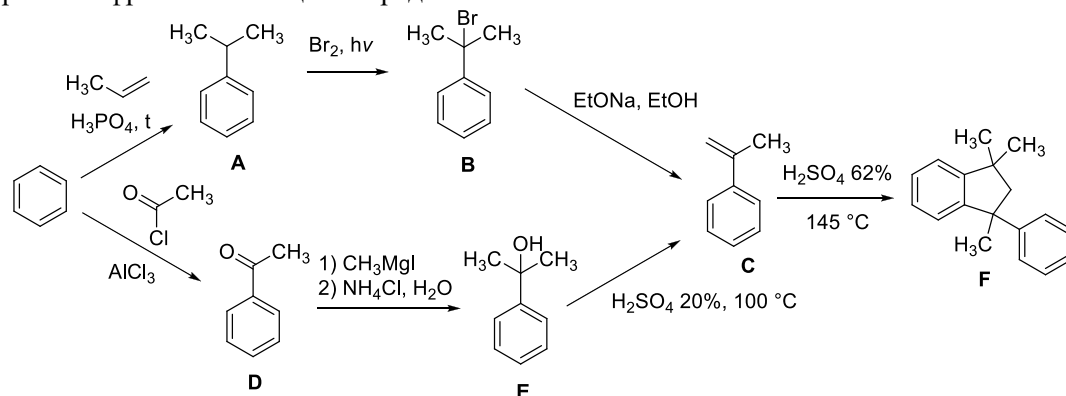
Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Определение A-F по 1 баллу | 6 баллов |
| Уравнения реакций по 0.5 балла | 1.5 балла |
| 2. Структура D 0.5 балла | 0.5 балла |
| 3. Цвет раствор бромида меди 1 балл | 1 балл |
| 4. Объяснение слезоточивое действие F (0.5 балла), структурная формула (0.5 балла) | 1 балл |
- *Если вместо кобальта приводится никель – 1 балл. Если Приведены Ni, HBr и их реакция – 1.5 балла. Дальнейшие выкладки не оцениваются*

ИТОГО: 10 баллов

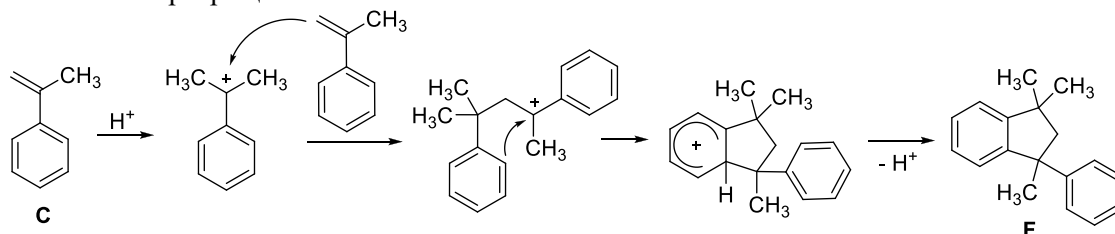
№ 4

Структуры зашифрованных веществ представлены на схеме:



Водный раствор хлорида аммония имеет слабокислую среду, он необходим для перевода магниевого алкоколята, образующегося в реакции Гриньяра, в спирт. При использовании сильной кислоты, например, соляной или серной, будет образовываться продукт отщепления воды (**C**).

Механизм превращения **C** в **F**:



Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|----------|
| 1. Структурные формулы веществ A-E – по 1 баллу | 5 баллов |
| 2. Структурная формула вещества F – 2 балла | 2 балла |
| 3. Механизм превращения C в F | 2 балла |
- *оценивается только в случае правильной формулы вещества **C***
- | | |
|---|---------|
| 4. Объяснение про хлорид аммония – 1 балл | 1 балла |
|---|---------|

ИТОГО: 10 баллов

№ 6

1). Фосфорный ангидрид – это оксид фосфора P_2O_5 (P_4O_{10}). При растворении его в воде получается ортофосфорная кислота H_3PO_4 . Исходя из условия задачи, при добавлении к ней соды – карбоната натрия – могла образоваться одна из двух кислых солей – Na_2HPO_4 и NaH_2PO_4 . Однако щелочную среду ($pH > 7$) имеет только раствор гидрофосфата натрия, так как для него гидролиз преобладает над диссоциацией. При высокой температуре происходит димеризация с отщеплением воды и образованием пиррофосфата натрия $Na_4P_2O_7$. Таким образом, вещество **X** – пиррофосфат натрия.

Определим массу пробы вещества:

$pH = -\lg[H^+]$, но среда раствора щелочная, тогда находим $pOH = 14 - pH = 5$, где $pOH = -\lg[OH^-]$ тогда, потенцируя обе части выражения по основанию 10, получаем:

$$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Ионы OH^- появляются в растворе в результате гидролиза гидрофосфата по уравнению $HPO_4^{2-} + H_2O = H_2PO_4^- + OH^-$. Запишем для этого уравнения константу гидролиза: $K_h = \frac{[OH^-][H_2PO_4^-]}{[HPO_4^{2-}]}$. Домножая на

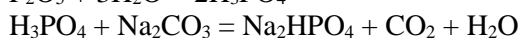
$$[H^+], \text{ получаем } K_h = \frac{K_w}{K_{d2}}, \text{ где } K_w \text{ – ионное произведение воды, } K_w = 10^{-14}$$

В выражении для константы гидролиза обозначим исходную концентрацию гидрофосфат-иона за C , тогда концентрации ионов в числителе равны между собой и равны βC , где β – степень гидролиза (отношение гидролизовавшихся ионов к общему числу ионов). Тогда значение концентрации в знаменателе равно $C(1-\beta)$. Тогда $K_h = \frac{K_w}{K_{d2}} = \frac{\beta^2 C}{1-\beta}$. Так как $\beta \rightarrow 0$, то в знаменателе будет 1, и $[OH^-] = \beta C$

$$= \sqrt{\frac{K_w}{K_{d2}}} \cdot C \text{ (Примечание: в решении допустимо не использовать данное упрощение).}$$
 Выражаем из

этого уравнения C , и подставляя значения, находим $C(Na_2HPO_4) = 6.2 \cdot 10^{-4}$ моль/л., тогда в 50 л $v(Na_2HPO_4) = 3.1 \cdot 10^{-2}$ моль. Далее ведем расчёт по уравнению реакции разложения, получается $v(Na_4P_2O_7) = 0.5 \cdot v(Na_2HPO_4) \cdot 0.86 = 1.33 \cdot 10^{-2}$ моль, откуда масса пиррофосфата равна $v(Na_4P_2O_7) \cdot M(Na_4P_2O_7) = 3,536$ г.

2). Уравнения реакций:



Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Уравнения реакций по 0.5 балла | 1.5 балла |
| 2. Определение вещества X – 2 балла. | 2 балла |
| 3. Определение концентрации гидроксид-ионов 1.5 балла | 1.5 балла |
| 4. Определение концентрации гидрофосфата натрия 2 балла | 2 балла |
| 5. Нахождение массы соли – 3 балла | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов