

### 2.1.3. Задания 11 класса

#### Задача №11-1

1. Кратчайшее расстояние соответствует половине телесной диагонали куба, следовательно, объем элементарной ячейки равен  $(2r/\sqrt{3})^3 \approx 31.18 \text{ \AA}^3$ .

$\rho = \frac{1.66 \cdot M \cdot z}{V}$ , где  $\rho$  – плотность кристаллического вещества, г/см<sup>3</sup>;  $M$  – молярная масса вещества, г/моль;  $Z$  – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке;  $V$  – объем элементарной ячейки,  $\text{Å}^3$ .

Для ОЦК  $Z = 2$ , следовательно,  $M \approx 95.9$ .  $M = \text{Mo}$ .

Описание структуры оксида говорит о том, каждый атом Мо связан с 6 атомами кислорода, причем каждый кислород “принадлежит” атому Мо на 1/2.  $A = \text{MoO}_3$ .

Присутствие только тетраэдрических ионов в структуре В – указание на то, что  $B = (\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ .

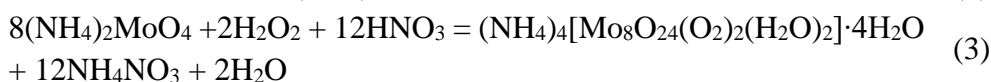
Изменение степени окисления Мо в условиях описанной реакции не происходит.

Из рисунка видно, что состав аниона можно выразить формулой  $[\text{Mo}_8\text{O}_{24}(\text{O}_2)_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{4-}$ .

Очевидно, что противоионами могут быть только катионы аммония. По данным о структуре можно определить  $M(C) = 1396$  г/моль, что соответствует формуле  $(\text{NH}_4)_4[\text{Mo}_8\text{O}_{24}(\text{O}_2)_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

2.



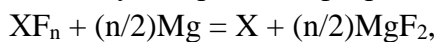


### Разбалловка

Установление металла <b>М</b> , вещества <b>С</b>	2x26.=46.
Установление формул веществ <b>А</b> и <b>В</b> , лиганда	3x16.=36.
Написание уравнений реакций (1), (2) Написание уравнений реакций (3) (без уравнивания – 1 балл, схема без участия азотной кислоты – 0 баллов)	2x0,56.=16. 26.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №11-2

1. Начнем с определения элемента X. Для получения простого вещества, образованного X, используется реакция фторида с магнием



где n – валентность элемента X.

По уравнению реакции

$$\frac{m(\text{XF}_n)}{M(\text{XF}_n)} = \frac{n}{2} \cdot \frac{m(\text{Mg})}{A(\text{Mg})} \Rightarrow M(\text{XF}_n) = \frac{2m(\text{XF}_n) \cdot A(\text{Mg})}{n \cdot m(\text{Mg})} = \frac{2 \cdot 2,35 \cdot 24}{1,2n} = \frac{94}{n}$$

При n = 1, M(XF) = 94 г/моль, A(X) = 75, мышьяк

При n = 2, M(XF<sub>2</sub>) = 47 г/моль, A(X) = 9, бериллий

При n = 3, M(XF<sub>3</sub>) = 31,3 г/моль, такого фторида не существует.

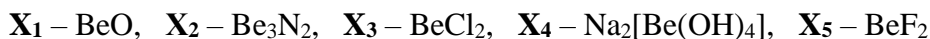
Таким образом, X – бериллий, так как соединения AsF не существует.

2. Определим минерал Y. Представим его формулу в виде (BeO)<sub>x</sub>(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>y</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>z</sub>, тогда:

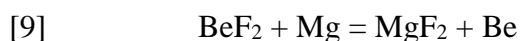
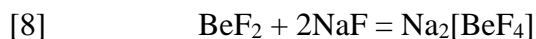
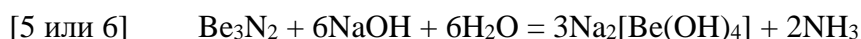
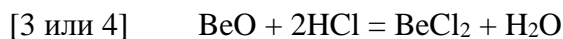
$$x : y : z = \frac{14}{25} : \frac{19}{102} : \frac{67}{60} = 0,56 : 0,186 : 1,117 = 3 : 1 : 6.$$

То есть формула минерала (BeO)<sub>3</sub>(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>1</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>6</sub> или Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub> – это минерал берилл, который используется для промышленного получения бериллия и его солей, а также в ювелирном деле в качестве драгоценных камней (изумруд – берилл с примесями железа, хрома и ванадия; аквамарин – берилл с примесью железа).

3. Формулы веществ:



3. Уравнения реакций:



### Разбалловка

Определение элемента X с расчетом (без расчета: 0,5 б)	1,5б.
Формула минерала Y	0,5б.
Название минерала Y	0,5б.
Применение минерала Y	0,5б.
Формулы веществ X <sub>1</sub> – X <sub>5</sub>	5x0,5б.=2,5б.
Уравнения реакций 1–9	9x0,5б.=4,5б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10б.</b>

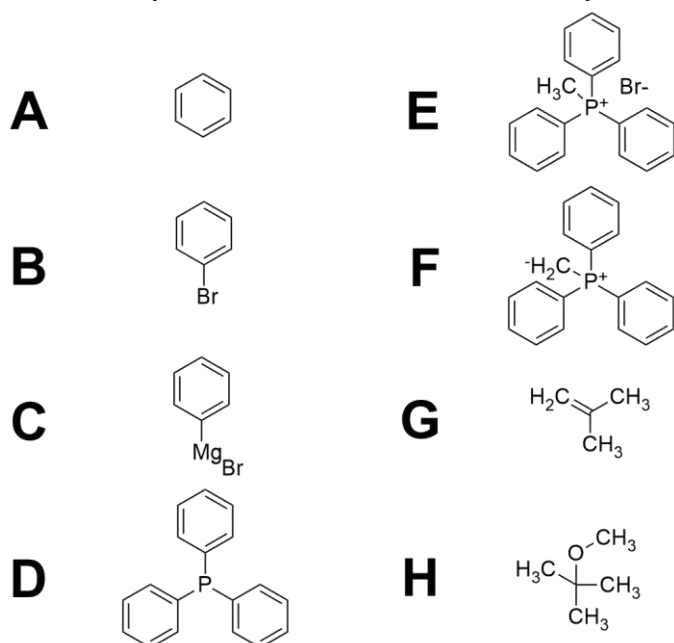
### Задача №11-3

1. Определим вещество **A** по массовым долям. На углерод приходится 92,26%, оставшимся элементом, вероятно, является водород из-за малой массовой доли.

	Углерод	Водород
Массовая доля, %	92,26	7,74
Мольная доля	7,68	7,74
Соотношение	1	1

Поскольку соотношение элементов равно 1:1, то можно подумать на ацетилен или иные ненасыщенные углеводороды. Однако в случае ненасыщенных связей не требуется наличие каких-либо катализаторов, а в условии протекания реакции указано присутствие бромида железа (3). Значит, исходное вещество является ароматическим и это бензол состава C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

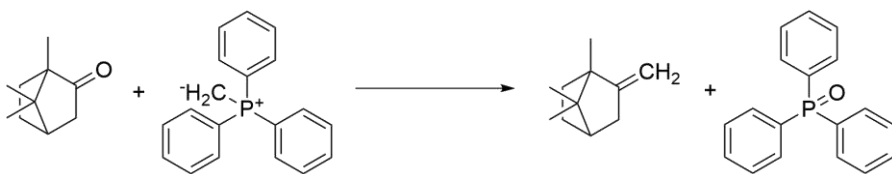
В таком случае вещества **A–H** имеют следующие формулы:



Для структуры **C** возможно представление в виде катиона и аниона. Для структуры **F** возможно представление в виде незаряженной частицы с пятивалентным атомом фосфора.

2. Вместо гидрида натрия можно использовать какое-либо иное сильное основание, например, алкиллитиевые производные (RLi), реактивы Гриньяра (RMgX), амиды (R<sub>2</sub>NNa), алкоголяты (RONa).

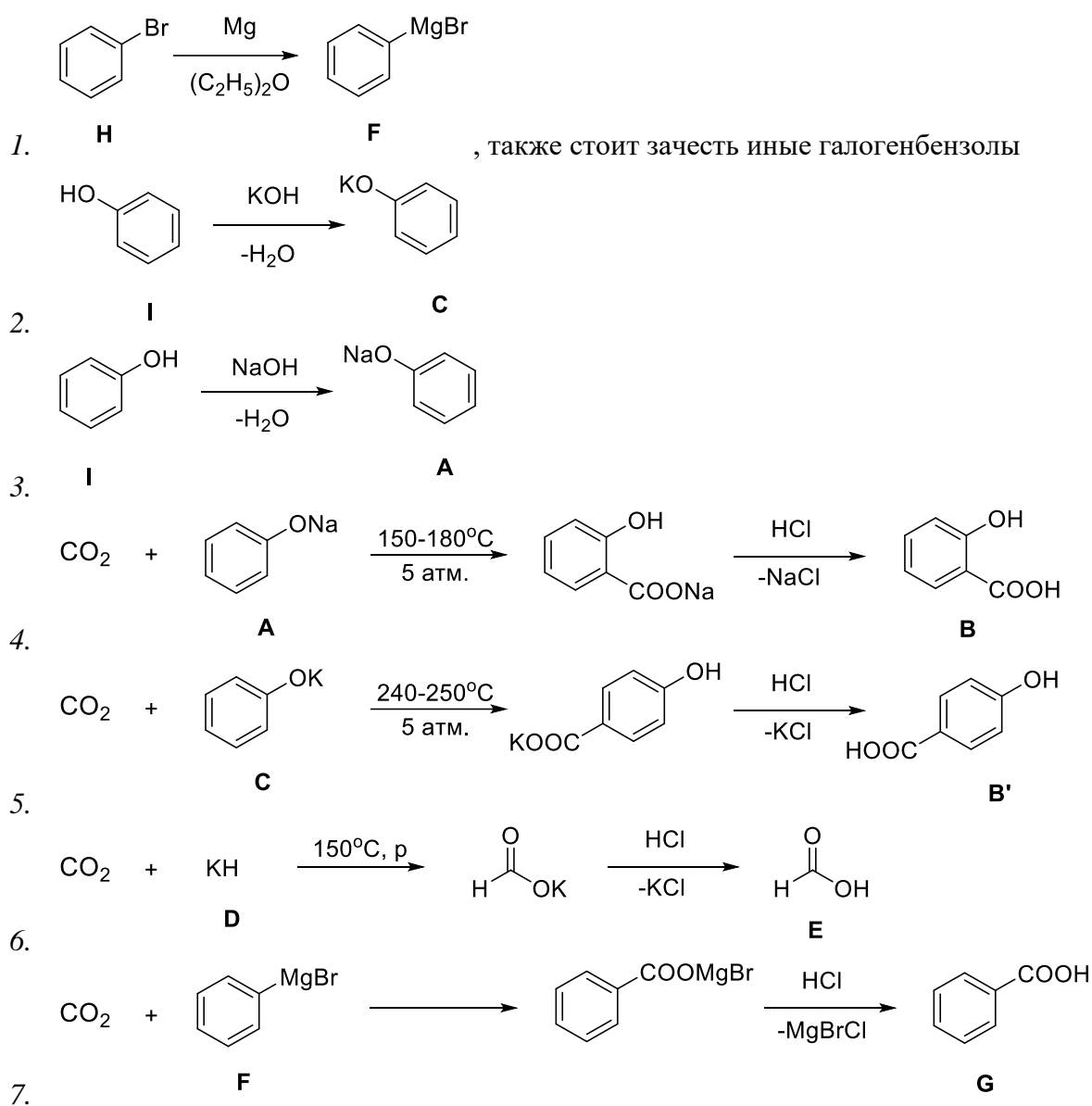
3. Уравнение реакции камфоры с реагентом Виттига:



### Разбалловка

Изображение структур веществ А–Н	8x16.=86.
Два примера оснований для превращения вещества Е в F	2x0,56.=16.
Уравнение реакции превращения камфоры под действием реагента F	16.
ИТОГО	106.

### Задача №11-4



### Разбалловка

Уравнение реакции (1)	16.
Уравнения реакций (2), (3)	2x0,56.=16.
Уравнения реакций (4)–(7) <i>(Полный балл ставят и за двухстадийную схему синтеза с указанием побочных соединений, например:</i>	4x26.=86.
$  \text{CO}_2 \xrightarrow[\text{-KCl}]{\begin{array}{l} 1. +\text{KH} (150^\circ\text{C}, \text{p}) \\ 2. \text{HCl} \end{array}} \text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}  $ <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>Е</b></p>	
<b>ИТОГО</b>	<b>106.</b>

### Задача №11-5

1) **X** –  $\text{COCl}_2$  – фосген или хлорокись углерода

**Y** –  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  – пентакарбонил железа

Фосген ранее (в Первую мировую войну) применялся как боевое отравляющее вещество.

2)  $5\text{CO} + \text{Fe} = \text{Fe}(\text{CO})_5$

$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$

3)

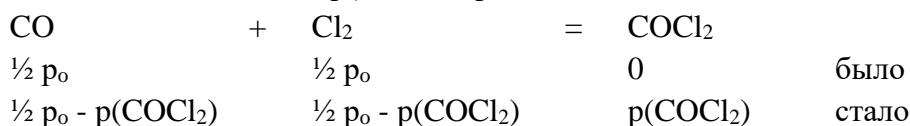
$$V = \Delta c / \Delta t \Rightarrow \Delta c = V \cdot \Delta t = 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 12.5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} = 12.5 \text{ моль/м}^3$$

Изначально  $[\text{COCl}_2] = 0 \Rightarrow \Delta c = [\text{COCl}_2]$  после 5 мин

По уравнению Менделеева-Клапейрона  $pV = nRT \Rightarrow p = RTn/V$

$$p(\text{COCl}_2) = \Delta c RT = 12.5 \cdot 8.314 \cdot 403 = 4.2 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Пусть  $p_0$  – исходное давление, то  $p(\text{Cl}_2) = 0.5p_0$



Общее давление в сосуде после реакции

$$2p_{\text{атм}} = p_0 - p(\text{COCl}_2)$$

$$2 \cdot 10^5 = p_0 - 4.2 \cdot 10^4 \Rightarrow p_0 = 2.4 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p(\text{Cl}_2) = 1/2 p_0 = \mathbf{1.2 \cdot 10^5 \text{ Па}}$$

$$C(\text{Cl}_2) = p/RT = \mathbf{0.0358 \text{ моль/л}}$$

4)  $\text{COCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{HCl}$

$\text{COCl}_2 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{COCl}_2 + 4\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4\text{Cl} + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

### Разбалловка

Формулы <b>X</b> и <b>Y</b>	1+1=26.
Применение фосгена	0,56.
Уравнения реакций	1+1=26.
Давление хлора	1,56.
Концентрация хлора	16.
Уравнения реакций	1x36.=36.
<b>ИТОГО</b>	<b>106.</b>