

### Решение задачи 1.

1. Начать решать задачу можно несколькими способами. Приведем один из них. Можно обратить внимание на массовую долю хлора в соединении **W** и вычислить массу, которая приходится на атомы хлора:  $3,0294 \cdot 0,6893 = 2,088$  г.

В остатке  $3,0294 - 2,088 = 0,9412$  г. приходится на атомы **X** и **Y**. Если предположить, что в 1 моль **W** содержится 1 моль атомов хлора, то  $Mr(\mathbf{W}) = \frac{3,0294 \cdot 35,5}{2,088} = 51,5$  г/моль.

Вычитая атом хлора, получаем:  $51,5 - 35,5 = 16$  г/моль в остатке. Учитывая, что это значение складывается из атомных масс элементов **X** и **Y** понимаем, что это могут быть только **азот** и два атома **водорода**, то есть **W** –  $\text{NH}_2\text{Cl}$ .

В таком случае должно быть, что **C** – бинарное соединение азота и водорода. В случае, если в превращении **C** в **W** количество образующегося **W** равно количеству вступающего в реакцию **C**:  $n(\mathbf{W}) = \frac{3,0294}{51,5} = 0,0588$  моль,

$$Mr(\mathbf{C}) = \frac{1,000}{0,0588} = 17 \text{ г/моль.}$$

Такая молярная масса соответствует **аммиаку** —  $\text{NH}_3$ . Таким образом, **C** —  $\text{NH}_3$ , элемент **X** — **N**, элемент **Y** — **H**. Аналогично,  $Mr(\mathbf{D}) = \frac{1,8824}{0,0588} = 32$  г/моль, что соответствует **гидразину**  $\text{N}_2\text{H}_4$ .

Далее, можно заметить, что  $m(\mathbf{H} \cdot \text{HCl}) = m(\mathbf{D}) + \frac{1}{2} m(\mathbf{W})$ , что означает, что вещества вступают в реакцию друг с другом в мольном соотношении 1 : 1 ( $\frac{0,0588}{2} = 0,0294$  моль каждое), откуда  $Mr(\mathbf{H}) = \frac{2,4559}{0,0294} - 36,5 = 47$  г/моль, что соответствует  **$\text{N}_3\text{H}_5$** . Предположив, что из 1 моль  $\text{N}_3\text{H}_5$  при разложении образуется 1 моль **I**, находим, что  $Mr(\mathbf{I}) = \frac{0,8824}{0,0294} = 30$  г/моль, что соответствует  **$\text{N}_2\text{H}_2$** .

Определим вещество **Z**. Так как оно содержит водород, азот и кислород, логично утверждать, что это какая-то из кислот, образуемых азотом. По массовой доле кислорода (68,09 %) подходит именно **азотистая кислота** —  $\text{HNO}_2$ .

Взаимодействием азотистой кислоты с гидразином получают азидоводородную кислоту  $\text{HN}_3$ , что сходится по расчетам масс  $n(\mathbf{D}) = n(\mathbf{E}) = 0,0294$  моль, что согласуется с 1,2647 г.  $\text{HN}_3$ . То есть, вещество **E** –  $\text{HN}_3$ .

Можно заметить, что  $m(\mathbf{F}) = m(\mathbf{D}) + m(\mathbf{E})$ , то есть  $2,2059 = 0,9412 + 1,2647$ , что означает, что  $\text{N}_2\text{H}_4$  с  $\text{HN}_3$  взаимодействует в мольном отношении 1 к 1. Тогда,

$Mr(F) = \frac{2,2059}{0,0294} = 75$  г/моль, что соответствует  $N_5H_5$  ( $N_2H_5N_3$ ). Оставшееся вещество **G** определяется также нетрудно: взаимодействием  $NH_3$  с  $HN_3$  получают азид аммония  $NH_4N_3$  (или же  $N_4H_4$ ), что согласуется с тем, что 0,0588 моль азид аммония — 3,5294 г. Таким образом:

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
$N_2$	$H_2$	$NH_3$	$N_2H_4$	$HN_3$	$N_5H_5$ ( $N_2H_5N_3$ )
<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>W</b>	<b>Z</b>	
$NH_4N_3$ ( $N_4H_4$ )	$N_3H_5$	$N_2H_2$	$NH_2Cl$	$HNO_2$	

2. Уравнения реакций:
- $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
  - $2NH_3 + NaOCl \rightarrow N_2H_4 + NaCl + H_2O$
  - $NH_3 + NaOCl \rightarrow NH_2Cl + NaOH$
  - $N_2H_4 + HNO_2 \rightarrow HN_3 + 2H_2O$
  - $N_2H_4 + HN_3 \rightarrow N_5H_5$  ( $N_2H_5N_3$ )
  - $N_2H_4 + NH_2Cl \rightarrow N_3H_5 \cdot HCl$
  - $NH_3 + HN_3 \rightarrow N_4H_4$  ( $NH_4N_3$ )
  - $N_3H_5 \cdot HCl \rightarrow N_2H_2 + NH_3 + HCl$ .
3. Процесс получения аммиака из водорода и азота называется процессом **Габера** (или **Боша-Габера**), процесс получения гидразина – процессом **Рашига**.

**Система оценивания:**

1. Элементы <b>X, Y</b> по 0,5 балла Вещества <b>A-I, W</b> и <b>Z</b> по 1 баллу	<b>12 баллов</b>
2. Уравнения реакций по 1 баллу	<b>8 баллов</b>
3. Названия процессов по 0,5 балла	<b>1 балл</b>
<b>ИТОГО</b>	<b>21 балл</b>

**Решение задачи 2.**

- Обратив внимание на то, что чистый металл получали с древних времён, а твердым его получили и изучили в 18 веке – делаем вывод о том, что металл при стандартных условиях не является, следовательно **М** – Hg.  
Основываясь на том, что **М** получается обжигом минерала на воздухе, получаем, что **Е** - HgS (киноварь), а **А** – HgO.  
1)  $\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2 \uparrow$   
2)  $2\text{HgS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{HgO} + 2\text{SO}_2 \uparrow$   
**Б** и **В** - минералы с ртутью одинакового элементного состава это хлориды ртути, так как из **В** получается HgO под действием щёлочи, получаем, что **В** – HgCl<sub>2</sub> (сулема), **Б** – Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (каломель, что соответствует указанной массовой доли в задаче). **Г** – [HgNH<sub>2</sub>]Cl, **Д** – Hg(CN)<sub>2</sub>. Сплавы ртути называют **амальгамами**.  
3)  $\text{HgCl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{HgO} + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$   
4)  $\text{HgCl}_2 + 2\text{NH}_3 \rightarrow [\text{HgNH}_2]\text{Cl} + \text{NH}_4\text{Cl}$   
5)  $\text{HgCl}_2 + 2\text{KCN} \rightarrow \text{Hg}(\text{CN})_2 + 2\text{KCl}$
- Сплавы – амальгамы, **Б** – каломель, **В** – сулема, **Е** – киноварь.
- Разница в цвете объясняется размером частиц, обе формы имеют одинаковую структуру — цепь линейных звеньев состава О-Hg-О соединённых под углом 108°. Размеры частиц жёлтого оксида ртути составляют до 4 мкм, красного — более 8 мкм.

**Система оценивания:**

1. Металл <b>М</b> , вещества <b>А-Е</b> по 1 баллу	<b>7 баллов</b>
2. Название сплава и минералов по 1 баллу	<b>4 балла</b>
3. Уравнения реакций <b>1-5</b> по 1 баллу	<b>5 баллов</b>
4. Приведено объяснение	<b>2 балла</b>
<b>ИТОГО</b>	<b>18 баллов</b>

### Решение задачи 3.

1. На ответ задачи могут натолкнуть характерные цвета соединений меди — черный оксид, голубые гидроксид и соли, красный оксид меди (I). Докажем нашу гипотезу расчетами. Итак, соединение **В** при итоговом разложении дает металл. Скорее всего, это бинарное соединение с кислородом (в пользу этого говорит его получение при разложении каких-то более сложных по составу ионных соединений). Тогда содержание кислорода в **В** как раз 20,12%. Примем молярную массу металла за  $x$  г/моль, а его степень окисления за  $n$  - тогда общая формула оксида будет выражаться как  $X_2O_n$ :

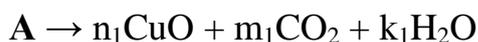
$$0,2012 = \frac{16 \cdot n}{16 \cdot n + 2x}$$

При  $n=1$ : 31,76 г/моль — S или P, неметаллы, не подходят.

При  $n=2$ : 63,52 г/моль — Cu, подходит очень хорошо.

Дальнейший перебор также не дает логичного ответа, поэтому останавливаемся на меди. Так как газ **Г** поглощается известковой водой, делаем вывод что это  $CO_2$ , а жидкость **Д** без вкуса и запаха это  $H_2O$ . Теперь очевидно, что **В** —  $CuO$ , **Г** —  $CO_2$ , **Д** —  $H_2O$ .

Тогда разложение минералов **А** и **Б** может быть представлено следующей схемой:



В расчете по процентному содержанию меди молярная масса обоих веществ выражается:

$$\frac{63,5 \cdot n}{w(Cu)} = (63,5 + 16) \cdot n + (12 + 16 \cdot 2) \cdot m + (2 + 16) \cdot k$$

Для **А** получаем:

$n=1$ :  $M(A) = 110,5$  г/моль, что недостаточно для того, чтобы содержать одновременно хотя бы по одному молю каждого из трех продуктов разложения.

$n=2$ :  $M(A) = 221$  г/моль, что соответствует 2 моль  $CuO$  и по 1 моль  $CO_2$  и  $H_2O$ .  
Состав **А** -  $2CuO \cdot CO_2 \cdot H_2O$  (или  $Cu_2(OH)_2CO_3$ )

Для **Б**:

$n=1$ :  $M(B) = 114,9$  г/моль, не подходит (аналогично **А**),

$n=2$ :  $M(A) = 229,7$  г/моль, нецелочисленная масса, хотя на медь приходится  $63,5 \cdot 2 = 127$  г/моль.

$n=3$ :  $M(A) = 344,5$  г/моль, что соответствует 3 моль  $\text{CuO}$ , 2 моль  $\text{CO}_2$  и 1 моль  $\text{H}_2\text{O}$ . Состав **Б** -  $3\text{CuO} \cdot 2\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (или  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ )

2. Вещества **В-Д** были упомянуты ранее: **В** –  $\text{CuO}$ , **Г** –  $\text{CO}_2$ , **Д** –  $\text{H}_2\text{O}$ ,  
Вещества **Ж-К**:

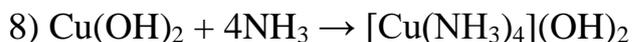
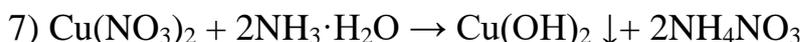
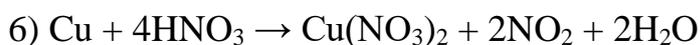
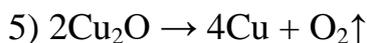
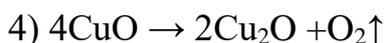
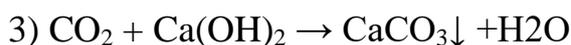
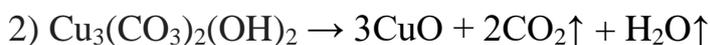
**Ж** – оксид меди меньшей степени окисления,  $\text{Cu}_2\text{O}$

**З** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  – получается растворением меди в азотной кислоте,

**И** –  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  – аморфный осадок голубого цвета,

**К** –  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  — комплекс, имеющий васильковый окрас.

3. Уравнения реакций:



**Система оценивания:**

1. Элемент **Х** 2 балла, минералы **А** и **Б** по 1 баллу **4 балла**

2. Соединения **В-К** по 1 баллу **8 баллов**

3. Уравнения реакций **1-8** по 1 баллу **8 баллов**

**ИТОГО**

**20 баллов**

**Решение задачи 4.**

1. Масса хлорида щелочного металла **A** на 1 г. металла равна 1,91 г. Следовательно, массовая доля металла равна

$$\omega(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me})}{m(\text{MeCl})} = \frac{1}{1,9} = 0,524,$$

хлора соответственно  $\omega(\text{Cl}) = 1 - \omega(\text{Me}) = 1 - 0,524 = 0,476$ , тогда молярная масса металла равна

$$M(\text{Me}) = \frac{M(\text{Cl})}{\omega(\text{Cl})} - M(\text{Cl}) = \frac{35,5}{0,476} - 35,5 = 39 \text{ г/моль.}$$

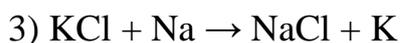
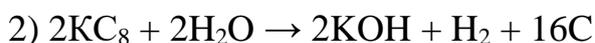
**A** = К, калий

Калий реагирует с графитом тигля, образуя соединение **X**, найдём соотношение калия к углероду в нём

$$\text{K} : \text{C} = \frac{\omega(\text{K})}{M(\text{K})} : \frac{\omega(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{28,89}{39} : \frac{71,11}{12} = 1 : 8.$$

**X** = КС<sub>8</sub>

2. Уравнения реакций описанных процессов:



3. Так как стехиометрия в соединении с неметаллом **Б** такая же, что и в **X**, то отношение углерода к неметаллу **Б** равно 1 : 8, а так как количество моль углерода равно  $n(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{1}{12} = 0,08333$  моль, то молярная масса **Б** равна

$$M(\text{Б}) = \frac{\Delta m}{n(\text{Б})} = \frac{\Delta m}{\frac{1}{8} * n(\text{C})} = \frac{8 * 0,83}{0,08333} = 79,68 \text{ г/моль.}$$

Следовательно **Б** – это Br<sub>2</sub>, а его соединение с углеродом BrC<sub>8</sub>.

**Система оценивания:**

1. Металл **A** 3 балла

2. Соединение **X** 3 балла

3. Уравнения реакций 1-3 по 2 балла 6 баллов

4. Неметалл **Б** 3 балла

**ИТОГО** **15 баллов**

**Решение задачи 5.**

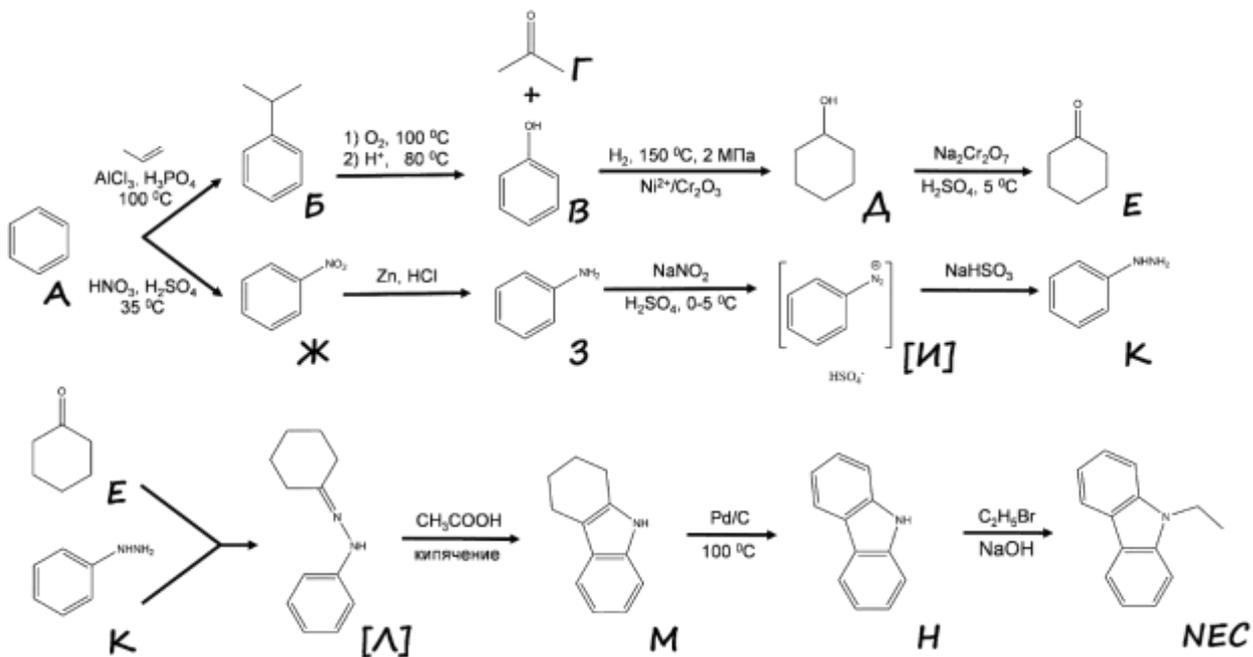
1. Массовая доля водорода и свойства **A** указывают на бензол:

$$\omega(H) = \frac{6A_r(H)}{M(C_6H_6)} = \frac{6}{78} = 0,0769.$$

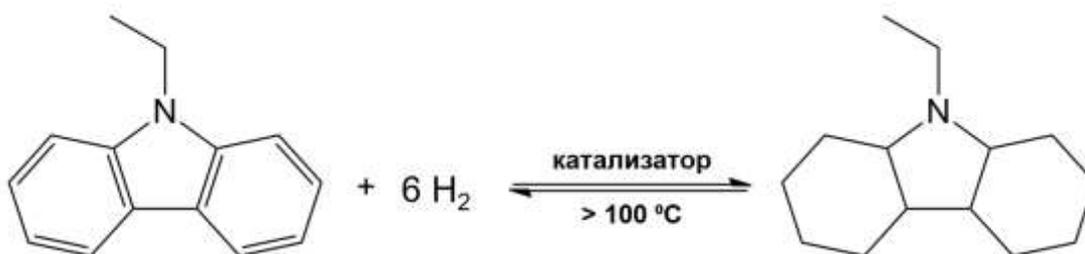
Алкилирование бензола пропиленом приводит к кумолу, а гидролиз его гидропероксида – промышленный метод получения ацетона и фенола. Гидрирование фенола ведёт к циклогексанолу, окислением которого получают циклогексанон. Нитрование бензола может привести к моно- и ди-производному. Понятно, что **Ж** – нитробензол, поскольку при восстановлении атомарным водородом получается анилин:

$$\omega(N) = \frac{A_r(N)}{M(C_6H_7N)} = \frac{14}{93} = 0,1505.$$

Действие азотистой кислоты на ароматические амины – диазотирование – приводит к соли диазония, устойчивой при охлаждении. Её восстанавливают с образованием фенилгидразина:  $\omega(N) = \frac{2A_r(N)}{M(C_6H_8N_2)} = \frac{28}{108} = 0,2593$ . Сочетание кетона с гидразином приводит к гидразону, который под действием кислоты подвергается перегруппировке с образованием гетероцикла (синтез Фишера). Полученное трициклическое соединение дегидрируют с образованием карбазола, который алкилируют этилбромидом.



Связывание водорода происходит в реакции гидрирования:



$$n(\text{NEC}) = \frac{V\rho}{M(\text{C}_{14}\text{H}_{13}\text{N})} = \frac{1000 \cdot 0,931}{195} = 4,774 \text{ моль, что соответствует}$$

$$n(\text{H}_2) = 28,644 \text{ моль, или } V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_0 = 28,644 \cdot 22,4 = 641,7 \text{ л.}$$

2. NEC – N-этилкарбазол

**Система оценивания:**

- |  |                  |
|--|------------------|
| 1. Формулы веществ А-Н, NEC по 1,5 балла | <b>25 баллов</b> |
| Расчет формулы NEC 1 балл                |                  |
| 2. Название NEC                          | <b>1 балл</b>    |

**ИТОГО: 26 баллов**