

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** – NH_2Cl .

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** — NH_3 . Таким образом, **C** — NH_3 , элемент **X** — **N**, элемент **Y** — **H**. Аналогично, $Mr(\mathbf{D}) = \frac{1,8824}{0,0588} = 32$ г/моль, что соответствует **гидразину** N_2H_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 **N_3H_5** . Предположив, что из 1 моль N_3H_5 при разложении образуется 1 моль **I**, находим, что $Mr(\mathbf{I}) = \frac{0,8824}{0,0294} = 30$ г/моль, что соответствует **N_2H_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** — HNO_2 .

Взаимодействием азотистой кислоты с гидразином получают азидоводородную кислоту HN_3 , что сходится по расчетам масс $n(\mathbf{D}) = n(\mathbf{E}) = 0,0294$ моль, что согласуется с 1,2647 г. HN_3 . То есть, вещество **E** – 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 N_2H_4 с 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:

A	B	C	D	E	F
N_2	H_2	NH_3	N_2H_4	HN_3	N_5H_5 ($N_2H_5N_3$)
G	H	I	W	Z	
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 X, Y по 0,5 балла Вещества A-I, W и Z по 1 баллу	12 баллов
2. Уравнения реакций по 1 баллу	8 баллов
3. Названия процессов по 0,5 балла	1 балл
ИТОГО	21 балл

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** – HgCl₂ (сулема), **Б** – Hg₂Cl₂ (каломель, что соответствует указанной массовой доли в задаче). **Г** – [HgNH₂]Cl, **Д** – Hg(CN)₂. 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 М , вещества А-Е по 1 баллу	7 баллов
2. Название сплава и минералов по 1 баллу	4 балла
3. Уравнения реакций 1-5 по 1 баллу	5 баллов
4. Приведено объяснение	2 балла
ИТОГО	18 баллов

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 :

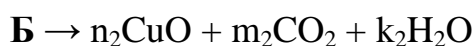
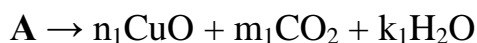
$$0,2012 = \frac{16 \cdot n}{16 \cdot n + 2x}$$

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 CuO , 2 моль CO_2 и 1 моль H_2O . 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** – CuO , **Г** – CO_2 , **Д** – H_2O ,
Вещества **Ж-К**:

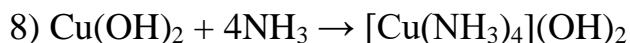
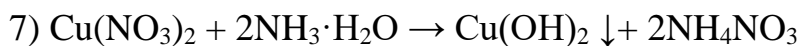
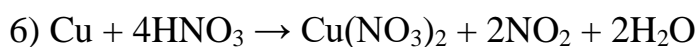
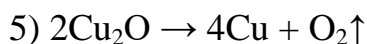
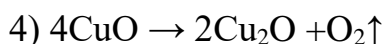
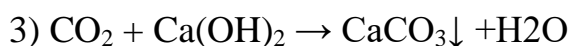
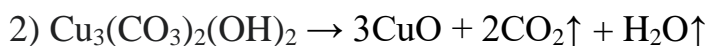
Ж – оксид меди меньшей степени окисления, Cu_2O

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

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

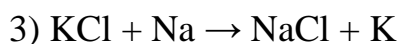
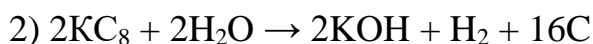
A = К, калий

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 = KC_8

2. Уравнения реакций описанных процессов:



3. Так как стехиометрия в соединении с неметаллом **B** такая же, что и в **X**, то отношение углерода к неметаллу **B** 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 **B** равна

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

Следовательно **B** – это Br_2 , а его соединение с углеродом BrC_8 .

Система оценивания:

1. Металл **A** 3 балла

2. Соединение **X** 3 балла

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

4. Неметалл **B** 3 балла

ИТОГО **15 баллов**

Решение задачи 5.

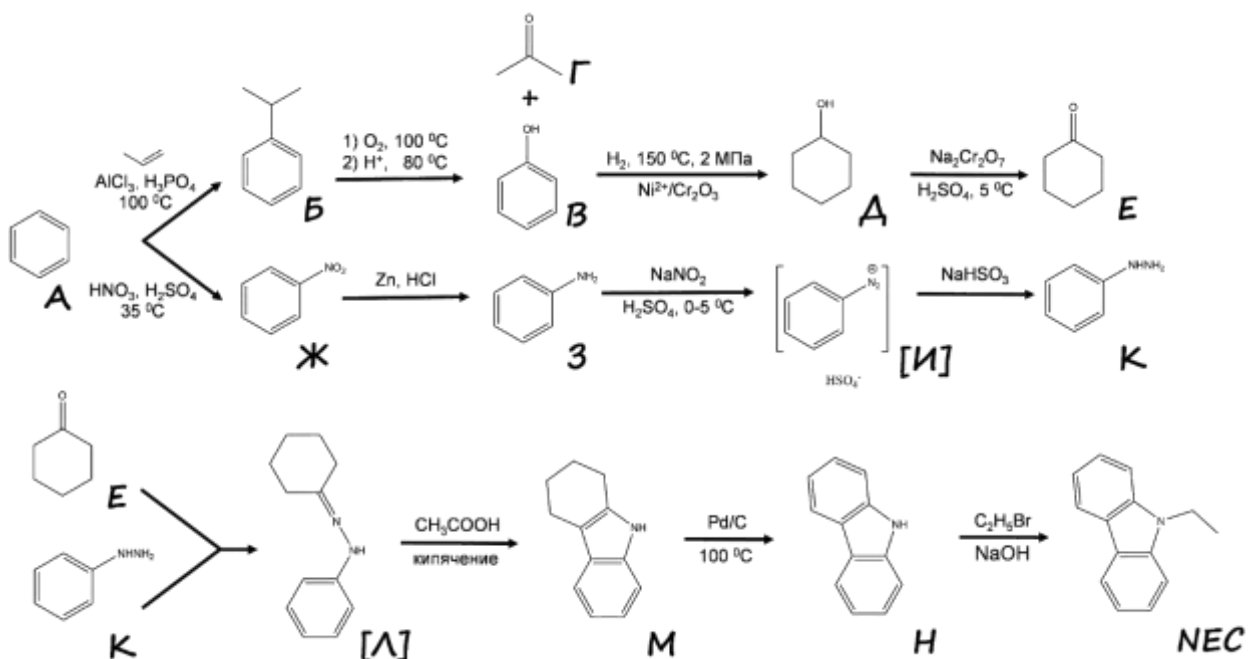
1. Массовая доля водорода и свойства **A** указывают на бензол:

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

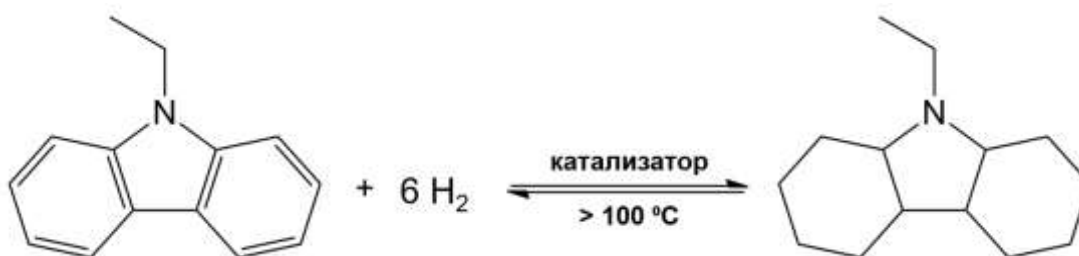
Алкилирование бензола пропиленом приводит к кумолу, а гидролиз его гидропероксида – промышленный метод получения ацетона и фенола. Гидрирование фенола ведёт к циклогексанолу, окислением которого получают циклогексанон. Нитрование бензола может привести к моно- и ди-производному. Понятно, что **Ж** – 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 | 25 баллов |
| Расчет формулы NEC 1 балл | |
| 2. Название NEC | 1 балл |

ИТОГО: 26 баллов