

**ХИМИЯ**  
**Решение 1 (заочного) этапа**  
**11 класс**

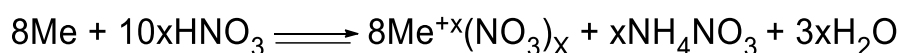
**1XI.** Голубовато-серый порошок массой 26 г растворили в кислоте и к полученному горячему раствору добавили избыток каустического поташа, при этом выделилось 2,24 л (н.у.) едкого газа, водный раствор которого может использоваться при укусах насекомых. Определите исходное вещество, составьте уравнения соответствующих химических реакций, поясните действие водного раствора при укусах насекомых. **(5 баллов)**

**Рекомендации к решению и оценке:**

1. Газ может выделяться при воздействии щёлочи на ион аммония — это газ аммиак.

2. По условию задачи выделилось 2,24 л аммиака при н.у., следовательно, в растворе могло находиться:  $2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,1 \text{ моль}$  ионов аммония.

3. Ионы аммония образуются при действии на азотную кислоту сильным восстановителем, например, активным металлом:



4. Для образования 0,1 моль ионов аммония требуется как минимум 0,8 моль одновалентного металла, следовательно, молярная масса металла составит:  $26 \text{ г} / 0,8 \text{ моль} = 32,5 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ , такого металла нет, следовательно, двухвалентного металла по уравнению реакции потребуется 0,4 моль, что составит молярную массу:  $26 \text{ г} / 0,4 \text{ моль} = 65 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ , а это металл цинк.

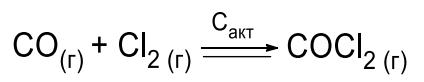
<b>Вариант решения</b>	<b>Баллы</b>
$\text{NH}_4\text{NO}_3_{(p-p)} + \text{KOH}_{(p-p)} \longrightarrow \text{NH}_3_{(г)} + \text{KNO}_3_{(p-p)} + \text{H}_2\text{O}$ или $(\text{NH}_4^+)_{(p-p)} + (\text{OH})^-_{(p-p)} \longrightarrow \text{NH}_3_{(г)} + \text{H}_2\text{O}$ <p align="right"><math>n(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_4^+) = 0,1 \text{ моль}</math></p>	<b>1</b>
$8\text{Me} + 10x\text{HNO}_3 \longrightarrow 8\text{Me}^{+x}(\text{NO}_3)_x + x\text{NH}_4\text{NO}_3 + 3x\text{H}_2\text{O}$ <p><math>n(\text{Me}^{2+}) = 4 \cdot n(\text{NH}_4^+) = 0,4 \text{ моль}; M(\text{Me}) = 26 \text{ г} / 0,4 \text{ моль} = 65 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}</math>  Zn — цинк</p>	<b>2</b>
$4\text{Zn}_{(тв)} + 10\text{HNO}_3_{(p-p)} \longrightarrow 4\text{Zn}(\text{NO}_3)_2_{(p-p)} + \text{NH}_4\text{NO}_3_{(p-p)} + 3\text{H}_2\text{O}$	<b>1</b>
Водный раствор аммиака имеет щелочную среду, следовательно, может использоваться для нейтрализации кислых токсинов при укусах насекомых (муравьи, комары, осы, пчёлы)	<b>1</b>
<b>Итого</b>	<b>5</b>

**2XI.** В закрытом сосуде объемом  $0,001 \text{ м}^3$  при температуре  $125^\circ \text{С}$  смешали равные объёмы хлора и газа, вызывающего общую гипоксию организма. Через 25 мин после введения в реакционную смесь активированного угля в системе установилось общее давление  $2,3 \times 10^5 \text{ Па}$ , а скорость образования продукта — токсичного вещества составила  $0,5 \times 10^{-3} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$ . Составьте уравнение химической реакции и определите парциальное давление хлора в исходной смеси. **(15 баллов)**

**Рекомендации к решению и оценке:**

1. Газом, вызывающим острое отравление посредством повреждения мозга, миокарда и других жизненно важных органов, может быть монооксид углерода или оксид углерода(II).

2. Угарный газ реагирует на активированном угле с хлором и при этом образуется оксид-дихлорид углерода или газ фосген по уравнению:



3. За указанный в условии задачи временной промежуток в реакционной смеси образовалось:  $25 \text{ мин} \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1} = 1,25 \times 10^{-2} \text{ моль}$  фосгена и израсходовалось такое же количество монооксида углерода и равное количество хлора; таким образом общее количество газов сократилось на  $0,0125 \text{ моль}$ .

4. В соответствии с указанными в условии задачи параметрами системы  $0,0125 \text{ моль}$  газовой смеси соответствует давление:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ ;  $p = n \cdot R \cdot T / V$ ;  $0,0125 \text{ моль} \cdot 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 398 \text{ К} / 0,001 \text{ м}^3 \approx 41362,15 \text{ Па}$

5. Если начальное давление хлора составляло  $x \text{ Па}$ , тогда начальное давление угарного газа в силу равенства параметров также составляло  $x \text{ Па}$ , а через 25 мин давление в системе составило  $230000 \text{ Па}$ , тогда:  $x = (230000 \text{ Па} + 41362,15 \text{ Па}) / 2 = 135681 \text{ Па}$ .

<b>Вариант решения</b>	<b>Баллы</b>
$\text{CO}_{(г)} + \text{Cl}_{2(г)} \xrightarrow{C_{\text{акт}}} \text{COCl}_{2(г)}$	<b>3</b>
$n(\text{COCl}_2) = 25 \text{ мин} \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1} = 1,25 \times 10^{-2} \text{ моль}$ $n(\text{Cl}_2) = n(\text{CO}) = n(\text{COCl}_2) = 1,25 \times 10^{-2} \text{ моль}$	<b>3</b>
убыль давления: $p = n \cdot R \cdot T / V = 0,0125 \text{ моль} \cdot 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 398 \text{ К} / 0,001 \text{ м}^3 \approx 41362,15 \text{ Па}$	<b>5</b>

$p(\text{Cl}) = (230000 \text{ Па} + 41362,15 \text{ Па})/2 = 135681 \text{ Па}.$	<b>4</b>
<b>Итого</b>	<b>15</b>

**3XI.** Бесцветное кристаллическое чрезвычайно токсичное вещество без запаха представляет собой химически устойчивое соединение, нерастворимое в щелочах, в кислотах и в воде. В состав данного соединения входят: С — 44,72 %, О — 9,94 %, Cl — 44,10 %. В структуре соединения имеются четыре одинаковых симметрично расположенных заместителя в родоначальной структуре, а углерод находится только в  $sp^2$ -гибридном состоянии. Составьте графическую формулу соединения, дайте ему систематическое название и приведите уравнение реакции синтеза данного вещества из 2,4,5-трихлорфенола.

**(15 баллов)**

**Рекомендации к решению и оценке:**

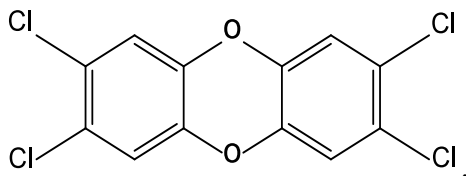
1. Приведённый в условии задачи процентный состав искомого вещества позволяет сделать вывод, что в составе соединения находится ещё один элемент — водород с массовой долей:  $100 \% - 44,72 \% - 9,94 \% - 44,1 \% = 1,24 \%.$

2. Количественное отношение элементов в молекуле искомого вещества составляет:  $n(\text{C})(44,72/12) \div n(\text{O})(9,94/16) \div n(\text{Cl})(44,1/35,5) \div n(\text{H})(1,24/1)$  или 6:1:2:2.

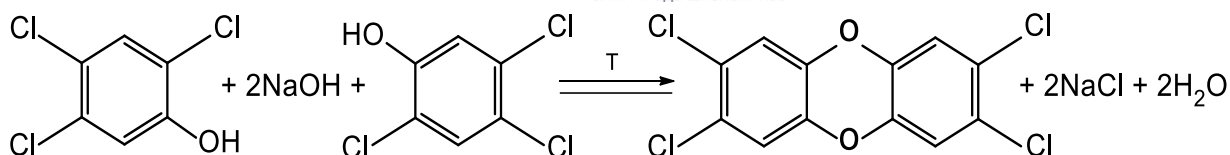
3. Четыре одинаковых симметричных ответвления однозначно могут быть образованы галогеном, следовательно, соотношение нужно удвоить: 12:2:4:4.

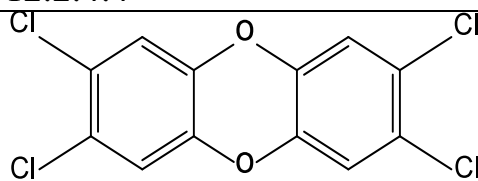
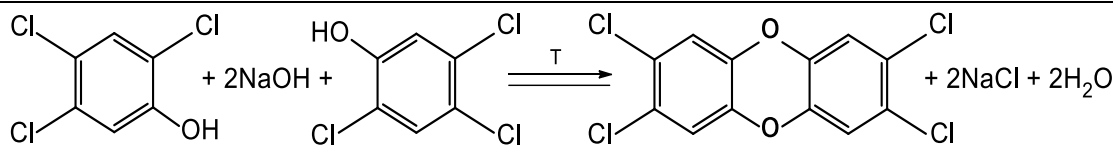
4. Так как данное соединение можно получить из 2,4,5-трихлорфенола и все углероды находятся в  $sp^2$ -гибридном состоянии, можно предположить, что молекула представляет собой конденсированную гетероциклическую систему, в которой два бензольных кольца соединены кислородными мостиками, занимающими центральное положение-5,10.

5. Графическая формула 2,3,7,8-тетрахлордибензо-1,4-диоксина:



6. Уравнение реакции получения 2,3,7,8-ТХДД из 2,4,5-трихлорфенола



<i>Вариант решения</i>	<i>Баллы</i>
$n(\text{C})(44,72/12) \div n(\text{O})(9,94/16) \div n(\text{Cl})(44,1/35,5) \div n(\text{H})(1,24/1)$ или 6:1:2:2	<b>1</b>
$n(\text{C})(44,72/12) \div n(\text{O})(9,94/16) \div n(\text{Cl})(44,1/35,5) \div n(\text{H})(1,24/1)$ или 12:2:4:4	<b>3</b>
	<b>3</b>
2,3,7,8-тетрахлордibenзо-1,4-диоксин	<b>4</b>
	<b>4</b>
<b>Итого</b>	<b>15</b>

**4XI.** При 200° С и давлении 1 атм жидкость А без цвета и без запаха, используемая при криоконсервации тканей, массой 90 г разлагается с образованием удушливого газа Е и токсичного газа Д общим объёмом 155 л, а при нагревании такой же навески вещества А до 500° С при атмосферном давлении в присутствии оксида алюминия и алюмосиликатов образуется 127 л ядовитого газа С; при внесении вещества А в горячий раствор серной кислоты выделяется газ Д, а при внесении этого же вещества в горячий раствор щёлочи выделяется Е. Определите вещества А, С, Д, Е, дайте им систематические названия и приведите уравнения химических реакций указанных в условии.

**(15 баллов)**

**Рекомендации к решению и оценке:**

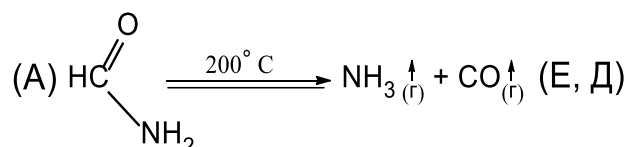
1. В соответствии с условием задачи количество образованной газовой смеси Е и Д при 200° С и атмосферном давлении составит:  $n = p \cdot V / R \cdot T = 101325 \text{ Па} \cdot 0,155 \text{ м}^3 / (8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 473 \text{ К}) \approx 4 \text{ моль}$

2. В соответствии с условием задачи количество образованного газа С при 500° С и атмосферном давлении составит:  $n = p \cdot V / R \cdot T = 101325 \text{ Па} \cdot 0,127 \text{ м}^3 / (8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 773 \text{ К}) \approx 2 \text{ моль}$

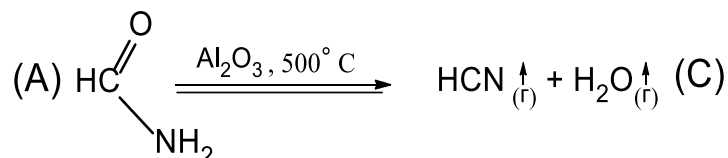
3. Из определённых количеств газов, образующихся при разложении вещества А, можно предположить, что количества газов Е и Д равны и составляют 2 моль, а количество искомого вещества А равно количеству С и составляет 2 моль, тогда молярная масса вещества А соответственно равна:  $90 \text{ г}/2 \text{ моль} = 45 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$ .

4. Удушливый газ Е, образованный действием щёлочи на исходное вещество, может представлять аммиак, тогда по молярной массе вещества А можно предположить, что токсичный газ Д представляет оксид углерода(II) и единственно возможным вариантом вещества А будет соответственно метанамид или формамид, допустимо амид муравьиной кислоты.

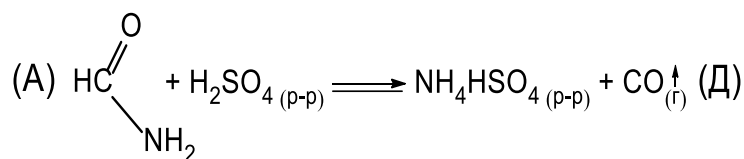
5. Разложение вещества А при  $200^\circ \text{C}$  и атмосферном давлении идёт с образованием удушливого газа Е — аммиака и токсичного газа Д — оксида углерода(II) или монооксида углерода, допустимо угарного газа:



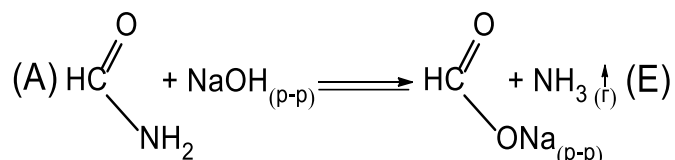
6. Разложение вещества А при  $500^\circ \text{C}$  и атмосферном давлении на оксиде алюминия даёт пары воды и крайне ядовитый газ С — циановодород:



7. Взаимодействие вещества А с раствором серной кислоты идёт с выделением токсичного газа Д — оксида углерода(II):



8. Взаимодействие вещества А с раствором щёлочи натрия идёт с выделением удушливого газа Е — аммиака:



<i>Вариант решения</i>	<i>Баллы</i>
$n(\text{Е+Д}) = p \cdot V / R \cdot T = 101325 \text{ Па} \cdot 0,155 \text{ м}^3 / (8,314 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1} \cdot 473 \text{ К})$ $\approx 4 \text{ моль}$	<b>1</b>



$n(C) = p \cdot V / R \cdot T = 101325 \text{ Па} \cdot 0,127 \text{ м}^3 / (8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 773 \text{ К}) \approx 2 \text{ моль}$	<b>1</b>
(A) $\text{HC} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NH}_2 \end{array} \xrightarrow{200^\circ \text{C}} \text{NH}_3 \uparrow_{(г)} + \text{CO} \uparrow_{(г)}$ (E, Д)	<b>4</b>
A — метанамид или формамид	<b>1</b>
(A) $\text{HC} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NH}_2 \end{array} \xrightarrow{\text{Al}_2\text{O}_3, 500^\circ \text{C}} \text{HCN} \uparrow_{(г)} + \text{H}_2\text{O} \uparrow_{(г)}$ (C)	<b>3</b>
C — цианид водорода	
C — цианид водорода или циановодород	<b>1</b>
(A) $\text{HC} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NH}_2 \end{array} + \text{H}_2\text{SO}_4_{(р-р)} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{HSO}_4_{(р-р)} + \text{CO} \uparrow_{(г)}$ (Д)	<b>1</b>
Д — оксид углерода(II) или монооксид углерода, или угарный газ	<b>1</b>
(A) $\text{HC} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NH}_2 \end{array} + \text{NaOH}_{(р-р)} \rightleftharpoons \text{HC} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{ONa}_{(р-р)} \end{array} + \text{NH}_3 \uparrow_{(г)}$ (E)	<b>1</b>
E — аммиак, допустимо нитрид водорода	<b>1</b>
<b>Итого</b>	<b>15</b>