

15. Решение расчетных задач

15.7. Нахождение молекулярной формулы органического соединения

При выведении формул веществ, особенно в органической химии, часто используют относительную плотность газа.

Относительная плотность газа X – отношение абсолютной плотности этого (неизвестного) газа к абсолютной плотности другого (известного) газа В при одинаковых условиях:

$$D(X, \text{ по газу В}) = \rho(\text{газ X}) / \rho(\text{газ В})$$

Для 1 моль газа его абсолютная плотность равна

$$\rho(\text{газ X}) = M(\text{газ}) / V_M,$$

откуда

$$\begin{aligned} D(X, \text{ по газу В}) &= [M(\text{газ X}) / V_M] : [M(\text{газ В}) / V_M] = \\ &= M(\text{газ X}) / M(\text{газ В}) \end{aligned}$$

Если газ В задан, то

– плотность газа X по **водороду** H_2 ($M = 2$ г/моль)

$$D(X, \text{ по } H_2) = M_X / 2,$$

– плотность газа X по **воздуху** ($M = 29$ г/моль)

$$D(X, \text{ по воздуху}) = M_X / 29,$$

и аналогично для любого другого известного газа X.

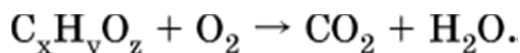
Примеры решения задач

1. В результате сгорания кислородсодержащего органического соединения в избытке воздуха собрано 1,584 г CO_2 и 0,972 мл H_2O . Плотность пара этого соединения по воздуху равна 1,5865.

Выведите формулу соединения, если в его молекуле содержатся два одноименных радикала.

Элементы ответа.

1) Составлена схема реакции:



2) Определена масса С и Н в этом соединении:

$$\begin{aligned} m_C &= n_C M_C = n(CO_2) \cdot M_C = [m(CO_2) / M(CO_2)] \cdot M_C = \\ &= (1,584 / 44) \cdot 12 = 0,432 \text{ г С}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_H &= n_H M_H = 2n(H_2O) \cdot M_H = [2m(H_2O) / M(H_2O)] \cdot M_H = \\ &= (2 \cdot 0,972 / 18) \cdot 1 = 0,108 \text{ г Н}. \end{aligned}$$

3) Определена формула соединения $C_xH_yO_z$:

$$x : y = \frac{m_C}{M_C} : \frac{m_H}{M_H} = \frac{0,432}{12} : \frac{0,108}{1} = 0,036 : 0,108 = 1 : 3,$$

$$M(C_xH_yO_z) = 1,5865 \cdot 29 = 46 \text{ г/моль},$$

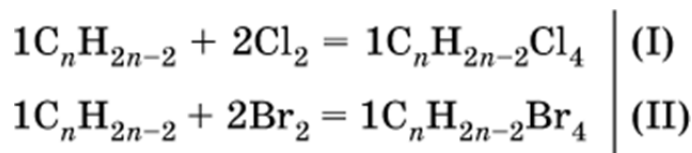
при $x = 1$ и $y = 3$: $M(CH_3) = 15$, $46 - 15 = 31$ г/моль на кислород – это не подходит,

при $x = 2$ и $y = 6$: $2M(CH_3) = 30$, $M_O = 16$, $30 + 16 = 46$ г/моль – это подходит, таким образом, искомая формула соединения C_2H_6O , или с учетом условия $(CH_3)_2O$.

2. Некоторая масса неизвестного алкина с избытком хлора дает 21 г тетрахлор-производного. Такая же масса того же алкина с избытком брома – 38,8 г тетрабром-производного. Выведите формулу взятого алкина.

Элементы ответа.

1) Составлены уравнения реакций:



2) Составлены выражения для молярных масс производных:

$$M(1C_nH_{2n-2}Cl_4) = 12n + 2n - 2 + 4 \cdot 35,5 = 14n + 140,$$

$$M(C_nH_{2n-2}Br_4) = 12n + 2n - 2 + 4 \cdot 80 = 14n + 318,$$

и для молярной массы алкина:

$$M(C_nH_{2n-2}) = m(C_nH_{2n-2}) \cdot M(C_nH_{2n-2}Cl_4) / m(C_nH_{2n-2}Cl_4)$$

$$M(C_nH_{2n-2}) = m(C_nH_{2n-2}) \cdot M(C_nH_{2n-2}Br_4) / m(C_nH_{2n-2}Br_4)$$

3) Выведена формула алкина: по условию масса алкина одинакова в реакциях (I) и (II), следовательно

$$\frac{M(C_nH_{2n-2}Cl_4)}{m(C_nH_{2n-2}Cl_4)} = \frac{M(C_nH_{2n-2}Br_4)}{m(C_nH_{2n-2}Br_4)}$$

$$\frac{14n + 140}{21} = \frac{14n + 318}{38,8}, (14n + 140) \cdot 38,8 = (14n + 318) \cdot 21,$$

откуда $n = 5$ и формула алкина C_5H_8 .

Задания для самостоятельного решения части С

1. При сжигании углеводорода (плотность по воздуху равна 2) в кислороде образовалось 90 г воды. Выведите формулу углеводорода.

2. Гомолог этена массой 7 г присоединяет 2,24 л (н.у.) бромоводорода. Какова формула этого гомолога?

3. Выведите формулу некоторого углеводорода, если при сжигании в кислороде он образовал 6,6 г углекислого газа и 2,16 мл воды.
4. При полном сгорании некоторого арена в кислороде собрано 7,168 л (н.у.) углекислого газа. Выведите формулу этого углеводорода.
5. Выведите формулу одноатомного спирта, если при взаимодействии 27,6 г этого спирта с бромоводородом (в присутствии серной кислоты) получено 65,4 г бромалкана.
6. При сжигании 1,64 г органического соединения в избытке кислорода получено 1,06 г карбоната натрия, 1,12 л (н.у.) углекислого газа и 1,26 мл воды. Выведите формулу этого соединения.
7. Выведите формулу двухатомного спирта, при взаимодействии 9,3 г которого с кальцием собрано 3,36 л (н.у.) газа.
8. К 14 г смеси фенола и 0,05 моль гомолога бензола добавили бромную воду и получили 33,1 г осадка. Выведите формулу гомолога бензола.
9. После сжигания в кислороде навески соединения класса фенолов образуются 16,8 л (н.у.) углекислого газа и 6,75 мл воды. Выведите формулу этого соединения (плотность по воздуху 3,793).
10. В реакции «серебряного зеркала» с участием 9,9 г альдегида выпадает 48,6 г осадка. Выведите формулу альдегида.
11. При взаимодействии 71,15 мл 30 %-ного раствора одноосновной карбоновой кислоты (плотность раствора 1,04 г/мл) с избытком гидрокарбоната натрия выделилось 6,72 л (н.у.) газа. Выведите формулу этой кислоты.
12. При сжигании на воздухе 3,84 г соли одноосновной карбоновой кислоты получено 2,24 л (н.у.) углекислого газа, 1,8 мл воды и 2,12 г карбоната натрия. Выведите формулу этой соли.
13. Соль серебра (I) и одноосновной карбоновой кислоты обработана избытком хлора. Образовались монохлорпроизводное углеводорода, углекислый газ и осадок хлорида серебра (I). Плотность пара хлорпроизводного по воздуху равна 3,19. Выведите формулу исходной соли.
14. Одноосновная карбоновая кислота полностью прореагировала с 3,2 мл метанола (плотность 0,8 г/мл) и дала 8,16 г органического продукта. Какова формула этого продукта?
15. Выведите формулу этилового эфира одноосновной карбоновой кислоты, если при омылении 14,8 г этого эфира с помощью едкого натра получено 9,2 г этанола.
16. При сжигании 13,5 г кислородсодержащего органического соединения образовалось 19,8 г углекислого газа и 8,1 мл воды. При этом выделилось 210 кДж теплоты. Выведите формулу соединения, если тепловой эффект реакции 2800 кДж.
17. При полном сгорании 22,5 г некоторой α -аминокислоты в кислороде собрано 13,44 л (н.у.) углекислого газа и 3,36 л (н.у.) азота. Выведите формулу кислоты.
18. После щелочного гидролиза метилового эфира природной моноаминокарбоновой кислоты получено 200 г раствора, в котором массовые доли спирта и натриевой соли аминокислоты равны соответственно 3,2 % и 11,1 %. Выведите формулу исходного эфира.

Ответы

1. C_4H_{10} . 2. C_5H_{10} . 3. C_5H_8 . 4. $C_6H_5C_2H_5$. 5. C_2H_5OH . 6. $Na(C_3H_7O)$. 7. $C_2H_4(OH)_2$, или $CH_2(OH) - CH_2(OH)$. 8. $C_6H_5CH_3$. 9. $C_6H_4(OH)_2$. 10. $CH_3C(H)O$. 11. C_2H_5COOH . 12. $Na(C_2H_5COO)$. 13. $Ag(C_4H_9COO)$. 14. $C_3H_7CO^oCH_3$. 15. $HCOOC_2H_5$. 16. $C_6H_{12}O_6$. 17. NH_2CH_2COOH . 18. $CH_3CH(NH_2)COOCH_3$.