

Комунальний заклад «Кіровоградський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти імені Василя Сухомлинського»

Н.М. Швець, Т.В. Ціперко

Розв'язування задач на виведення формул органічних речовин

Друкується за рішенням науково-методичної ради комунального закладу «Кіровоградський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти імені Василя Сухомлинського» (від 18.10.2016 р., протокол № 4)

Кропивницький
2016

Швець Н.М., Ціперко Т.В. Розв'язування задач на виведення формул органічних речовин. – Кропивницький: КЗ «КОІППО імені Василя Сухомлинського», 2016. – 24 с.

Запропонований посібник укладено згідно з навчальною програмою з хімії, що розроблена на основі положень Державного стандарту базової та повної середньої освіти і передбачає вивчення найважливіших органічних речовин як у 9-их, так і в 11-их класах. Зважаючи на те, що однією з ключових вимог до загальноосвітньої підготовки учнів є вміння розв'язувати задачі на виведення формул органічних речовин, матеріали видання зорієнтовані на формування основних навичок самостійного і раціонального розв'язування задач такого типу. Даний вид роботи сприяє розвитку логічного мислення, формує навички самостійної роботи, слугує критерієм рівня засвоєння знань і практичних умінь. Задачі в посібнику систематизовані за вихідними даними (густиною і молекулярною масою; відомими масовими частками елементів; відомими масою, об'ємами або кількістю речовини продуктів згоряння тощо).

Видання спрямоване на розвиток пізнавального інтересу учнів, на забезпечення успішного складання зовнішнього незалежного оцінювання з предмета «Хімія». Учитель може використовувати запропоновані матеріали для поглибленої підготовки учнів до олімпіад.

Посібник адресований учителям хімії загальноосвітніх навчальних закладів та учнів 9-их, 11-их класів.

Рецензенти:

- Квас В.М. – заступник декана природничо-географічного факультету Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка, кандидат педагогічних наук;
- Тикул О.А. – учитель хімії комунального закладу «Навчально-виховне об'єднання №25 «Загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів, природничо-математичний ліцей, центр позашкільного виховання «Ліра» Кіровоградської міської ради Кіровоградської області».

Відповідальна за випуск – Л.Корецька

Алгоритм розв'язування задач на виведення формул органічних речовин

1. Пам'ятайте, що формула речовини – це умовний запис складу речовини за допомогою символів хімічних елементів й індексів. Щоб визначити формулу речовини, необхідно знайти елементи, які входять до її складу, і кількість атомів кожного елемента, що утворює структурну частинку цієї речовини. Атоми неподільні, тому індекси мають ціле, додатне значення.
2. Невідомі елементи позначте великими літерами X, Y, Z.
3. Невідомі індекси позначте маленькими літерами x, y, z...
4. Знайте, що формули є істинні, найпростіші і загальні. Істинна формула відображає реальний якісний та кількісний склад структурної частинки речовини. Найпростіша формула показує реальний якісний склад та умовний кількісний склад речовини (індекси мають найменші цілі додатні значення, молярна маса найменша). У загальній формулі невідомі елементи або індекси позначають через X, Y, Z та x, y, z відповідно.
5. Запишіть схеми хімічних реакцій, якщо такі є.
6. Визначте загальну формулу речовини.
7. Складайте математичні вирази, у тому числі й за законами хімічних реакцій, що містять невідомі, і розв'яжіть їх.
8. Хімічні елементи знаходьте за їх характерними ознаками: зарядом ядра, атомною масою, будовою атома.
9. Для знаходження найпростішої формули самостійно вводьте додаткові умови (індекси мають найменше значення, молярна маса найменша).
10. Обов'язково записуйте відповідь.

Виведення молекулярної формули відповідного класу органічних речовин за густиною і молекулярною масою

Зауважимо, що співвідношення значень індексів у формулі речовини дорівнює співвідношенню кількості атомів елементів у сполуці та відповідно співвідношенню кількостей речовини елементів.

Якщо формула бінарної сполуки A_xB_y , то можна записати:

$$x : y = n(A) : n(B) \qquad n(A) = \frac{m(A)}{M(A)} \quad \text{і} \quad n(B) = \frac{m(B)}{M(B)},$$

Оскільки замість мас елементів $m(A)$ і $m(B)$ можна підставити їхні масові частки $w(A)$ і $w(B)$, тому що вони пропорційні масам, а замість молярних мас $M(A)$ і $M(B)$ – відповідні значення відносних атомних мас елементів $A_r(A)$ і $A_r(B)$.

Тоді одержимо:
$$x : y = \frac{w(A)}{A_r(A)} : \frac{w(B)}{A_r(B)}$$

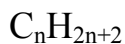
Алгоритм 1

1. Вивчити умову задачі.
2. Записати скорочену умову.
3. Визначити справжню відносну молекулярну масу речовини за відносною густиною.
4. Розв'язати рівняння з одним невідомим.
5. Написати найпростішу формулу вуглеводню.
6. Обчислити, у скільки разів справжня відносна молекулярна маса більша за відносну молекулярну масу формули найпростішої речовини.
7. Число атомів кожного з елементів збільшити в потрібне число разів.
8. Записати істинну формулу речовини.
9. Записати відповідь до задачі (повну або скорочену).

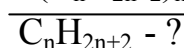
Приклад

Відносна густина пари деякого алкану за повітрям дорівнює 3,931. Визначте формулу цього алкану і назвіть його.

Дано:



$$D(C_nH_{2n+2})_{\text{пов}} = 3,931$$



Розв'язання:

$$M(C_nH_{2n+2}) = (14n + 2) \text{ г/моль}$$

1. Обчислюємо молярну масу алкану:

$$M(C_nH_{2n+2}) = D(C_nH_{2n+2})_{\text{пов}} \times M_{\text{пов}};$$

$$M_{\text{пов}} = 29 \text{ г/моль}$$

$$M(C_nH_{2n+2}) = 3,931 \times 29 \text{ г/моль} = 114 \text{ г/моль}$$

2. Визначаємо число атомів Карбону в алкані:

$$14n + 2 = 114; 14n = 112; n = \frac{112}{14} = 8; C_8H_{18}$$

Відповідь: Формула сполуки – C_8H_{18} . Це октан.

Задачі для самоконтролю

1. Визначте молекулярну формулу алкану, якщо відомо, що його пара в 2,5 рази важча, ніж аргон. (C_7H_{16})
2. Густина газуватого вуглеводню 1,965 г/мл за н.у. Розрахуйте молярну масу вуглеводню та назвіть його. (44 г/моль, пропан)
3. Установіть молекулярну формулу вуглеводню, якщо густина його парів за повітрям дорівнює 4,07. (C_9H_{10})

Виведення молекулярної формули за відомими масовими частками елементів

Обчисліть молекулярну чи молярну масу за однією з формул:

$$M = D_a \cdot M_A;$$

$$M = \rho \cdot V_m;$$

$$M = \frac{V_m \cdot m}{V};$$

$$M = M_r \text{ (г/моль)}.$$

Якщо зазначено приналежність до гомологічного ряду:

- записати загальну формулу – C_nH_{2n+2} ;
- $M = 12n + 2n + 2$;
- обчислити n за відомою M .

Якщо дано масові частки елементів у складі речовини, то можна обчислити за формулою масові частки кількості атомів кожного елемента:

$$\omega(E) = \frac{A(E) \cdot n(E)}{M_r} \cdot 100\%.$$

Алгоритм 2

1. Вивчити умову задачі.
2. Записати скорочену умову.
3. Позначити число атомів кожного з елементів через x , y , z .
4. Знайти співвідношення між числом атомів у молекулі, поділивши масові частки кожного елемента на їх відносні атомні маси.
5. Знайдене відношення перевести до цілого значення, для чого всі члени другої половини рівності розділити на найменше число.
6. Написати найпростішу формулу і обчислити відносну молекулярну масу.
7. Визначити справжню відносну молекулярну масу речовини за відотною густиною.
8. Обчислити, у скільки разів справжня відносна молекулярна маса більша за відносну молекулярну масу формули найпростішої речовини.
9. Число атомів кожного з елементів збільшити в потрібне число разів.
10. Записати істинну формулу речовини.
11. Записати відповідь до задачі (повну або скорочену).

Приклад

Виведіть молекулярну формулу вуглеводню, масова частка Карбону в якому становить 82,75%, а Гідрогену – 17,25%. Відносна густина пари цього вуглеводню за повітрям дорівнює 2.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 82,75\%$$

$$\omega(\text{H}) = 17,25\%$$

$$\frac{D(\text{C}_x\text{H}_y)_{\text{пов}}}{\text{C}_x\text{H}_y} = 2$$

Розв'язання:

1. Обчислюємо молярну масу вуглеводню:

$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = D_{\text{пов}} \times M_{\text{пов}} = 2 \times 19 \text{ г/моль} = 38 \text{ г/моль}$$

2. Виводимо алгоритм для встановлення кількості атомів Карбону та Гідрогену:

$$x(\text{C}) = \frac{\omega(\text{C}) \times Ar(\text{C}_x\text{H}_y)}{Ar(\text{C})}$$

$$y(\text{H}) = \frac{\omega(\text{H}) \times Ar(\text{C}_x\text{H}_y)}{Ar(\text{H})}$$

3. Обчислюємо число атомів Карбону і Гідрогену у вуглеводні (для розрахунків відсотки переводимо в частки):

$$x(\text{C}) = \frac{0,8275 \times 38}{12} = 1$$

$$y(\text{H}) = \frac{0,1725 \times 38}{1} = 6,5$$

Формула вуглеводню – $\text{C}_1\text{H}_{6,5}$.

4. Робимо перевірку виведеної формули вуглеводню за молярною масою:

$$M(\text{C}_1\text{H}_{6,5}) = 38 \text{ г/моль}$$

Відповідь: Формула вуглеводню – $\text{C}_1\text{H}_{6,5}$. Це бутан.

Задачі для самоконтролю

1. Масова частка Карбону в органічній речовині складає 82,76%, Гідрогену – 17,24%. Визначте формулу речовини, якщо відносна густина її за воднем становить 29. (C_4H_{10})
2. Відносна густина за воднем речовини з масовими частками С – 54,55%, Н – 9,09%, О – 36,36% дорівнює 22. Вона легко відновлює оксид аргентуму і перетворює при цьому на органічну кислоту. Напишіть структурну формулу невідомої речовини. ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$)
3. Органічна речовина з масовою часткою Карбону 64,8%, Гідрогену – 13,5%, Оксигену – 21,6% має відносну густина пари за повітрям 2,552. Виведіть молекулярну формулу речовини, напишіть формули її ізомерів і назвіть їх. ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$)

Виведення молекулярної формули за відомими масою, об'ємами або кількістю речовини продуктів згорання

Обчислення задач полягає у закономірностях процесів горіння простих і складних речовин. Унаслідок горіння складної речовини утворюється стільки оксидів – продуктів реакції, скільки елементів входить до складу вихідної сполуки. Тому необхідно встановити, з яких хімічних елементів складається ця сполука, а потім перевірити, чи не входить ще й Оксиген. Розрахувати співвідношення атомів у молекулі і вивести істинну формулу на основі найпростішої формули та молекулярної маси речовини.

У розв'язуванні задач такого типу виділяють декілька етапів:

1. Виведення емпіричної формули речовини. Для цього спочатку знаходять кількість речовини елементів, а потім число атомів елементів за формулою: $n = \frac{n(e)}{n(p)}$,

де n – число атомів елемента,

$n(e)$ – кількість речовини елемента,

$n(p)$ – кількість речовини сполуки.

Крім того, обов'язково потрібно перевірити, чи входить до складу досліджуваної речовини Оксиген.

2. Виведення молекулярної формули речовини. Потрібно знати молекулярну масу цієї речовини, яка може бути даною в умові задачі, або її обчислюють за відносною густиною газу, за відомою масою та об'ємом. При написанні молекулярної формули потрібно знайти ціле число, яке показує, у скільки разів потрібно збільшити відповідні індекси в емпіричній формулі. Це число знаходять за формулою: $n = \frac{M}{M(C_xH_yO_z)}$,

де n – число, яке показує, у скільки разів збільшуються індекси в емпіричній формулі; M – молярна маса речовини, формулу якої визначаємо; $M(C_xH_yO_z)$ – молярна маса емпіричної формули.

Алгоритм 3

1. Вивчити умову задачі.
2. Записати скорочену умову.
3. Обчислити відносну молекулярну масу сполуки за формулою.
4. Обчислити масу чи кількість речовини за рівнянням реакції (або за формулою) кожного елемента, що входить до складу сполуки.
5. Перевірити, чи не входить до складу сполуки третій елемент.
6. Знайти співвідношення атомів у молекулі.
7. Скласти найпростішу формулу речовини.
8. Перевірити, чи відповідає найпростіша формула істинній.
9. У разі необхідності вивести істинну формулу сполуки.
10. Записати відповідь до задачі (повну або скорочену).

Приклад

Унаслідок спалювання вуглеводню масою 1,5 г утворились карбон(IV)оксиду об'ємом 2,24 л (н.у.) та вода масою 2,7 г. Виведіть формулу вуглеводню, якщо відносна густина його за повітрям становить 1,0345.

Дано:

$$m(C_xH_y) = 1,5 \text{ г}$$

$$V(C_xH_y) = 2,24 \text{ л}$$

$$m(H_2O) = 2,7 \text{ г}$$

$$D(C_xH_y)_{\text{пов}} = 1,0345$$

C_xH_y - ?

Розв'язання:

1. Обчислюємо молярну масу вуглеводню:

$$M(C_xH_y) = D(C_xH_y)_{\text{пов}} \times M_{\text{пов}}$$

$$M_{\text{пов}} = 29 \text{ г/моль}$$

$$M(C_xH_y) = 1,0345 \times 29 \text{ г/моль} = 30 \text{ г/моль}$$

2. Визначаємо кількість речовини вуглеводню масою 1,5 г:

$$\nu(C_xH_y) = \frac{m(C_xH_y)}{M(C_xH_y)} = \frac{1,5 \text{ г}}{30 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

3. Обчислюємо кількість речовини карбон(IV)оксиду об'ємом 2,24 л:

$$\nu(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m(CO_2)} = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

4. Враховуємо кількість речовини води масою 2,7 г:

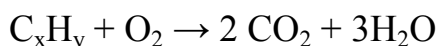
$$\nu(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{2,7 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

5. Обчислюємо співвідношення кількостей речовин вуглеводню, карбон(IV)оксиду та води:

$$\nu(C_xH_y) : \nu(CO_2) : \nu(H_2O) = 0,05 : 0,1 : 0,15$$

$$\nu(C_xH_y) : \nu(CO_2) : \nu(H_2O) = \frac{0,05}{0,05} : \frac{0,1}{0,05} : \frac{0,15}{0,05} = 1 : 2 : 3$$

6. Обчислюємо число атомів Карбону і Гідрогену у вуглеводні:



$$x=2; y=6; C_2H_6; M(C_2H_6) = 30 \text{ г/моль}$$

Відповідь: Формула вуглеводню – C_2H_6 . Це етан.

Задачі для самоконтролю

- Унаслідок спалювання органічної речовини масою 4,8 г утворились карбону (IV) оксид масою 6,6 г і вода масою 5,42 г. Відносна густина пари цієї речовини за воднем становить 16. Виведіть формулу речовини і напишіть її структурну формулу. (CH_3OH)
- У результаті спалювання 7,2 г органічної сполуки, густина парів якої за воднем дорівнює 36, утворилось 22 г карбону (IV) оксиду і 10,8 г води. Визначте формулу вихідної сполуки.
- При спалюванні вуглеводню, кількість речовини якого дорівнює 0,1 моль, утворились карбону (IV) оксид об'ємом 6,72 л (нормальні умови) та вода масою 72 г. Визначте формулу вуглеводню.

Виведення молекулярної формули за витраченим об'ємом кисню для спалювання органічної речовини

Обчислення задач полягає у складанні загального рівняння горіння органічних речовин. Розв'язання такого типу задач вимагає від учня переваги математичних знань.

Алгоритм 4

1. Вивчити умову задачі.
2. Записати скорочену умову.
3. За формулою обчислити кількість речовини витраченого кисню.
4. Записати схему реакції окиснення речовини, припустивши, що вона – вуглеводень. Урівняти рівняння реакції за числом атомів Карбону і Гідрогену.
5. Скласти та розв'язати пропорцію.
6. Обчислити число атомів Карбону і Гідрогену.
7. Обчислити число атомів третього елемента – Оксигену (якщо він є).
8. Записати формулу речовини та обчислити її відносну молекулярну масу.
9. Записати відповідь до задачі (повну чи скорочену).

Приклад

На спалення 0,5 моль етиленового вуглеводню витрачається 33,6 л кисню (н.у.). Установіть формулу сполуки.

Дано:

$$\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0,5 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2) = 33,6 \text{ л}$$

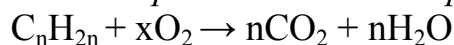
C_nH_{2n} - ?

Розв'язання:

1. Знаходимо кількість кисню:

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{33,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,5 \text{ моль}$$

2. Складаємо рівняння реакції горіння етиленового вуглеводню у загальному вигляді і розставляємо коефіцієнти:



$$n + 2n = 2x$$

$$3n = 2x$$

$$x = \frac{3n}{2} = 1,5n \text{ моль}$$

3. Складаємо пропорцію:

На 1 моль C_nH_{2n} витрачається 1,5 моль O_2 (n)

На 0,5 моль C_nH_{2n} необхідно 1,5 моль O_2 (за умовою)

$$n = \frac{1 \text{ моль} \times 1,5 \text{ моль}}{0,5 \text{ моль} \times 1,5 \text{ моль}} = 2$$

Отже, у молекулі етиленового вуглеводню два атоми Карбону. А на два атоми Карбону припадає чотири атоми Гідрогену.

Відповідь: Формула вуглеводню – C_2H_4 . Це етилен.

Задачі для самоконтролю

1. Визначте молекулярну формулу алкану, якщо відомо, що для його спалювання витратили 10 л кисню, у результаті чого утворилось 6 л вуглекислого газу. Який об'єм алкану прореагував? (C_3H_8 , 2 л)
2. Визначте формулу алкіну, для повного згорання 20 л якого потрібно 110 л кисню. Об'єми газів виміряні за однакових умов. (C_4H_6)
3. Вивести формулу вуглеводню, якщо на спалювання його об'ємом 0,3 л витратили кисень об'ємом 1,95 л, а внаслідок реакції утворився вуглекислий газ об'ємом 1,2 л і пари води об'ємом 1,5 л. (C_4H_{10})

Виведення молекулярної формули за масами продуктів приєднання

Обчислення задач полягає у закономірностях перебігу хімічних процесів, що базуються на властивостях речовин, – тобто на знаннях хімічних властивостей того чи іншого класу органічних речовин. Правильно складене рівняння реакції дасть можливість обрахувати молекулярну масу невідомої сполуки, а потім за цією величиною вивести формулу.

Алгоритм 5

1. Вивчити умову задачі.
2. Записати скорочену умову.
3. Записати відповідне рівняння реакції.
4. Обчислити відносну молекулярну масу.
5. Обчислити кількість атомів у сполуці за відомою загальною формулою класу.
6. Вивести формулу.
7. Записати відповідь до задачі (повну або скорочену).

Приклад № 1

При дегідратації первинного насиченого спирту утворився газоподібний алкен, об'єм якого виявився в 4 рази меншим, ніж об'єм карбон (IV) оксиду, що утворився при спалюванні такої ж кількості спирту. Одержаний алкен може повністю знебарвити розчин бромної води, який містить 16г бромну. Який спирт піддали дегідратації?

Дано:

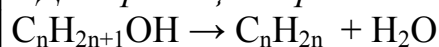
$$V(C_nH_{2n}) = \frac{V(CO_2)}{4}$$

$$\frac{m(Br_2) = 16g}{C_nH_{2n+1}OH - ?}$$

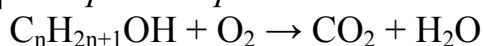
Розв'язання:

Складаємо рівняння відповідних реакцій:

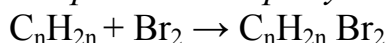
1. Дегідратація первинного насиченого спирту:



2. Горіння первинного насиченого спирту:



3. Приєднання бромну алкеном:



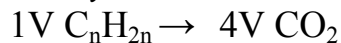
Складаємо співвідношення реагуючих речовин та продуктів реакції:



4. Знаходимо кількість речовини Броду:

$$\nu(Br_2) = \frac{m}{M} = \frac{16}{160} = 0,1 \text{ моль}, \text{ за рівнянням } \nu(C_nH_{2n}) = 0,1 \text{ моль}$$

5. За умовою задачі:



$$\nu(C_nH_{2n}) = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(CO_2) = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu(C_nH_{2n}) : \nu(CO_2) = 0,1 : 0,4 = 1:4$$

6. Формула алкену містить 4 атоми Карбону: C_4H_8 .

При гідратації алкену добудемо одноатомний насичений спирт C_4H_9OH .

Відповідь: Формула сполуки – C_4H_9OH . Це бутанол.

Приклад № 2

Для каталітичного гідрування алкіну невідомого складу потрібно використати 1,7 л водню (н.у.). Така ж сама маса вуглеводню під час взаємодії з бромом утворює 15,24 г тетраброміду з розгалуженим карбоновим скелетом. Визначте формулу алкіну.

Дано:

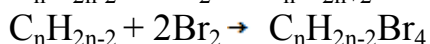
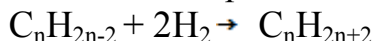
$$V(H_2) = 1,7 \text{ л}$$

$$m(C_nH_{2n-2}Br_4) = 15,24 \text{ г}$$

$$C_nH_{2n-2} - ?$$

Розв'язання:

1. Складаємо рівняння відповідних реакцій:



2. Обчислюємо кількість речовини водню, що вступив у реакцію каталітичного гідрування алкіну:

$$\nu(H_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{1,7 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,076 \text{ моль}$$

3. Визначаємо кількість речовини броду, що вступив у реакцію:

$$\nu(Br_2) = 0,076 \text{ моль}$$

4. Обчислюємо масу броду:

$$m(Br_2) = M \cdot \nu = 160 \text{ г/моль} \cdot 0,076 \text{ моль} = 12,16 \text{ г}$$

5. Враховуємо масу алкіну:

$$m(C_nH_{2n-2}) = m(C_nH_{2n-2}Br_4) - m(Br_2) = 15,24 - 12,16 = 3,08 \text{ г}$$

6. Обчислюємо кількість речовини алкіну за рівнянням реакції присднання броду:

$$\nu(C_nH_{2n-2}) = \nu(Br_2)/2 = 0,076/2 = 0,038 \text{ моль}$$

7. Знаходимо молярну масу алкіну:

$$M(C_nH_{2n-2}) = \frac{m}{\nu} = \frac{3,08 \text{ г}}{0,038 \text{ моль}} = 82 \text{ г/моль}$$

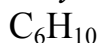
8. Обчислюємо число атомів Карбону в алкіні:

$$12n + 2n - 2 = 82$$

$$14n = 84$$

$$n = 6$$

9. Виводимо формулу алкіну:



Відповідь: Формула алкіну – C_6H_{10} . Це гексин.

Задачі для самоконтролю

1. Ацетиленовий вуглеводень, маса якого становить 10,8 г, повністю прореагував з 14,6 г хлороводню. Визначте формулу сполуки. (C_4H_6)
2. Під час реакції етиленового вуглеводню з хлором у темряві утворюється 42,3 г дихлориду, а під час реакції зразка такої ж маси з бромом у тетрачлоретані – 69 г диброміду. З'ясуйте формулу вихідного вуглеводню. (C_5H_{10})
3. Алкін масою 12,3 г в реакції з надлишком бром утворює продукт приєднання масою 60,3 г. Визначте формулу алкіну. (C_6H_{10})

Виведення молекулярної формули за рівнянням стану ідеальних газів

Рівняння стану ідеального газу – формула, що встановлює залежність між тиском, об'ємом і абсолютною температурою класичного ідеального газу. Узагальнюють закони Бойля-Маріотта, Гей-Люссака та Шарля.

Закон Бойля-Маріотта: при сталій температурі тиск, що спричиняє дана маса газу, обернено пропорційний об'ємові газу.

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad \text{або} \quad pV = const$$

Закон Гей-Люссака (I): при сталому тиску об'єм газу змінюється прямо пропорційно абсолютній температурі:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{або} \quad \frac{V}{T} = const$$

Об'єднаний газовий закон виражає залежність між об'ємом газу, тиском і температурою (об'єднує закони Бойля-Маріотта та Гей-Люссака):

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0};$$

де p_0, V_0, T_0 – тиск, об'єм та температура за нормальних умов,
 p, V, T – тиск, об'єм та температура за інших умов.

Нормальні умови: $p_0 = 101,3 \text{ кПа} = 1 \text{ атм.} = 760 \text{ мм рт. ст.}$
 $T_0 = 273 \text{ К.}$

Стандартні умови: $p_0 = 101,3 \text{ кПа} = 1 \text{ атм.} = 760 \text{ мм рт. ст.}$
 $T_0 = 298 \text{ К.}$

$$\varphi = \frac{V(\text{газу})}{V(\text{газ. сум.})}; \quad \varphi - \text{об'ємна частка}$$

Рівняння ідеального газу (рівняння Менделєєва - Клапейрона) формула, що встановлює залежність між тиском, молярним об'ємом і абсолютною температурою ідеального газу: $pV_m = RT$,

P – тиск,

V_m – молярний об'єм,

R – універсальна газова стала (8,3144 Дж/мольК),

T – абсолютна температура, К.

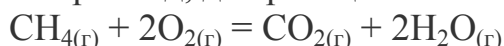
Оскільки $V_m = \frac{V}{n}$, де n – кількість речовини, а $n = \frac{m}{M}$, то рівняння можна записати так:

$$PV = \frac{m}{M}RT$$

Закон Гей-Люссака (2): У хімічних реакціях за участю газоподібних речовин об'єм реакційної суміші може змінюватись. Об'ємні відношення газів у хімічних реакціях підпорядковуються закону: об'єми реагуючих і утворених газоподібних речовин відносяться між собою як прості цілі числа або коефіцієнти в рівняннях реакцій:

$$V_1 : V_2 : V_3 = \nu_1 : \nu_2 : \nu_3$$

Наприклад, для реакції:



один об'єм метану взаємодіє з двома об'ємами кисню з утворенням одного об'єму вуглекислого газу і двох об'ємів води, тобто відносяться між собою як цілі числа 1 : 2 : 1 : 2, що є коефіцієнтами у рівнянні реакції.

Алгоритм 6

1. Вивчити умову задачі.
2. Записати скорочену умову задачі.
3. Скласти рівняння реакції та позначити величини за умовою задачі чи знайдені за хімічними формулами.
4. На основі газових законів перевести величини об'ємів у коефіцієнти за допомогою спільного кратного.
5. На основі закону збереження маси речовини обчислити кількість атомів у невідомій сполуці.
6. Скласти формулу речовини.
7. Записати відповідь до задачі (скорочену чи повну).

Приклад № 1

При спалюванні 30 мл газу було витрачено 150 мл кисню і одержано 90 мл карбон (IV) оксиду та 120 мл водяної пари. Що це за сполука?

Дано:

$$V(\text{газу}) = 30 \text{ мл}$$

$$V(\text{O}_2) = 150 \text{ мл}$$

$$V(\text{CO}_2) = 90 \text{ мл}$$

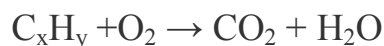
$$V(\text{H}_2\text{O}) = 120 \text{ мл}$$

$$\text{C}_x\text{H}_y - ?$$

Розв'язання

Оскільки це горючий газ, то за продуктами реакції встановлюємо, що, крім Карбону і Гідрогену, до її складу не входять інші елементи. Тому загальна формула C_xH_y .

$$30 \quad 150 \quad 90 \quad 120$$



Використовуючи закон збереження маси речовини, визначаємо x і y : $x=3$; $y=4$, найпростіша формула – C_3H_4 , істинна – C_3H_8 .

Відповідь: Формула сполуки C_3H_8 . Це пропан.

Приклад № 2

У сталеву посудину, місткість якої 2,75 л, помістили 1,32г насиченого одноатомного спирту. Потім туди ввели 3,36 л кисню (н. у.). Після підпалювання спирт повністю згорів, при цьому тиск у посудині, за температури 227°C, становив 306 кПа. Визначте формулу спирту.

Дано:

$$V_{\text{посуду}} = 2,75 \text{ л}$$

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) = 1,32 \text{ г}$$

$$V(\text{O}_2) = 3,36 \text{ л}$$

$$T = 227^\circ\text{C}$$

$$P = 306 \text{ кПа}$$

$$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH} - ?$$

Розв'язання:

1. За рівнянням Менделєєва-Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{M}RT$$

Виводимо формулу для визначення кількості речовини суміші продуктів згорання:

$$v = \frac{PV}{RT}, \quad T = 227 + 273 = 500 \text{ К};$$

$$R = 8,314 \cdot \frac{\text{кПа} \times \text{л}}{\text{К} \times \text{моль}}$$

$$v_{\text{суміші}} = \frac{306 \times 0^3 \times 2,75}{8,314 \times 500} = 1,2025 \text{ моль}$$

2. За законом збереження мас речовин Ломоносова знаходимо масу кисню, витраченого для спалювання насиченого одноатомного спирту:

$$v(\text{O}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{3,36}{22,4} = 1,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{O}_2) = v \cdot M = 1,5 \times 32 = 4,8 \text{ г}$$

3. Маса вихідних речовин:

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) + m(\text{O}_2) = 1,32 + 4,8 = 6,12 \text{ г}$$

Маса продуктів реакції:

$$m(\text{CO}_2) = M(\text{CO}_2) \cdot x \cdot \nu(\text{CO}_2)$$
$$m(\text{H}_2\text{O}) = M(\text{H}_2\text{O}) \cdot x \cdot \nu(\text{H}_2\text{O})$$

Припускаємо $v(\text{CO}_2) = x$,

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 0,2025 - x$$

Складаємо математичне рівняння за законом збереження мас речовин:

$$6,12 = 44x + (0,2025 - x)18$$

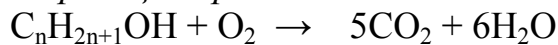
$$6,12 = 44x + 3,645 - 18x$$

$$2,475 = 26x$$

$$x = 0,095$$

Отже, $v(\text{CO}_2) = 0,095 \text{ моль}$, $v(\text{H}_2\text{O}) = 0,1075 \text{ моль}$

4. Складаємо рівняння реакції горіння насиченого одноатомного спирту:



За співвідношенням $v(\text{CO}_2) : v(\text{H}_2\text{O}) = 0,095 : 0,1075 = 5 : 6$

У сполуці спирту 5 атомів Карбону і 12 атомів Гідрогену.

Отже, формула насиченого одноатомного спирту $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$.

Відповідь: $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ – пентанол (аміловий спирт).

Приклад № 3

За нормальних умов 1 г повітря займає об'єм 773 мл. Який об'єм займе та ж маса повітря при 0°C та тиску, рівному 93,3 кПа?

Дано:

$$m(\text{пов}) = 1 \text{ г}$$

$$V_0(\text{пов}) = 0,773 \text{ л}$$

$$t = 0^{\circ}\text{C}$$

$$p = 93,3 \text{ кПа}$$

$$V(\text{пов}) = ?$$

Розв'язання:

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0}; V = \frac{p_0V_0T}{pT_0};$$

$$V = \frac{101,3 \cdot 0,773 \cdot 273}{93,3 \cdot 273} = 0,84 \text{ (л)}$$

Відповідь: Об'єм повітря 0,84 л.

Задачі для самоконтролю

1. Вуглеводень масою 10,2 г займає об'єм 6,20 л за тиску 0,92 атм і температури 27°C . Назвіть цей вуглеводень. (Пропан)
2. Невідомий насичений альдегід у кількості речовини 0,01 моль спалили в закритій посудині, об'єм якої 3 л, в атмосфері кисню, що за нормальних умов займає об'єм 5,6 л. Після повного спалювання альдегіду температура в посудині становила 200°C , тиск піднявся до 360,31 кПа. Визначте формулу альдегіду. ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$)
3. Зразок речовини, маса якої 2,88 г, у реакції з надлишком натрію утворив 289 мл водню за температури 298 К і тиску 101,3 кПа. Під час спалювання 54 мг вихідної речовини одержали 99 мг карбон (VI) оксиду і 27 мл води. Унаслідок випаровування 1,8 г речовини одержали її пари, об'єм яких за температури 473 К і тиску 101,3 кПа становив 0,97 л. Визначте формулу вихідної сполуки. ($\text{C}_2\text{H}_3\text{COOH}$ – акрилова кислота).

Виведення молекулярної формули за хімічними властивостями речовин

Обчислення задач полягає у закономірностях протікання хімічних процесів, що базуються на властивостях речовин, - тобто на знаннях хімічних властивостей того чи іншого класу органічних речовин. При розв'язуванні такого типу задач учень має чітко знати типи хімічних реакцій, характерні для органічних речовин різних класів.

Алгоритм 7

1. Вивчити умову задачі.
2. Записати скорочену умову задачі.
3. Визначити масу речовини, якщо потрібно.
4. Скласти рівняння відповідних реакцій.
5. Обчислити практичну та теоретичну кількість речовини, якщо в цьому є потреба.
6. Обчислити молярну масу сполуки.
7. Обчислити число атомів Карбону в сполуці.

8. Скласти формулу речовини.
9. Записати відповідь до задачі (скорочену чи повну).

Приклад № 1

Етиленовий вуглеводень, що утворився із 24 г одноатомного насиченого спирту при нагріванні з концентрованою сульфатною кислотою, приєднує 15,3 мл бром (ρ = 3,14 г/см³). Який спирт використали для реакції? Урахуйте, що масова частка виходу алкену становить 75% від теоретичного.

Дано:

$$m(C_nH_{2n+1}OH) = 24\text{г}$$

$$V(Br_2) = 15,3\text{мл}$$

$$\rho = 3,14\text{ г/см}^3$$

$$\omega_{\text{вих}}(C_nH_{2n}) = 75\%$$

$$C_nH_{2n+1}OH - ?$$

Розв'язання:

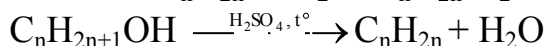
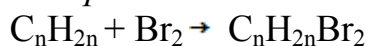
1. Визначаємо масу бром, що приєднує алкен:

$$m(Br_2) = \rho \cdot V = 15,3\text{ мл} \cdot 3,14\text{ г/мл} = 48\text{ г}$$

2. Вираховуємо кількість речовини бром:

$$\nu(Br_2) = \frac{m}{M} = \frac{48\text{г}}{160\text{г/моль}} = 0,3\text{ моль}$$

3. Складаємо рівняння відповідних реакцій:



4. Визначаємо практичну кількість речовини алкену, що приєднує бром:

$$\nu(Br_2) = \nu_{\text{пр.}}(C_nH_{2n}) = 0,3\text{ моль}$$

5. Обчислюємо теоретичну кількість виходу алкену:

$$\nu_{\text{теор.}}(C_nH_{2n}) = \frac{0,3\text{ моль}}{75\%} \times 100\% = 0,4\text{ моль}$$

6. Знаходимо молярну масу одноатомного насиченого спирту:

$$M(C_nH_{2n+1}OH) = \frac{m}{\nu} = \frac{24\text{г}}{0,4\text{ моль}} = 60\text{ г/моль}$$

7. Обчислюємо число атомів Карбону в сполуці спирту :

$$12n + 2n + 1 + 17 = 60$$

$$14n = 42$$

$$n = 3$$

8. Виводимо формулу одноатомного насиченого спирту: C₃H₇OH.

Відповідь: Для реакції використали пропанол (C₃H₇OH).

Приклад №2

Унаслідок нагрівання насиченого одноатомного спирту з концентрованою йодидною кислотою утворилась сполука, в якій масова частка йоду становить 74,7%. Визначте формулу одноатомного спирту.

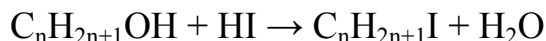
Дано:

$$C_nH_{2n+1}OH$$

$$\omega(I) = 74,7\%$$

$$C_nH_{2n+1}OH - ?$$

Розв'язання:



$$Mr(C_nH_{2n+1}I) = 14n + 127$$

$$\omega = \frac{nAr(C)}{Mr(C_nH_{2n+1}I)} \times 100\%$$

$$74,7\% = \frac{127}{14n + 127} \times 100\%$$

$$74,7(14n + 128) = 12700$$

$$1045,8n + 9561,6 = 12700$$

$$1045,8n = 3138,4$$

$$n = \frac{3138,4}{1045,8} = 3; \text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$$

Відповідь: Формула спирту – $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ (пропанол).

Приклад № 3

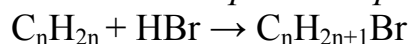
Маса продукту приєднання гідроген броміду до вуглеводню етиленового ряду виявилась у 2,929 раза більшою за масу вихідного вуглеводню. Визначте формулу етиленового вуглеводню.

Дано:

$$\frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n}) \times 2,929}{m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br})} = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n})}{m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br})} = ?$$

Розв'язання:

1. Складаємо рівняння реакції:



2. Припускаємо $m(\text{C}_n\text{H}_{2n})$ за x , згідно з умовою $m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br}) = 2,929x$

3. Складаємо співвідношення за кількістю речовин реагентів і продуктів реакції:

$$\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = \nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br})$$

4. Обчислюємо молярні маси реагентів і продуктів реакції:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 12n + 2n = 14n$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br}) = 14n + 81$$

5. Визначаємо кількості речовин:

$$\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n})}{M(\text{C}_n\text{H}_{2n})} = \frac{x}{14n}$$

$$\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br}) = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br})}{M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br})} = \frac{2,929x}{14n + 81}$$

6. Установлюємо кількість атомів Карбону у сполуках за пропорцією:

$$\frac{x}{14n} = \frac{2,929x}{14n + 81}$$

$$n = 3$$

Отже, у молекулі етиленового вуглеводню 3 атоми Карбону та 6 атомів Гідрогену.

Відповідь: Формула етиленового вуглеводню – C_3H_6 . Це пропен.

Приклад № 4

У результаті дії натрію на 13,8 г суміші етилового спирту і одноосновної органічної кислоти виділяється 3,36 л газу, а в результаті дії на таку ж саму суміш насиченого розчину гідроген карбонату натрію – 1,12 л газу. Визначте будову органічної кислоти.

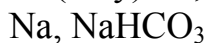
Дано:

$$m_{\text{сум.}}(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH};$$

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 13,8 \text{ г}$$

$$V_{1 \text{ заг.}}(\text{газу}) = 3,36 \text{ л}$$

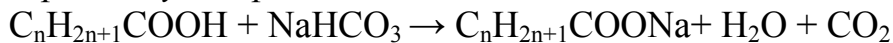
$$V_2(\text{газу}) = 1,12 \text{ л}$$

**Розв'язання:**

1. Складаємо рівняння реакції взаємодії

органічної кислоти та гідроген

карбонату натрію:



Висновок: виділяється вуглекислий газ об'ємом 1,12 л.

2. Визначаємо кількості речовин вуглекислого газу та органічної кислоти за рівнянням реакції:

$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH})$$

$$\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 0,05 \text{ моль}$$

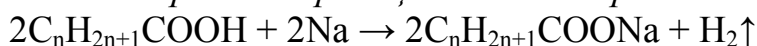
$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

3. При взаємодії натрію як з органічною кислотою, так і спиртом виділяється водень:

$$V_{1 \text{ заг.}}(\text{H}_2) = 3,36 \text{ л};$$

$$\nu_{\text{...2}}(\text{H}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{3,36 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

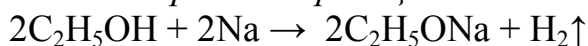
4. Складаємо рівняння реакції взаємодії органічної кислоти з натрієм:



З попередніх розрахунків $\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH})$ складає 0,05 моль. Отже, $\nu_1(\text{H}_2)$, за рівнянням реакції дорівнює 0,025 моль:

$$\nu_2(\text{H}_2) = \nu_{\text{заг.}}(\text{H}_2) - \nu_1(\text{H}_2) = 0,15 \text{ моль} - 0,025 \text{ моль} = 0,125 \text{ моль}$$

5. Складаємо рівняння реакції етилового спирту з натрієм:



Відповідно $\nu(\text{H}_2)$ у даній реакції дорівнює $\nu_2(\text{H}_2) = 0,125 \text{ моль}$, а за рівнянням $\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,25 \text{ моль}$.

6. Знаходимо маси речовин у суміші:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \times \nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ г/моль} \times 0,25 \text{ моль} = 11,5 \text{ г}$$

Масу $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ визначаємо за різницею маси суміші та маси спирту:

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 13,8 \text{ г} - 11,5 \text{ г} = 2,3 \text{ г}$$

7. Визначаємо молярну масу органічної кислоти:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH})}{\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH})} = \frac{2,3 \text{ г}}{0,05 \text{ моль}} = 46 \text{ г/моль}$$

8. Обчислюємо кількість атомів Карбону в органічній кислоті:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 12n + 2n + 46 = 46$$

Висновок: вуглеводневий радикал у формулі цієї органічної кислоти містить тільки один атом Гідрогену. Отже, формула органічної кислоти – HCOOH .

Відповідь: Формула одноосновної органічної кислоти HCOOH (метанова або мурашина кислота).

Приклад № 5

При кількісній міжмолекулярній дегідратації суміші двох одноатомних насичених спиртів невідомої будови виділилось 13,4 г води й утворилось 66 г суміші трьох органічних речовин з однаковими кількостями речовин. Відомо, що речовини належать до одного й того ж класу органічних сполук. Визначте склад вихідних спиртів.

Дано:

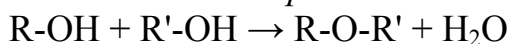
$$m_{\text{сум.}}(\text{3 етерів}) = 66 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 13,5 \text{ г}$$

Склад вихідних спиртів - ?

Розв'язання:

1. Складаємо рівняння реакції дегідратації суміші 2-х одноатомних спиртів:



2. Знаходимо кількість речовини H_2O :

$$\nu \text{H}_2\text{O} = \frac{m}{M} = \frac{13,5 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,75 \text{ моль}$$

За рівнянням $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{R-O-R}')$

$$\nu(\text{R-O-R}') = 0,75 \text{ моль}$$

3. Визначаємо молярну масу суміші вуглеводневих радикалів, що входять до складу етерів:

$$M(\text{R-O-R}') = \frac{m}{\nu} = \frac{66 \text{ г}}{0,75 \text{ моль}} = 88 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{R;R}') = M(\text{R-O-R}') - M(\text{O}) = 88 - 16 = 72 \text{ г/моль}$$

4. Виводимо вираз для визначення сумарної кількості атомів Карбону в продуктах реакції:

$$\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}) = 72 \text{ г/моль}; 12n + 2n = 72; 14n = 72; n = 5$$

Отже, загальна кількість атомів Карбону в суміші вихідних спиртів – 5.

Відповідь:

1 суміш $\left\{ \begin{array}{l} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} - \text{етанол} \\ \text{C}_3\text{H}_7\text{OH} - \text{пентанол} \end{array} \right.$

2 суміш $\left\{ \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{OH} - \text{метанол} \\ \text{C}_4\text{H}_9\text{OH} - \text{бутанол} \end{array} \right.$

3 суміш $\left\{ \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{OH} - \text{метанол} \\ \text{C}_4\text{H}_9\text{OH} - \text{ізобутанол} \end{array} \right.$

Задачі для самоконтролю

1. У результаті повного окиснення одноатомного спирту утворюється кислота, для нейтралізації 10 г якої необхідно 27 мл розчину лугу, в якому масова частка гідроксиду калію 20% (густина 1,18 г/мл). Визначте формулу спирту.
2. У результаті окиснення невідомої оксигеновмісної органічної сполуки масою 17,6 г утворилась одноосновна карбонова кислота масою 24,0 г, під час взаємодії якої з надлишком гідроген карбонату натрію виділився газ об'ємом 8,96 л (н.у.). Визначте будову вихідної сполуки.

3. У результаті нітрування гомолога бензену масою 5,3 г утворилась суміш мононітропохідних загальною масою 4,53 г. Установіть молекулярну формулу гомологу бензену, якщо вихід реакції нітрування дорівнює 60%.

Виведення молекулярної формули за просторовою будовою молекул органічних речовин

В органічній хімії застосовують молекулярні, емпіричні, структурні, напівструктурні та електронні формули. Молекулярна формула показує якісний і кількісний склад атомів у молекулі. Емпірична формула – відносне число атомів кожного елемента в молекулі. Структурні та електронні формули відображають порядок з'єднання атомів у молекулі. В органічній хімії, як правило, користуються напівструктурними формулами, оскільки атоми мають просторове розміщення у молекулі. Структурні формули – це мова органічної хімії.

І з розвитком органічної хімії поняття ізомерії поглибилося і наповнилося новим змістом, особливо за рахунок стереохімічних (просторових) уявлень. Сучасне визначення ізомерів включає дві найважливіші класифікаційні ознаки – будова (послідовність зв'язку між атомами) і просторове розташування атомів або груп атомів (лігандів).

Алгоритм 8

1. Вивчити умову задачі.
2. Записати скорочену умову задачі.
3. За умовою завдання визначити, скільки атомів речовини може приєднати органічна сполука.
4. Скласти рівняння реакції.
5. Визначити співвідношення кількості реагуючої речовини і продукту реакції.
6. Вивести істинну формулу.
7. Записати відповідь до задачі (скорочену чи повну).

Приклад

Продукти спалювання 0,05 моль вуглеводню, симетрична молекула якого має розгалужену будову, пропустили в надлишок вапняної води. Утворився осад масою 30 г. Указана кількість речовини вуглеводню здатна приєднувати таку саму кількість речовини бромю. Яка структурна формула молекули вуглеводню і його назва?

Дано:

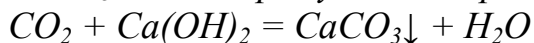
$m(\text{C}_x\text{H}_y) = 0,05$ моль
 $m(\text{осаду}) = 30$ г
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – вапняна
вода

 C_xH_y - ?

Розв'язання:

1. За умовою завдання відомо, що дана кількість вуглеводню може приєднати таку ж саму кількість бромю. Отже, це алкен, загальна формула якого C_nH_{2n} .

2. Утворений осад – це CaCO_3 , який отримується за рівнянням реакції:



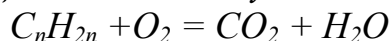
3. Визначаємо кількість речовини осаду:

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$$

$$v(\text{CaCO}_3) = \frac{n}{V} = \frac{30\text{г}}{100\text{г/моль}} = 0,3\text{моль}$$

4. Кількість речовини карбон (IV) оксиду за рівнянням реакції теж 0,3 моль.

5. Складаємо рівняння реакції спалювання вуглеводню:

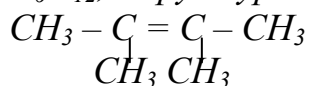


6. Визначаємо співвідношення кількості реагуючої речовини вуглеводню і продукту реакції карбон (IV) оксиду.

$$N(\text{C}_n\text{H}_{2n}) : v(\text{CO}_2) = 0,05 \text{ моль} : 0,3 \text{ моль} \text{ або } 1:6$$

Відповідно у формулі міститься 6 атомів Карбону.

7. Виводимо істинну формулу вуглеводню. Отже емпірична формула алкену – C_6H_{12} , структурна формула симетричної будови:



І відповідна назва якого: цис – 2,2 – диметил – 2 – бутен або цис- 2,2 – диметил бут-2-ен.

Відповідь: Формула вуглеводню – C_6H_{12} .

Задачі для самоконтролю

1. Дихлоралкан, в якому атоми Хлору розташовані біля сусідніх атомів Карбону, обробили надлишком спиртового розчину лугу. Маса газу, що виділився, у 2,825 раза менша від маси вихідної сполуки. З'ясуйте будову вихідної сполуки та продукту реакції (1,2 – дихлоропропан; пропін).
2. Під час спалювання насиченого одноатомного спирту виділяється такий об'єм карбон (IV) оксиду, що у 8 разів перевищує об'єм водню, який виділяється внаслідок дії надлишку натрію на таку саму кількість спирту. Визначте структуру спирту, якщо відомо, що він має три метильних групи. $((\text{CH}_3)_3\text{COH})$

Виведення молекулярної формули за співвідношенням мас

Для обчислення кількісних співвідношень елементів використовують формулу:

$$v(A) : v(B) : v(C) = x : y : z,$$

де x, y, z – індекси.

Формула для обчислення масових співвідношень елементів:

$$m(A) : m(B) : m(C) = xM(A) : yM(B) : zM(C)$$

Алгоритм 9

1. Вивчити умову задачі.
2. Записати скорочену умову задачі.

3. За співвідношенням мас елементів установити найпростішу формулу речовини.
4. Визначити молярну масу речовини.
5. Для виведення молекулярної формули вуглеводню слід узгодити співвідношення мас елементів з його відносною молекулярною масою.
6. Вивести істинну формулу.
7. Записати відповідь до задачі (скорочену чи повну).

Приклад

Молекулярна маса сполуки, що містить Карбон, Гідроген та Оксиген, у 2 рази більша за молярну масу четвертого члена гомологічного ряду алканів. Співвідношення мас Карбону, Гідрогену та Оксигену в молекулі становить 12:1:16. Установіть формулу речовини.

Дано:

$$\begin{aligned} M(C_xH_yO_z) &= 2M(C_4H_{10}) \\ m(C):m(H):m(O) &= 12:1:16 \\ C_xH_yO_z - ? \end{aligned}$$

Розв'язання:

1. Визначаємо молярну масу четвертого члена гомологічного ряду алканів:

$$M(C_4H_{10}) = 58 \text{ г/моль}$$

2. Обчислюємо молекулярну масу невідомої речовини складу $C_xH_yO_z$:

$$M(C_xH_yO_z) = 2M(C_4H_{10}) = 2 \times 58 \text{ г/моль} = 116 \text{ г/моль}$$

$$3. \text{ За співвідношенням мас елементів } m(C) : m(H) : m(O) = \frac{12}{Ar(C)} : \frac{1}{Ar(H)} : \frac{16}{Ar(O)}$$

установлюємо, що найпростіша формула речовини CHO .

4. Визначаємо молярну масу речовини CHO :

$$M(CHO) = 29 \text{ г/моль}$$

5. Для виведення молекулярної формули вуглеводню узгоджуємо це співвідношення з його відносною молекулярною масою:

$$M(C_xH_yO_z) : M(CHO) = 116 : 29 = 4$$

Як бачимо, співвідношення між атомами в молекулі вуглеводню слід збільшити в 4 рази. Отже, формула алкану – $C_4H_4O_4$.

Відповідь: Формула вуглеводню – $C_4H_4O_4$.

Задачі для самоконтролю

1. Установіть формулу органічної кислоти, яку використовують при виробництві одного із сучасних волокон, якщо відомо, що співвідношення мас Карбону, Гідрогену та Оксигену в її молекулі становить 48:3:32, а молярна маса в 4,15 рази більша за молярну масу третього члена гомологічного ряду алканів.
2. Визначте істинну формулу сполуки, до складу якої входять атоми Карбону, Гідрогену й Оксигену, якщо співвідношення їхніх мас становить відповідно 8 : 1 : 16. Молярна маса сполуки – 150 г/моль.

Список використаної літератури

1. Березан О.В. Органічна хімія: [навч. посіб.] / О.В. Березан. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2012. – 208 с.
2. Кузьменко М.Є. Хімія. 2400 для школярів та абітурієнтів / М.Є. Кузьменко, В.В. Єрьомін; [пер. з рос.]. – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2001. – 560 с.
3. Боечко Ф.Ф. Органічна хімія: [проб. підруч. для 10-11 класів (шкіл) хімічних профілів та класів (шкіл) з поглибленим вивченням предмета] / Ф.Ф. Боечко, В.М. Найдан, А.К. Грабовий. – К.: Вища шк., 2001. – 398 с.: іл.
4. Попель П.П. Хімія: [підручник для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл. (академічний рівень)] / П.П. Попель, Л.С. Крикля /К.: ВЦ «Академія», 2011-352с.: іл.
5. Старовойтова І.Ю. Хімія: [підручник для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл. (академічний рівень)] / І.Ю. Старовойтова, О.В. Люсай. – Х.: Вид. група «Основа», 2011. – 144 с.
6. Домбровський А.В. Органічна хімія: [підруч. для 10-11 кл. серед. загальноосв. шк.] / А.В. Домбровський, Н.І. Лукашова, С.М. Лукашов. – К.: Освіта, 1998. – 192 с.
7. Рибачук Л.М. Розв'язування задач з хімії: [навчальний посібник] / Л.М. Рибачук. – Тернопіль: Мандрівець, 2013. – 144 с.

Н.М. Швець, Т.В. Ціперко

Розв'язування задач на виведення формул органічних речовин

Підписано до друку 27.12.2016 р.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Таймс.
Друк – принтер. Тираж 70 прим.
Зам. № 253

КЗ «КОІППО імені Василя Сухомлинського», вул. Велика Перспективна, 39/63,
Кропивницький, 25006

Віддруковано в лабораторії інформаційно-методичного забезпечення освітнього
процесу КЗ «КОІППО імені Василя Сухомлинського», вул. Велика Перспективна, 39/63,
Кропивницький, 25006