

Практичне заняття № 1
АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЕ ВЧЕННЯ

Завдання для самостійної роботи студентів

Основні поняття хімії: атом, елемент, прості та складні речовини, алотропія. Молекула. Атомна і молекулярна маса. Моль, молярна маса.

Закон еквівалентів. Еквівалент, еквівалентна маса елемента. Молярна маса еквівалентів. Поняття про еквіваленти складних речовин. Визначення числа еквівалентності.

Приклади розв'язання типових задач

Приклад 1. Маса газу об'ємом 5,6 л (н.у.) дорівнює 7 г. Обчисліть: а) молярну масу газу, б) його відносну молекулярну масу, в) масу молекули газу.

Розв'язання. а) Використовуючи співвідношення для знаходження кількості речовини газу за величиною молярного об'єму газу (за н.у. дорівнює 22,4 л/моль), знаходимо кількість речовини газу та його молярну масу:

$$n(X) = \frac{V^0(X)}{V_M^0} = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль},$$

$$M(X) = \frac{m(X)}{n(X)} = \frac{7 \text{ г}}{0,25 \text{ моль}} = 28 \text{ г/моль}$$

б) Оскільки відносна молекулярна маса речовини чисельно дорівнює її молярній масі, але є безрозмірною величиною, то $M_r(X) = 28$.

в) Маса молекули газу знаходимо з співвідношення:

$$m_0(X) = \frac{M(X)}{N_A} = \frac{28 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 4,65 \cdot 10^{-23} \text{ г}.$$

Приклад 2. Розрахуйте відносну густину карбон (IV) оксиду за азотом.

Розв'язання. Згідно з наслідком з закону Авогадро: *Відносна густина одного газу X_1 за іншим X_2 , яку позначають $D_{X_2}(X_1)$ - це відношення густини цих газів ($\frac{m}{V}$), тобто відношення мас однакових об'ємів газів ($V(X_1)=V(X_2)$), отже і відношення їх молярних мас (молярної маси газу X_1 до молярної маси газу X_2):*

$$D_{X_2}(X_1) = \frac{\frac{m(X_1)}{V(X_1)}}{\frac{m(X_2)}{V(X_2)}} = \frac{m(X_1)}{m(X_2)} = \frac{M(X_1)}{M(X_2)},$$

таким чином для нашої задачі:

$$D_{N_2}(CO_2) = \frac{M(CO_2)}{M(N_2)} = \frac{44 \text{ г/моль}}{28 \text{ г/моль}} = 1,57.$$

Приклад 3. Чому дорівнює: а) еквівалент і молярна маса еквівалентів хімічних елементів – гідрогену та кисню; б) молярна маса еквівалентів простих

речовин – водню (H_2) та кисню (O_2); в) молярний об'єм еквівалентів водню та кисню; г) молярний об'єм еквівалентів гідрогену та оксигену?

Розв'язання.

а) Валентність гідрогену дорівнює I, а оксигену – II, число еквівалентності з цих елементів становить відповідно 1 та 2.

Тому еквівалентом гідрогену є його атом (H), а еквівалентом оксигену є $\frac{1}{2}$ атома оксигену ($\frac{1}{2}O$).

Молярна маса еквівалентів хімічного елемента дорівнює молярній масі елемента, поділеній на число еквівалентності:

$$M\left(\frac{1}{z}B\right) = \frac{M(B)}{z}$$

Відповідно молярна маса еквівалентів гідрогену дорівнює:

$$M\left(\frac{1}{1}H\right) = M(H) = 1 \text{ г/моль},$$

а молярна маса еквівалентів оксигену дорівнює:

$$M\left(\frac{1}{2}O\right) = \frac{M(O)}{2} = \frac{16 \text{ г/моль}}{2} = 8 \text{ г/моль}$$

б) Оскільки молярна маса еквівалентів простої речовини дорівнює молярній масі еквівалентів хімічного елемента, то молярна маса еквівалентів водню становить 1 г/моль, а молярна маса еквівалентів кисню – 8 г/моль.

в) Визначимо кількості простих речовин водню та кисню, маса яких дорівнює відповідно молярній масі еквівалентів водню та молярній масі еквівалентів кисню, а об'єм – молярним об'ємам еквівалентів цих речовин:

$$n(H_2) = \frac{m(H_2)}{M(H_2)} = \frac{1 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль},$$

$$n(O_2) = \frac{m(O_2)}{M(O_2)} = \frac{8 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}.$$

Знаходимо об'єм (н.у.) розрахованих кількостей водню та кисню:

$$V^0(H_2) = n(H_2) \cdot V_M^0 = 0,5 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 11,2 \text{ л},$$

$$V^0(O_2) = n(O_2) \cdot V_M^0 = 0,25 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,6 \text{ л}$$

Отже, молярний об'єм еквівалентів водню дорівнює 11,2 л/моль, а молярний об'єм еквівалентів кисню – 5,6 л/моль.

г) Оскільки молярний об'єм еквівалентів хімічного елемента дорівнює молярному об'єму еквівалентів простої речовини, яка складається з атомів цього елемента, то молярний об'єм еквівалентів гідрогену $V_M^0\left(\frac{1}{1}H\right)$ становить 11,2 л/моль, а молярний об'єм еквівалентів оксигену $V_M^0\left(\frac{1}{2}O\right)$ – 5,6 л/моль.

Приклад 4. Під час згоряння металу масою 5 г утворюється метал оксид масою 9,44 г, в якому валентність металу дорівнює трьом. Розрахуйте: а) еквівалент металу, б) молярну масу еквівалентів металу, в) молярну масу еквівалентів метал оксиду, г) молярну масу металу. Визначте, що це за метал.

Розв'язання.

а) Оскільки число еквівалентності металу співпадає з його валентністю, то еквівалентом металу є $1/3$ його атома ($\frac{1}{3}Me$).

б) Обчислюємо кількість еквівалентів кисню, що знаходиться в утвореному оксиді, враховуючи, що маса кисню дорівнює різниці між масою оксиду та масою металу: $m(O) = 9,44 \text{ г} - 5 \text{ г} = 4,44 \text{ г}$;

$$n\left(\frac{1}{2}O\right) = \frac{m(O)}{M\left(\frac{1}{2}O\right)} = \frac{4,44 \text{ г}}{8 \text{ г/моль}} = 0,555 \text{ моль}$$

Відповідно до закону еквівалентів кількість еквівалентів металу дорівнює кількості еквівалентів кисню: $n\left(\frac{1}{3}Me\right) = n\left(\frac{1}{2}O\right) = 0,555 \text{ моль}$

Розрахуємо молярну масу еквівалентів металу:

$$M\left(\frac{1}{3}Me\right) = \frac{m(Me)}{n\left(\frac{1}{3}Me\right)} = \frac{5 \text{ г}}{0,555 \text{ моль}} = 9 \text{ г/моль}$$

в) Молярна маса еквівалентів метал оксиду дорівнює сумі молярних мас еквівалентів металу та кисню:

$$M\left(\frac{1}{3}Me_2O_3\right) = M\left(\frac{1}{3}Me\right) + M\left(\frac{1}{2}O\right) = 9 \text{ г/моль} + 8 \text{ г/моль} = 17 \text{ г/моль}.$$

г) Обчислюємо молярну масу металу (за умови, що валентність металу дорівнює трьом):

$$M\left(\frac{1}{3}Me\right) = \frac{M(Me)}{3}, \text{ тому } M(Me) = M\left(\frac{1}{3}Me\right) \cdot 3 = 9 \text{ г/моль} \cdot 3 = 27 \text{ г/моль}$$

За Періодичною системою елементів визначаємо, що це алюміній.

Приклад 5. Під час розчинення заліза масою 7 г у хлоридній кислоті виділяється водень об'ємом 2,8 л (н.у.). Розрахуйте а) молярну масу еквівалентів феруму, б) валентність феруму та його еквівалент в солі, яка утворилась. Наведіть формулу солі.

Розв'язання.

а) Розрахувати молярну масу еквівалентів феруму можна двома способами:

I спосіб. Розрахуємо молярну масу еквівалентів феруму за законом еквівалентів, враховуючи, що молярний об'єм еквівалентів водню дорівнює молярному об'єму еквівалентів гідрогену, тобто становить 11,2 л/моль:

$$\frac{m(Fe)}{V^0(H_2)} = \frac{M\left(\frac{1}{z}Fe\right)}{V_M^0\left(\frac{1}{1}H\right)} ; \quad M\left(\frac{1}{z}Fe\right) = \frac{m(Fe) \cdot V_M^0\left(\frac{1}{1}H_2\right)}{V^0(H_2)},$$

$$M\left(\frac{1}{z}Fe\right) = \frac{7 \text{ г} \cdot 11,2 \text{ л/моль}}{2,8 \text{ л}} = 28 \text{ г/моль}$$

II спосіб. Кількість еквівалентів водню, виділеного внаслідок розчинення заліза у кислоті, дорівнює кількості еквівалентів гідрогену, витісненого з кислоти металом, а саме:

$$n\left(\frac{1}{1}H\right) = \frac{V^0(H_2)}{V^0_M\left(\frac{1}{1}H\right)} = \frac{2,8 \text{ л}}{11,2 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

За законом еквівалентів: $n\left(\frac{1}{z}Fe\right) = n\left(\frac{1}{1}H\right) = 0,25 \text{ моль}$.

Обчислимо молярну масу еквівалентів феруму:

$$M\left(\frac{1}{z}Fe\right) = \frac{m(Fe)}{n\left(\frac{1}{z}Fe\right)} = \frac{7 \text{ г}}{0,25 \text{ моль}} = 28 \text{ г/моль}$$

б) Визначимо число еквівалентності феруму в солі.

Оскільки $M\left(\frac{1}{z}Fe\right) = \frac{M(Fe)}{z}$; то $z = \frac{M(Fe)}{M\left(\frac{1}{z}Fe\right)} = \frac{56 \text{ г/моль}}{28 \text{ г/моль}} = 2$

Валентність феруму в солі дорівнює II, його еквівалентом є $\frac{1}{2}$ атома $\left(\frac{1}{2}Fe\right)$, а формула утвореної солі – $FeCl_2$.

Контрольні запитання і задачі

1. Метал (M) взаємодіє з сіркою (S). Валентність сульфуру у продукті реакції дорівнює 2. Визначте еквівалентну масу металу, якщо :

а) $m(M) = 3 \text{ г}$, $m(S) = 1,64 \text{ г}$;

б) $m(M) = 1,74 \text{ г}$, $m(S) = 1 \text{ г}$;

в) $m(M) = 1 \text{ г}$, $m(S) = 1,78 \text{ г}$;

2. Наважка металу ($m(M)$) витісняє з кислоти 0,56 л водню (н.у.). Розрахуйте еквівалентну масу металу. Підберіть значення валентності металу та назвіть метал. Маса металу в г подана далі:

а) 2,81 ; б) 0,347 ; в) 1,162.

3. Визначте значення числа еквівалентності та молярну масу еквівалентів кислоти в реакціях:

а) H_2CrO_4 з надлишком лугу;

б) $2H_2CrO_4 + 3H_2 = Cr_2O_3 + 5H_2O$;

в) $H_2WO_4 + 3H_2 = W + 4H_2O$

4. Визначте об'єм кисню (н.у.), що витрачається при згорянні 8 г металу, еквівалентна маса якого дорівнює 20.

5. При спалюванні 3 г двовалентного металу утворилося 4,2 г його оксиду. Визначте, користуючись законом еквівалентів, атомну масу металу.

6. Визначте еквівалентну масу гідраргіриту та валентність в оксиді, якщо з 1 г цього оксиду після повного розкладу утворюється 0,9262 г вільної ртуті.

7. Визначте еквівалент і молярну масу еквівалентів ортофосфатної кислоти, мангану (II), (IV) й (VII) оксидів, феруму (II) і (III) гідроксидів, сульфїду, нїтрату та фосфату амонїю.

8. Визначте еквівалент ортофосфатної кислоти в реакція ступінчастої нейтралїзації розчином лугу, з утворенням дигїдро-, гїдрофосфату і фосфату.

9. Визначте еквівалент нїтратної кислоти (розведеної) в реакціях: а) з розчином лугу; б) з металевою мїддю.

10. Визначте еквівалент води в реакціях з натрієм і натрію оксидом.

11. Яка кїлькїсть речовини (моль) та скїльки молекул мїститься в 5 г азоту? Який об'єм займають 5 г азоту за н.у.?

12. Густина газу за воднем становить 29. Знайдїть його молярну масу, вїдносну густину за повітрям та масу однієї молекули.

13. Маси рївних об'ємів деякого газу та повітря за однакових умов дорївнюють вїдповїдно 6,4 г та 5,8 г. Визначте молекулярну масу газу, його густину за воднем, масу 1 л за н.у.

14. Розрахуйте масу 10 л амїаку (н.у.), число молів, молекул та атомів в цьому об'ємі.

15. Маса 750 мл газу (н.у.) становить 1,54 г. Знайдїть його молярну масу та масу однієї молекули, густину за повітрям.

16. Обчислїть молярну масу газу, 6 г якого займає об'єм 7 л за температури 750 К і тиску 83,1 кПа ($R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$).

17. Чому дорївнює густина нїтрогену (IV) оксиду за н.у. та його густина за киснем?

18. Розрахуйте об'єм азоту та водню (за н.у.), що необхідні для утворення одного молю амїаку. Визначте число молекул газів у цих об'ємах.

19. Маса 0,5 л газу (за н.у.) становить 0,76 г. Визначте Молярну масу цього газу.

20. Визначте молярну масу газу, 2,8 г якого за 750 К і тиску 33,1 кПа займають об'єм 7 л.

21. Визначте молярну масу газу, вїдносна густина якого за киснем становить 2, а також масу однієї молекули цього газу в грамах.

22. Розрахуйте масу 1 л амїаку, якщо маса 1 л повітря за тих же умов становить 1,298 г.

23. 0,57 г газу за тиску 741 мм рт. ст. і температури 294 к займають об'єм 325 мл. Маса такого ж об'єму повітря становить 0,377 грама. Визначте молярну масу газу трьома рїзними способами (значення $R = 62400 \text{ мм рт.ст.} \cdot \text{мл}/(\text{моль} \cdot \text{К})$).

24. За деякої температури густина пари сірки за повітрям складає 6,62, а фосфору - 4,28. Скільки атомів сульфуру та фосфору входить до складу молекул за цих умов?

25. Густина за повітрям газоподібної сполуки силіцію з воднем дорівнює 4,22. Знайдіть її формулу, якщо ця сполука містить 91,77 % силіцію.

26. Вуглеводень, густина якого за воднем дорівнює 21, містить 85,71 % карбону. Визначте молекулярну формулу речовини.

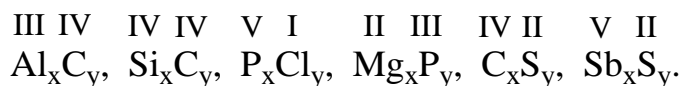
27. Речовина, густина якої за повітрям дорівнює 2,069, містить 40% карбону, 6,67% водню і 53,33% кисню. Визначте молекулярну формулу речовини.

28. Визначте найпростішу формулу сполуки, що містить нітрогену 14,12%, сульфуру 32,28%, кисню 48,43%, інше – водень.

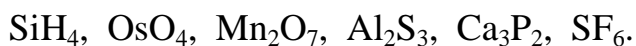
29. Розрахуйте масову частку (ваговий відсоток) водню та кисню в звичайній воді H_2O . Як зміниться відсотковий склад елементів: а) у важкій воді, де замість звичайного водню ізотопу протію 1H – ізотоп дейтерію 2H ? б) у воді, що складається з ізотопів тритію 3H та кисню ^{16}O ?

30. Розрахуйте масу кисню, що припадає на одну масову частину сульфуру в оксидах SO_2 і SO_3 . Визначте еквівалент атома сульфура та молярну масу еквівалентів сульфуру в наведених сполуках.

31. Складіть найпростіші формули бінарних сполук, з відомою валентністю елементів:



32. Визначте валентність елементів у сполуках:



33. Складіть і запишіть формули нітратів, сульфатів і фосфатів калію, амонію та алюмінію.