

## МОЛЬ И ПЛОТНОСТЬ УПОКОВКИ АТОМОВ

Мгалоблишвили Карло<sup>1</sup>, Жгенти Нодар<sup>2</sup>, Адеишвили Нино<sup>1</sup>

1-Кутаисский Государственный Университет,

2-Грузинский Технический Университет

### Резюме

За последние 50 лет интенсивно ведутся работы по уточнению значения физических констант. Их результаты впечатляют. В отдельных случаях точность определения величин этих констант увеличилась почти в 1000 раз.

**Ключевые слова:** моль, плотность, атом, вещество, измерение

### 1. Введение

В 1958 году число Авогадро, которое непосредственно связано с единицей количества вещества-молем, было определено с относительной погрешностью  $6,3 \cdot 10^{-3} \%$ , то сегодня (август 2008), оно рассчитано с относительной погрешностью  $4,9 \cdot 10^{-6} \%$ . Несмотря на значительные достижения в области измерения числа Авогадро, моль является наименее изученной единицей среди единиц SI [1-3].

### 2. Основная часть

Молярная масса одного моля бензола ( $C_6H_6$ ) составляет  $6 \cdot 12 + 1,6 = 78 \cdot 10^{-3}$  кг/моль, его плотность  $879$  кг/м<sup>3</sup>, при  $T = 20^{\circ}C$ .

Объем одного моля  $78 \cdot 10^{-3} / 879 = 88,7 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/моль =  $88,7$  см<sup>3</sup>/моль.

Молекула бензола ( $C_6H_6$ ) содержит 6 атомов, углерода и 6 атомов водорода. Диаметр атома водорода –  $0,92 \text{ \AA}$ , диаметр углерода –  $1,54 \text{ \AA}$ .

Объем 6 атомов водорода

$$V_H = 6 \cdot 0,523 (0,92)^3 \text{ \AA}^3 = 2,44 \text{ \AA}^3.$$

Объем 6 атомов углерода

$$V_C = 6 \cdot 0,523 (1,54)^3 \text{ \AA}^3 = 11,46 \text{ \AA}^3.$$

Общий объем атомов в молекуле  $V_{\text{об}} = 13,9 \text{ \AA}^3$ .

В 1 моле бензола суммарный объем молекул составит

$$13,9 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 83,68 \cdot 10^{23} = 83,68 \cdot 10^{-24} \cdot 10^{23} \text{ см}^3/\text{моль} = 8,368 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Полученный объем составляет 9,43 % от мольного объема бензола, т.е. в общем объеме бензола принятом за 100 %, суммарный объем, приходящийся на долю всех молекул (атомов) бензола составляет только 9,43%. Эту часть объема и содержащихся в нем молекул назовем действующим началом вещества, а остальную часть объема - свободным объемом или пустотой.

#### 2.1. Ацетон ( $CH_3COOCH_3$ ).

Молярная масса одного моля ацетона равна

$$12 + 3 \cdot 1 + 12 + 16 + 16 + 3 \cdot 12 + 3 \cdot 1 = 74 \text{ г},$$

его плотность  $0,798 \text{ г/см}^3$ .

Отсюда объем одного моля  $74:0,798 = 92,73 \text{ см}^3$ .

Рассчитаем суммарный объем атомов, составляющих молекулу ацетона.

Объем 6 атомов водорода

$$V_H = 6 \cdot 0,523 \cdot (0,92)^3 = 2,44 \text{ \AA}^3.$$

Объем 3-х атомов углерода

$$V_y = 3 \cdot 0,523 \cdot (1,54)^3 = 5,73 \text{ \AA}^3.$$

Объем двух атомов кислорода

$$V_K = 2 \cdot 0,523 \cdot (1,2)^3 = 1,81 \text{ \AA}^3.$$

Общий объем атомов в одной молекуле  $2,44+5,73+1,81 = 9,98 \text{ \AA}^3$ .

Для всех молекул это число умножим на число Авогадро:

$$V_{ac} = 9,98 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 60,08 \cdot 10^{23} \text{ \AA}^3 = 60,08 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-24} \text{ см}^3 = 6,008 \text{ см}^3.$$

Полученный объем составляет 6,48 % от мольного объема ацетона.

Таким образом, действующее начало вещества в ацетоне составляет 6,48%, а остальная часть ацетона является межатомным пространством.

## 2.2. Четыреххлористый углерод (CCl<sub>4</sub>).

Молярная масса одного моля четыреххлористого углерода

$$\text{CCl}_4 = 12 + 4 \cdot 35,4 = 153,6 \text{ г.},$$

его плотность  $1,59 \text{ г/см}^3$  при  $T=20^0\text{C}$ .

Объем одного моля  $\text{CCl}_4 = 153,6:1,59 = 96,6 \text{ см}^3$ .

Суммарный объем атомов одной молекулы состоит из 4-х атомов хлора, с диаметром равным  $1,98 \text{ \AA}$  и объемом

$$V_{xл} = 4 \cdot 0,523 (1,98)^3 = 16,24 \text{ \AA}^3$$

и одного атома углерода с диаметром, равным  $1,54 \text{ \AA}$

и объемом углерода  $V_{yч} = 0,523 \cdot (1,54)^3 = 1,91 \text{ \AA}^3$

Объем атомов одной молекулы  $\text{CCl}_4$

$$V_{x,yч} = 16,24 + 1,91 = 18,15 \text{ \AA}^3.$$

Объем  $6,02 \cdot 10^{23}$  (число Авогадро) молекул одного моля  $\text{CCl}_4$

$$\begin{aligned} V_{x.м.} &= 18,15 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 109,26 \cdot 10^{23} \text{ \AA}^3 = \\ &= 109,26 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-24} \text{ см}^3 = 10,9 \text{ см}^3, \end{aligned}$$

что составляет 9,2 % действующего начала  $\text{CCl}_4$ .

## 2.3. Ртуть (Hg). Атомная масса ртути равна 200,6;

плотность  $13,5 \text{ г/см}^3$  при  $T=20^0\text{C}$ .

$$\text{Молярный объем} = \frac{200,6}{13,5} = 14,86 \text{ см}^3.$$

Объем одного атома составляет (атомный радиус Hg = 1,60 Å<sup>3</sup>):

$$V = 0,523 \cdot (3,2)^3 = 17,14 \text{ Å}^3.$$

Объем  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов ртути составил

$$17,14 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 103,2 \cdot 10^{23} = 103,2 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-24} \text{ см}^3 = 10,3 \text{ см}^3.$$

Действующее начало в молярном объеме ртути составляет 69,4 %, остальная часть будет пустотой.

#### **2.4. Углерод (C)**

Атомная масса углерода  $C=12$  г., плотность 1,9 г/см<sup>3</sup>.

Молярный объем  $12:1,9 = 6,3 \text{ см}^3$ .

Атомный радиус 0,77 Å.

Объем одного атома -  $0,523(1,54)^3 = 1,91 \text{ Å}^3$ .

Объем атомов в одном моле

$$1,9 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 11,5 \cdot 10^{23} \text{ Å}^3 = 11,5 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-24} \text{ см}^3 = 1,15 \text{ см}^3.$$

Действующее начало составляет 18,25 % от всего объема одного моля.

#### **Уксусная кислота (CH<sub>3</sub>COOH)**

Молярная масса уксусной кислоты равна  $12+3 \cdot 1+12+2 \cdot 16+1 = 60$  г/моль;  
плотность при  $T=20^{\circ}\text{C} = 1,0491$  г/см<sup>3</sup>.

Объем одного моля составит  $60:1,0491=57,19 \text{ см}^3$ .

Объем двух атомов углерода

$$2 \cdot 0,523(1,54)^3 = 3,82 \text{ Å}^3.$$

Объем 4-х атомов водорода

$$4 \cdot 0,523(0,92)^3 = 1,63 \text{ Å}^3.$$

Объем двух атомов кислорода

$$2 \cdot 0,523(1,2)^3 = 1,81 \text{ Å}^3.$$

Общий объем атомов одной молекулы уксусной кислоты

$$3,82+1,63+1,81=7,26 \text{ Å}^3.$$

Объем всех молекул одного моля уксусной кислоты

$$7,26 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 43,7 \cdot 10^{23} \text{ Å} = 43,7 \cdot 10^{23} = 4,371 \text{ см}^3.$$

Эта величина в общем объеме одного моля уксусной кислоты или ее действующее начало составляет 7,64 % от всего объема.

Как показали расчеты, действующее начало веществ и, соответственно, пустота являются новыми параметрами, характеризующими их физико-химические свойства. Изучение этих параметров может привести к новым научным результатам. Уже сегодня можно сказать, что от

пустоты и действующего начала вещества зависят его агрегатное состояние, плотность и электрическое сопротивление.

### **3. Заключение**

Вариантов расположения шаров в пространстве может быть великое множество. Из них следует выбрать плотное расположение шаров, когда все шары находятся в соприкосновении с соседними шарами. При плотном расположении шаров они могут находиться в линии (двухточечное соприкосновение), в плоскости (четырёх или шеститочечное соприкосновение) и в пространстве (шести или двенадцатиточечное соприкосновение). Так как мы изучаем просмотранственное расположение шаров, выбираем объёмные шести- и двенадцатиточечное расположение шаров и исследуем применительно к расположению атомов.

### **Литература:**

1. Интернет. Google. Поиск по “Атомные радиусы в таблицах, Молярные объёмы, Плотности веществ” и т.д.
2. Кокочашвили В., Пирцхалава Н. Курс неорганической химии. Тб., “Ганатлеба”, 1975
3. Сидамонидзе Ш., Супаташвили Г., Адамия С. Краткий справочник химика. Тб., “Ганатлеба”, 1976.

### **მოლი და ატომების განლაგების სიმჭიდროვე**

კარლო მგალობლიშვილი, ნოდარ ჟენტო, ნინო ადეიშვილი

1-ქუთაისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

2-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

#### **რეზიუმე**

მოლის მოცულობა დამოკიდებულია ატომების განლაგების სიმჭიდროვეზე, მათ რადიუსზე და კრისტალოგრაფულ ვიწროებაზე

### **INVESTIGATION OF THE MOLE**

Mgaloblishvili Karlo, Jgenti Nodar, Adeishvili Nino

1 - Kutaisi University,

2 - Georgian Technical University

#### **Summary**

There can be a great many of versions of the spherical arrangement in the space. It is necessary to select from them just a compact arrangement of spheres, when all the spheres are in contact with adjacent spheres. With compact arrangement of spheres they can be arranged in-line (point-to-point contact), in the plane (four- or six-point contact and in the volume (six- or twelve-point contact).

The calculation results have shown that the spheres in the first case (at the point of contact) take up 52,3% of the total volume, but the rest 47,7% falls at the space between spheres.