



# Физико-химический анализ

## Способы выражения концентраций растворов

**Концентрация** — величина, характеризующая количественный состав раствора

Согласно правилам ИЮПАК, концентрацией растворённого вещества (не раствора) называют отношение количества растворённого вещества или его массы к объёму раствора (моль/л, г/л), то есть это соотношение неоднородных величин. Те величины, которые являются отношением однотипных величин (отношение массы растворённого вещества к массе раствора, отношение объёма растворённого вещества к объёму раствора) правильно называть долями.

Однако на практике для обоих видов выражения состава применяют термин **концентрация** и говорят о концентрации растворов.



## Процентная концентрация, массовая доля растворённого вещества

Массовая доля растворённого вещества-это отношение массы растворённого вещества к массе раствора.

$$\omega = \frac{m_{p.v}}{m_{p-ra}}, \text{ где } m_{p.v} \text{ - масса растворённого вещества}$$

$m_{p-ra}$  - масса раствора

Для расчёта формула:

$$\omega \% = \frac{m_{p.v}}{m_{p-ra}} \cdot 100 \%$$

Раствор состоит из растворённого вещества и растворителя. Массу раствора можно определить по формуле:

$$m_{p-ra} = m_{p.v} + m_{p-рителя}$$

В бинарных растворах часто существует однозначная зависимость между *плотностью* раствора и его *концентрацией* (при данной температуре). Это даёт возможность определять на практике концентрации важных растворов с помощью *денсиметра* (спиртометра, сахариметра, лактометра). Некоторые ареометры проградуированы не в значениях плотности, а непосредственно концентрации раствора (спирта, жира в молоке, сахара). Часто для выражения концентрации (например, серной кислоты в аккумуляторах) пользуются просто их плотностью. Распространены ареометры предназначенные для определения концентрации растворов веществ.

Зависимость плотности растворов  $\text{H}_2\text{SO}_4$  от её массовой доли в водном растворе при 20°C

$\omega, \%$	10	30	50	70	80	90
$\rho$ $\text{H}_2\text{SO}_4,$ г/мл	1,066	1,219	1,395	1,611	1,727	1,814



# Объёмная доля

Объёмная доля — отношение объёма растворённого вещества к объёму раствора. Объёмная доля измеряется в долях единицы или в процентах.

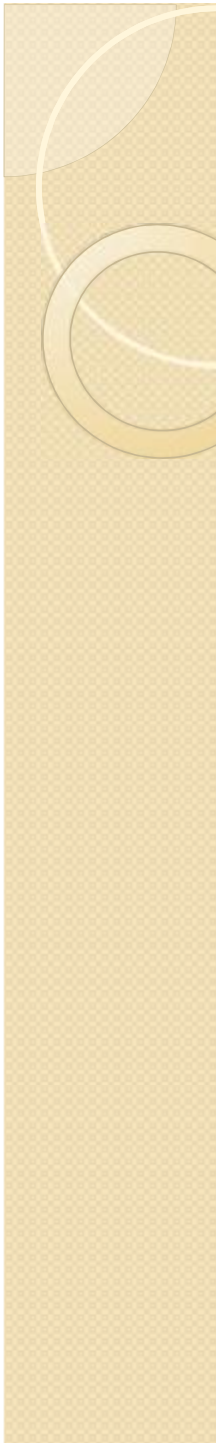
$$\varphi = \frac{V(\text{в-ва})}{V(\text{р-ра})}$$

где:  $V(\text{в-ва})$  — объём растворённого вещества, л;

$V(\text{р-ра})$  — общий объём раствора, л.

Как было указано выше, существуют ареометры, предназначенные для определения концентрации растворов определённых веществ. Такие ареометры проградуированы не в значениях плотности, а непосредственно концентрации раствора.





## Молярность (молярная концентрация)

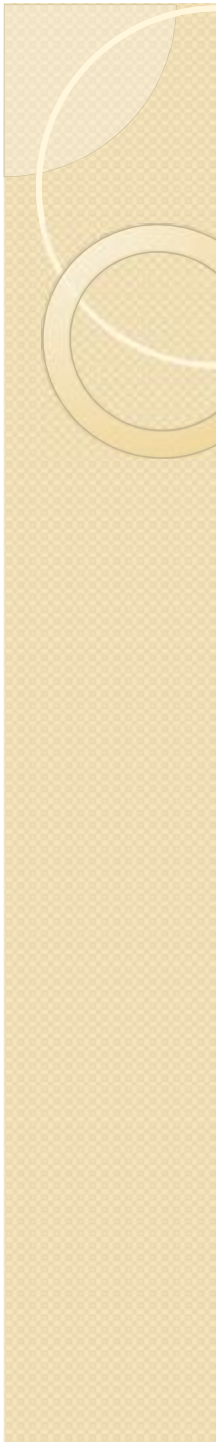
Молярность — число молей растворённого вещества в единице объёма раствора.

$$M = \frac{\nu}{V}$$

где  $\nu$ - количество растворённого вещества, моль;  
 $V$ - объём раствора, л

Молярность чаще выражают в моль/л или ммоль/л. Возможны следующие обозначения молярной концентрации -  $C$ ,  $C_m$ ,  $M$ .

Так, раствор с концентрацией 0,5 моль/л называют 0,5-молярным (0,5M).



# Мольная доля

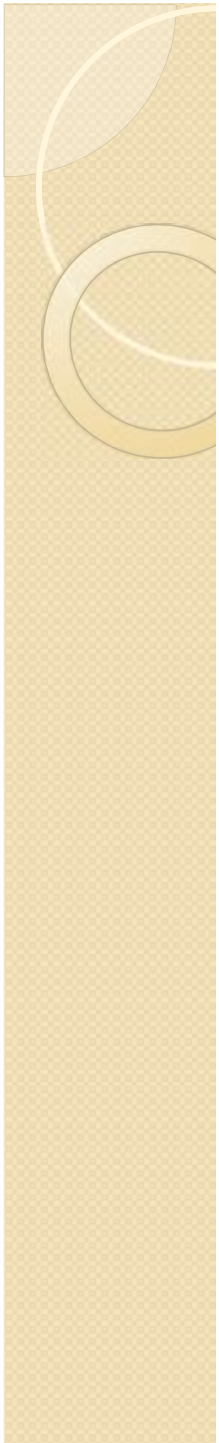
Мольная доля ( $X$ ) — отношение количества молей данного компонента к общему количеству молей всех компонентов.

Мольную долю выражают в долях единицы.

$$X = \frac{v}{\sum v}$$

$v$  — количество компонента, моль;

$\sum v$  — сумма количеств всех компонентов, моль.



# Моляльность (моляльная концентрация)

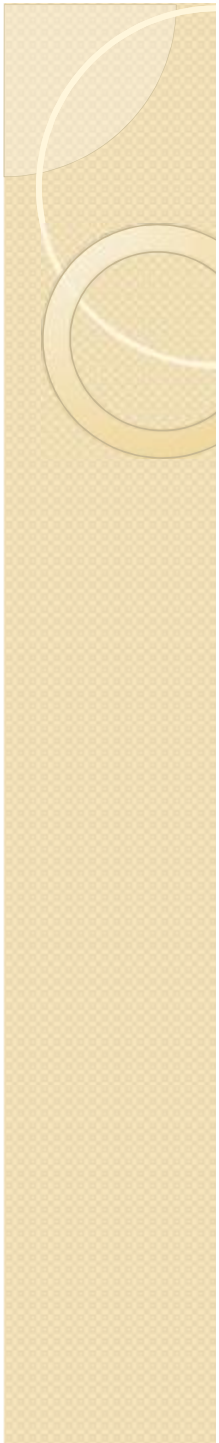
Моляльность — число молей растворённого вещества в 1 кг растворителя.

Измеряется в моль/кг, Так, раствор с концентрацией 0,5 моль/кг называют 0,5-моляльным.

$$C_v = \nu / m(\text{р-ля}),$$

где:  $\nu$  — количество растворённого вещества, моль;  
 $m(\text{р-ля})$  — масса растворителя, кг.

Следует обратить особое внимание, что несмотря на сходство названий, молярность и моляльность величины различные. Прежде всего, при выражении концентрации в моляльности, в отличие от молярности, расчёт ведут на массу растворителя, а не на объём раствора. Моляльность, в отличие от молярности, не зависит от температуры.



# Титр раствора

Титр раствора — масса растворённого вещества в 1 мл раствора.

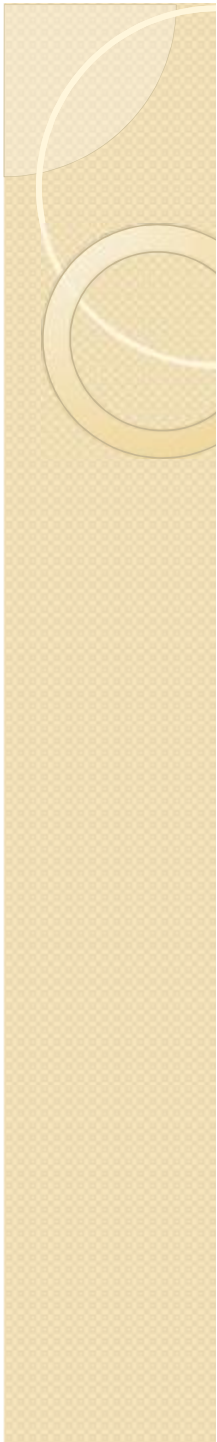
$$T = m(\text{в-ва}) / V(\text{р-ра}),$$

где:  $m(\text{в-ва})$  — масса растворённого вещества, г;

$V(\text{р-ра})$  — общий объём раствора, мл;

В аналитической химии обычно концентрацию титранта пересчитывают применительно к конкретной реакции титрования таким образом, чтобы объём использованного титранта непосредственного показывал массу определяемого вещества; то есть титр раствора показывает, какой массе определяемого вещества (в граммах) соответствует 1 мл титрованного раствора.





## Нормальность (молярная концентрация эквивалента)

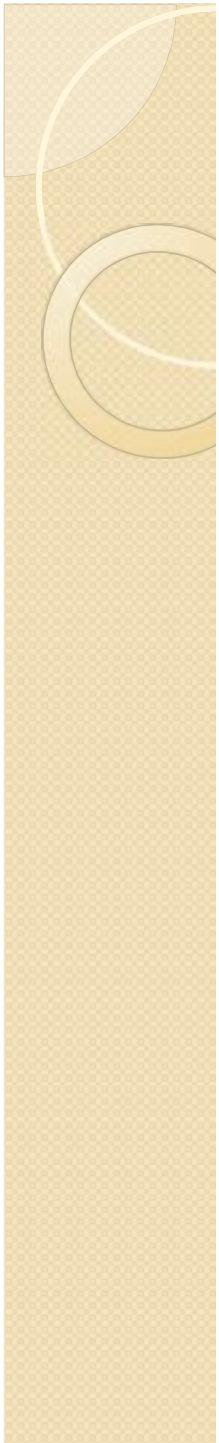
Нормальность (С<sub>н</sub>) — число эквивалентов данного вещества в одном литре раствора. Нормальность выражают в моль-экв/л. Часто концентрацию таких растворов выражают как «н». Например, раствор содержащий 0,1 моль-экв/л называют децинормальным и записывают как 0,1н.

$$C_n = \frac{\text{Э}}{V} \text{ (р-ра)}, \quad \text{где:}$$

Э — эквивалент, моль-экв;

V — общий объём раствора, л;

$$C_n(\text{щёлоч}) \cdot V(\text{щёлоч}) = C_n(\text{кислоты}) \cdot V(\text{кислоты})$$



# Коэффициент растворимости

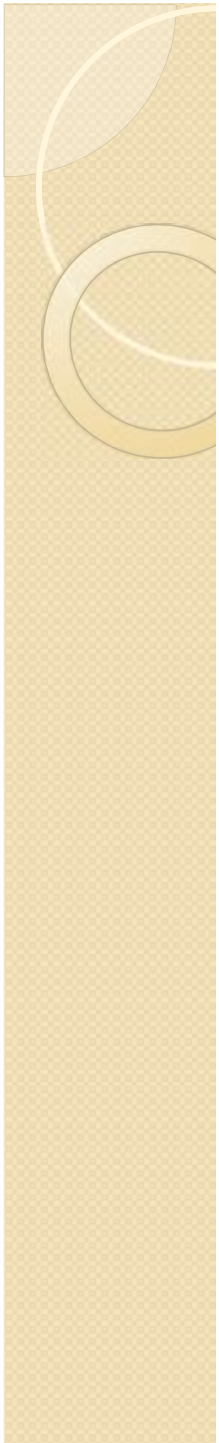
Очень часто концентрацию насыщенного раствора, наряду с вышеперечисленными характеристиками, выражают через так называемый **коэффициент растворимости** или просто **растворимость** вещества.

Отношение массы вещества, образующего насыщенный раствор при данной температуре, к массе растворителя называют **коэффициентом растворимости**:

$$K_p = m(\text{в-ва}) / m(\text{р-ля})$$

**Растворимость вещества** показывает максимальную массу вещества, которая может раствориться в 100 г растворителя:

$$p = (m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ля}}) \cdot 100\%$$



## Задачи

1. Определите молярную концентрацию хлорида натрия в 24%-ном растворе его плотностью 1,18 г/мл.
2. Определите молярную концентрацию соляной кислоты в 20%-ном растворе плотностью 1,098.
3. Определите молярную концентрацию азотной кислоты в 30%-ном растворе ее плотностью 1,18 г/мл.
4. Вычислите массовую долю гидроксида калия в водном растворе с концентрацией 3М и плотностью 1,138 г/мл.
5. Сколько мл 56 %-ного раствора серной кислоты (плотность-1,46г/мл) нужно для приготовления 3 л 1М раствора? (Ответ - 360 мл)

6. К воде массой 200 г прилили 2М раствор хлорида калия объемом 40 мл и плотностью 1,09 г/мл. Определите молярную концентрацию и массовую долю соли в полученном растворе, если его плотность оказалась равна 1,015 г/мл.

7. Сколько г гидроксида калия нужно для нейтрализации 300 мл 0,5 М раствора серной кислоты?

8. Какой объем 2 М раствора гидроксида калия вступит в реакцию: а) с 49 г серной кислоты б) с 200 г 24,5%-ного раствора серной кислоты? в) с 50 г 6,3%-ного раствора азотной кислоты?

9. Какой объем 3М раствора хлорида натрия плотностью 1,12 г/мл надо прилить к воде массой 200 г, чтобы получить раствор с массовой долей соли 10%?

10. Какой объем 3М раствора хлорида калия потребуется для приготовления 200 мл 8%-ного раствора соли с плотностью 1,05 г/мл?

11. 2,8 л аммиака растворили в воде, объем раствора довели до 500 мл. Какое количество вещества аммиака содержится в 1 л такого раствора?



