

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»

*Суханкина Н.В., Козлова-Козыревская А.Л.*

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ.  
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

**Практикум**

УДК 543.2 (075.8)  
ББК 24.4я73

Минск  
2017

Печатается по решению редакционно-издательского совета БГПУ

*Рецензенты:*

*Мельситова И. В.*, доцент кафедры аналитической химии БГУ,  
кандидат химических наук, доцент;  
кафедра химии УО «Витебский государственный университет  
имени П.М. Машерова» (заведующий О. М. Балаева-Тихомирова)

**Суханкина, Н.В.**

Аналитическая химия. Количественный химический анализ: практикум / Н. В. Суханкина. А. Л. Козлова-Козыревская. – Минск : БГПУ, 2017. – 96 с.  
ISBN 978-985-541-386-9.

В пособии излагается сущность гравиметрического и титриметрического методов анализа, описываются техника работы и основные аналитические операции, приводятся методики определения различных веществ методами осаждения и отгонки, кислотно-основного, комплексонометрического и окислительно-восстановительного титрования.

Адресуется студентам педагогических вузов, обучающихся по химико-биологическим специальностям, а также магистрантам и аспирантам при изучении ими современных методов химического анализа.

**ISBN 978-985-541-386-9**

**УДК 543.2 (075.8)  
ББК 24.4я73**

© Суханкина Н. В.,  
Козлова-Козыревская А. Л., 2017  
© оформление. БГПУ, 2017

## Способы выражения состава растворов. Приготовление стандартных растворов. Расчеты в титриметрическом анализе

В титриметрических определениях необходимо знать точную концентрацию титранта. По способу приготовления различают *первичные* и *вторичные* стандартные растворы.

**Первичный стандартный раствор** готовят растворением точного количества чистого химического вещества известного стехиометрического состава (первичного стандарта) в определенном объеме растворителя.

Для получения **вторичного стандарта** готовят сначала раствор с концентрацией, близкой к желаемой, а затем устанавливают точную его концентрацию (стандартизируют) по подходящему первичному стандарту.

Для приготовления многих стандартных растворов можно использовать **фиксаналы**. Фиксанал представляет собой ампулу, в которой запаяно точно известное количество вещества в сухом виде или в растворе (обычно 0.1 моль). Для приготовления раствора известной концентрации ампулу разбивают, содержимое ее количественно переносят в мерную колбу подходящего объема и разбавляют водой до метки.

### Способы выражения состава растворов

Для выражения состава растворов в аналитической химии пользуются несколькими методами.

#### Концентрация растворов

**Молярная концентрация** (обозначается  $c$ ) – число моль растворенного вещества в 1 литре раствора. Единица измерения –  $\text{моль/дм}^3$ . Эту единицу можно обозначать также буквой **М**, но ее следует ставить перед формулой растворенного в воде вещества: если  $c(\text{HCl}) = 2 \text{ моль/л}$ , то можно записать **2М HCl** (двумолярный раствор HCl).

**Массовая концентрация** (обозначается в разных источниках  $c_m$  или  $\gamma$ ) – масса вещества, растворенного в 1 л раствора. Единицы измерения –  $\text{г/дм}^3$ .

*Титр (Т)* – количество граммов вещества в 1 мл раствора или *титр по определяемому веществу* – масса определяемого вещества, с которой реагирует 1мл стандартного раствора. Единица измерения – г/мл.

*Молярная концентрация эквивалента (нормальная концентрация)* – количество моль-эквивалентов растворенного вещества в 1 литре раствора. Поскольку эквивалент вещества зависит от типа реакции, то при использовании нормальной концентрации необходимо указывать фактор эквивалентности. Следует отметить, что применение эквивалентов и нормальной концентрации имеет ряд недостатков. Во-первых, для нахождения эквивалентов определяемого вещества необходимо составить уравнение реакции. Однако если это сделано, то более удобно расчеты вести непосредственно по этому уравнению, применяя молярную концентрацию. Во-вторых, для многих веществ эквивалент и фактор эквивалентности изменяется при изменении условий протекания реакции, например, при изменении величины рН раствора. Так, для  $\text{KMnO}_4$  значение эквивалента различно в кислой, нейтральной и щелочной средах. Вследствие этого в последнее время для расчетов предпочитают пользоваться *молярной концентрацией*.

Еще один способ выражения состава раствора – *доли*.

Различают три вида долей: молярная, объемная и массовая доли.

*Молярная доля* – отношение количества растворенного вещества в молях к суммарному количеству всех веществ, составляющих раствор.

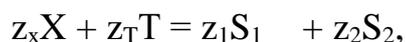
*Объемная доля* – отношение объема вещества до его растворения к сумме объемов всех веществ до образования раствора.

Наиболее часто применяют *массовую долю* ( $\omega$ , %) – отношение массы растворенного вещества к массе раствора. Массовая доля выражает состав раствора, но не является концентрацией.

*Плотность* вещества или раствора измеряется его массой, отнесенной к единице объема. Она имеет размерность  $\text{кг/дм}^3$  или  $\text{г/см}^3$ .

При приготовлении растворов, а также при проведении ориентировочных и вспомогательных расчетов нужно перейти от массовой доли к молярной или массовой концентрации (или наоборот). В этом случае следует пользоваться таблицами, которые связывают плотность (г/мл), массовую долю (%), молярную (моль/л) или массовую (г/л) концентрацию. Допускают, что плотность *разбавленных растворов* ( $\omega < 5\%$ ;  $c < 1$  моль/л) практически равна плотности растворителя (в случае воды она равна 1).

Титриметрический анализ основан на измерении количества реагента, израсходованного на реакцию с определяемым веществом. Если определяемый компонент X взаимодействует с реагентом T в стехиометрических отношениях, то независимо от типа протекающей реакции, можно найти количество компонента X. В общем виде реакцию, протекающую в ходе титриметрического анализа, можно представить в следующем виде:



где X — анализируемое вещество, T — титрант, S<sub>1</sub> и S<sub>2</sub> — продукты реакции, z<sub>x</sub>, z<sub>T</sub>, z<sub>1</sub>, z<sub>2</sub> — стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции.

Данная реакция может представлять собой кислотно-основной процесс или процессы окисления-восстановления, комплексообразования, осаждения.

Количество титранта n<sub>T</sub> находится по его молярной концентрации c<sub>T</sub> и объему раствора V<sub>T</sub>, израсходованного на титрование

$$n_T = c_T V_T.$$

Используя отношение между количествами реагирующих веществ n<sub>X</sub> и n<sub>T</sub> и коэффициентами стехиометрии z<sub>x</sub> и z<sub>T</sub>

$$\frac{n_T}{n_X} = \frac{z_T}{z_X}, \text{ рассчитываем } n_X = \frac{z_X n_T}{z_T}.$$

Масса вещества X (m<sub>x</sub>) в анализируемом растворе рассчитывается по соотношению:

$$m_x = n_x \cdot M(X), \text{ где } M(X) \text{ — молярная масса вещества X.}$$

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ