

Стандартные растворы

**раствор установочного
вещества – первичный стандарт**

ГОТОВЯТ ПО ТОЧНОЙ НАВЕСКЕ



вторичный стандарт

нельзя приготовить по точной
навеске. Концентрацию
устанавливают титрованием
первичного стандарта



Требования к установочным веществам

- 1) вещество должно быть химически чистым;
- 2) состав вещества должен строго соответствовать его химической формуле;
- 3) вещество должно быть устойчивым при хранении и в твердом виде (устойчивость на воздухе и на свету, негигроскопичность и т.д.) и в растворе;
- 4) желательна возможно большая молярная масса, что позволяет увеличить точность установления концентрации такого раствора.

Примеры установочных веществ для кислотно-основного титрования

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ – тетраборат натрия, кристаллогидрат

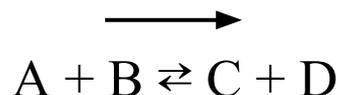
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$ – янтарная кислота

Na_2CO_3 – карбонат натрия (сода)



Требования к реакциям, используемым для титрования

- ✓ реакция должна протекать строго в соответствии с единственным стехиометрическим уравнением (побочные реакции должны быть исключены);
- ✓ реакция должна протекать количественно;



- ✓ желательно, чтоб реакция протекала быстро;
- ✓ необходимо, чтоб был способ индикации точки эквивалентности

Основные реакции, применяемые в титриметрии:

- ✓ реакции кислотно-основные (протолитометрия = кислотно-основное титрование)
- ✓ реакции окислительно-восстановительные (редоксиметрия = окислительно-восстановительное титрование)
- ✓ реакции комплексообразования (комплексометрия)
- ✓ реакции осаждения (седиметрия = осадительное титрование)



Обозначения, принятые в аналитической химии для расчетов в титриметрии и для обозначения концентраций растворов

$c(1/1\text{HCl})$ – молярная концентрация эквивалента HCl (нормальность), моль экв/л.;

$f_{\text{экв}}(\text{HCl}) = 1/1$ – фактор эквивалентности HCl;

$M(1/1\text{HCl})$ – молярная масса эквивалента HCl;

$T(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O})$ – титр раствора тетрабората натрия, г/мл;

$\omega(\text{HCl}, \%)$ – процентная концентрация раствора соляной кислоты.



Основные способы выражения концентраций растворов, используемые в титриметрии:

$c(A)$ – молярная концентрация вещества А, моль/л

$$c(A) = \frac{n(A) \cdot 1000}{V(p - pa)} = \frac{m(A) \cdot 1000}{M(A) \cdot V(p - pa)}$$

$c(f_{\text{экв}}(A))$ – молярная концентрация эквивалента вещества А, моль-экв/л (нормальность)

$$c(f_{\text{экв}}(A)) = \frac{n(f_{\text{экв}}(A)) \cdot 1000}{V(p - pa)} = \frac{m(A) \cdot 1000}{M(f_{\text{экв}}(A)) \cdot V(p - pa)}$$

$T(A)$ – титр раствора вещества А – масса вещества А в 1 мл раствора, г/мл

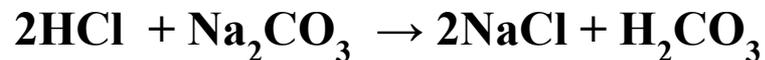
$$\begin{aligned} T(A) &= \frac{m(A)}{V(p - pa)} = \frac{c(A) \cdot M(A)}{1000} = \\ &= \frac{c(f_{\text{экв}}(A)) \cdot M(f_{\text{экв}}(A))}{1000} \end{aligned}$$



Титр по определяемому веществу



показывает сколько граммов определяемого вещества оттитровывается одним миллилитром титранта



$$T(\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{HCl}) = \frac{c(1/2 \text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(1/1\text{HCl})}{1000} = \frac{T(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(1/1\text{HCl})}{M(1/2 \text{Na}_2\text{CO}_3)}$$



Расчеты в титриметрии

основаны на действии закона эквивалентов:

количество моль эквивалента определяемого вещества равно количеству моль эквивалента титранта:

$$n[f_{\text{экв}}(A)A] = \frac{m(A)}{M[f_{\text{экв}}(A)A]} = \frac{c[f_{\text{экв}}(A)A] \cdot V(A)}{1000} =$$
$$= \frac{T(A) \cdot V(A)}{M[f_{\text{экв}}(A)A]} = \frac{\omega(\%) \cdot \rho(A) \cdot V(A)}{100 \cdot M[f_{\text{экв}}(A)A]},$$

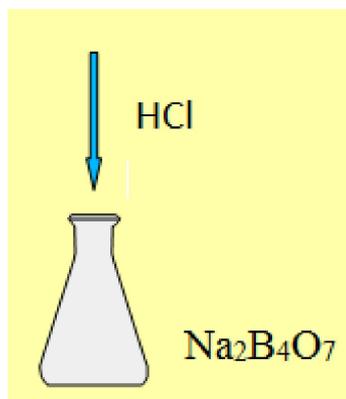


Количество моль эквивалента вещества может быть выражено через титриметрические характеристики его стандартного раствора следующим образом



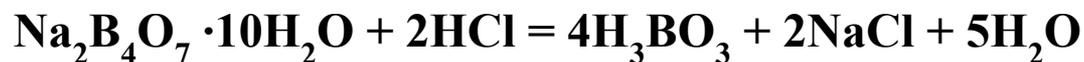
Способы титрования:

- ✓ прямое титрование
- ✓ обратное титрование
- ✓ титрование по заместителю



Прямое титрование – способ титрования, когда определяемое соединение непосредственно титруется титрантом. Расчет в этом случае основан на том, что в ТЭ количество моль эквивалента определяемого соединения равно количеству моль эквивалента титранта.

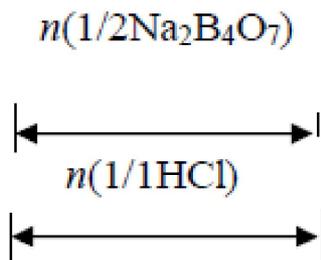
Пример. Титрование тетрабората натрия соляной кислотой



$$f_{\text{эКВ}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1/2; f_{\text{эКВ}}(\text{HCl}) = 1/1$$

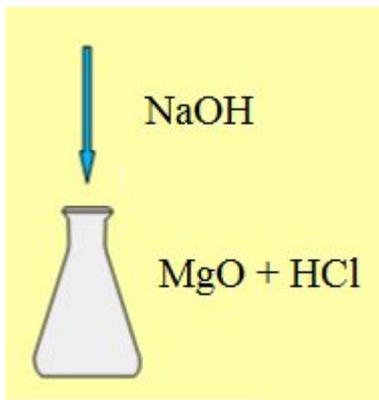
Схема расчета для метода прямого титрования:

$$n(1/2 \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(1/1 \text{HCl})$$



Обратное титрование – способ титрования, когда к определяемому соединению приливают в избытке точно измеренный объем раствора реагента с установленной концентрацией. После протекания химической реакции между реагентом и определяемым соединением оставшийся непрореагировавшим избыток реагента оттитровывают.

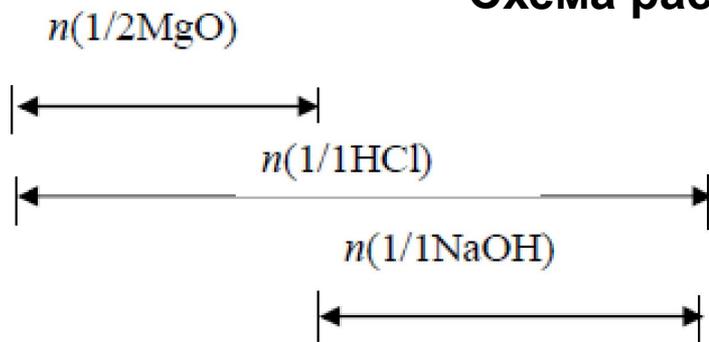
Пример. Обратное титрование MgO



$$f_{\text{экв}}(\text{MgO}) = 1/2$$



Схема расчета для метода обратного титрования:

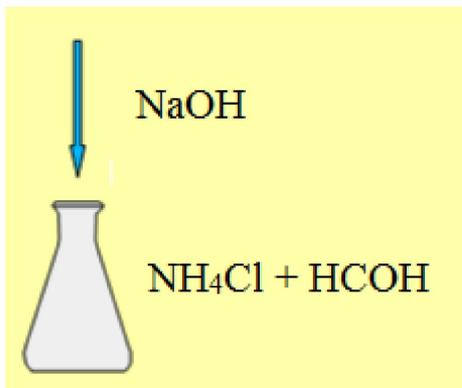


$$n(1/2\text{MgO}) = n(1/1\text{HCl}) - n(1/1\text{NaOH})$$



Заместительное титрование – способ титрования когда к титруемому соединению приливают реагент, в результате реакции которого с определяемым соединением в эквивалентном количестве образуется вещество, способное реагировать с титрантом.

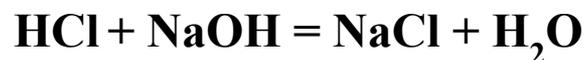
Пример. Заместительное титрование солей аммония (формальдегидный метод)



В результате химической реакции иона аммония с формальдегидом выделяется количество кислоты, эквивалентное количеству аммонийной соли:



Выделившуюся кислоту затем оттитровывают стандартным раствором NaOH:



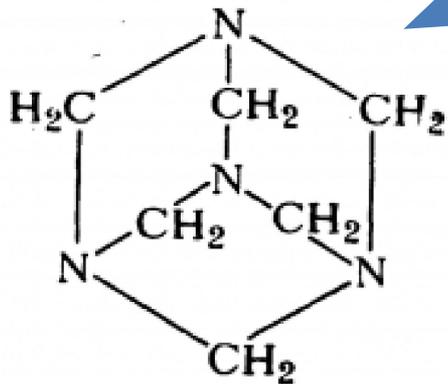
$$f_{\text{экв}}(\text{NH}_4\text{Cl}) = f_{\text{экв}}(\text{HCl}) = f_{\text{экв}}(\text{NaOH}) = 1/1$$

Схема расчета для метода заместительного титрования:

$$n(1/1\text{NH}_4\text{Cl}) = n(1/1\text{HCl}) = n(1/1\text{NaOH})$$



Заместительное титрование солей аммония (формальдегидный метод)

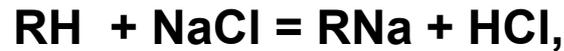
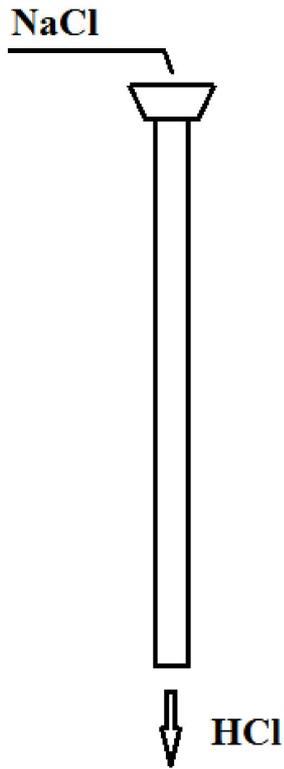


гексаметилентетрамин, гесамин, уротропин
является слабым основанием (pH > 7)



Пример. Заместительное кислотно-основное титрование соединений, не проявляющих кислотно-основные свойства

Определение содержания NaCl в растворе методом заместительного кислотно-основного титрования с применением ионного обмена



где RH - катионообменник в H^+ форме,

а RNa – катионообменник в Na^+ форме.

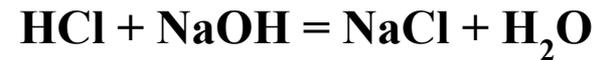
$n(1/1\text{NaCl})$



$n(1/1\text{HCl})$



$n(1/1\text{NaOH})$



$$f_{\text{ЭКВ}}(\text{HCl}) = f_{\text{ЭКВ}}(\text{NaOH}) = 1/1$$

$$n(1/1\text{NaCl}) = n(1/1\text{HCl}) = n(1/1\text{NaOH})$$



*СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!*

