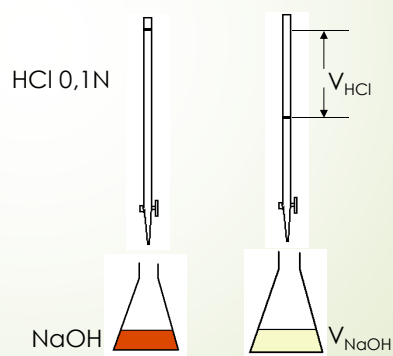


Titulometria

Déborah Y. A. C. Santos
dyacsan@ib.usp.br

Titulometria ou Titulação: técnica de laboratório utilizada para determinar a **quantidade** de uma **determinada espécie química** em uma amostra. O processo é realizado por meio da adição gradual de um reagente à amostra, o qual deve reagir completamente com a substância de interesse. (Wikipédia)

concentrações
expressas em
normalidade.



- ✓ Solução 1N: contém 1 *equivalente-grama* de soluto por *litro* de solução.

$$N = \frac{\text{n}^\circ \text{ eq.g}}{V(L)}$$

- ✓ Solução 1N: contém 1 *equivalente-grama* de soluto por *litro* de solução.

$$N = \frac{\text{n}^\circ \text{ eq.g}}{V(L)}$$

- ✓ Em reações ácido-base, o *equivalente-grama* é calculado com base na massa molar e no número de H⁺ ou OH⁻ ionizáveis:

$$\text{Equivalente do HCl} = \frac{MM_{\text{HCl}}}{1} = \frac{36,5}{1} = 36,5 \text{ g}$$

$$\text{Equivalente do H}_2\text{SO}_4 = \frac{MM_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{2} = \frac{98}{2} = 49 \text{ g}$$

Preparo de 250 mL de uma solução 0,1N de NaOH

Questão: qual a massa de NaOH que deverá ser dissolvida nos 250 mL?

$$N = \frac{n^{\circ} \text{ eq.g}}{V(L)}$$

$$\text{Equivalente} = \frac{MM_{xxx}}{N^{\circ} \cdot H^+ \text{ ou } OH^-}$$

Preparo de 250 mL de uma solução 0,1N de NaOH

Questão: qual a massa de NaOH que deverá ser dissolvida nos 250 mL?

$$N = \frac{n^{\circ} \text{ eq.g}}{V(L)}$$

$$\text{Equivalente} = \frac{MM_{xxx}}{N^{\circ} \cdot H^+ \text{ ou } OH^-}$$

1. Cálculo do equivalente-grama de NaOH:

$$MM = 23 (\text{Na}) + 16 (\text{O}) + 1 (\text{H}) = 40$$

$$N^{\circ} \text{ de } OH^- \text{ ionizáveis} = 1$$

$$\text{Equivalente-grama} = 40 / 1 = 40 \text{ g}$$

Preparo de 250 mL de uma solução 0,1N de NaOH

Questão: qual a massa de NaOH que deverá ser dissolvida nos 250 mL?

$$N = \frac{\text{n}^\circ \text{ eq.g}}{V(L)}$$

$$\text{Equivalente} = \frac{MM_{\text{xxx}}}{\text{N}^\circ \cdot \text{H}^+ \text{ ou } \text{OH}^-}$$

1. Cálculo do equivalente-grama de NaOH:

$$MM = 23 (\text{Na}) + 16 (\text{O}) + 1 (\text{H}) = 40$$

$$\text{N}^\circ \text{ de } \text{OH}^- \text{ ionizáveis} = 1$$

$$\text{Equivalente-grama} = 40 / 1 = 40 \text{ g}$$

$$0,1 = \frac{\text{n}^\circ \text{ eq.g}}{0,25}$$

$$\text{n}^\circ \text{ eq.g} = 0,025$$

Preparo de 250 mL de uma solução 0,1N de NaOH

Questão: qual a massa de NaOH que deverá ser dissolvida nos 250 mL?

$$N = \frac{\text{n}^\circ \text{ eq.g}}{V(L)}$$

$$\text{Equivalente} = \frac{MM_{\text{xxx}}}{\text{N}^\circ \cdot \text{H}^+ \text{ ou } \text{OH}^-}$$

1. Cálculo do equivalente-grama de NaOH:

$$MM = 23 (\text{Na}) + 16 (\text{O}) + 1 (\text{H}) = 40$$

$$\text{N}^\circ \text{ de } \text{OH}^- \text{ ionizáveis} = 1$$

$$\text{Equivalente-grama} = 40 / 1 = 40 \text{ g}$$

$$0,1 = \frac{\text{n}^\circ \text{ eq.g}}{0,25}$$

$$\text{n}^\circ \text{ eq.g} = 0,025$$

$$1 \text{ eq.g NaOH} \text{ — } 40\text{g}$$

$$0,025 \text{ eq.g NaOH} \text{ — } X$$

$$X = 1 \text{ g}$$

Na prática, nem sempre a concentração (Normalidade) das soluções fica exatamente correta:

- ✓ NaOH é um reagente muito ativo. Absorve CO_2 e H_2O avidamente.
- ✓ O HCl concentrado disponível para compra, já é uma diluição (normalmente 37%); é difícil saber **exatamente** qual a concentração de HCl nas soluções comerciais concentradas do produto.

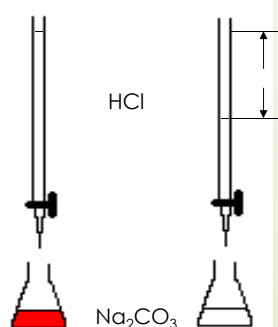
Como se obtém com precisão o título de uma solução?

- ✓ Recorre-se a substâncias chamadas *padrões primários*

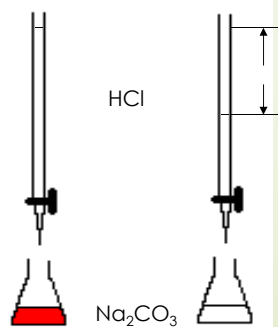
- alta pureza
- estabilidade ao ar
- ausência de água de hidratação
- composição não deve variar com umidade
- disponível, custo acessível
- solubilidade no meio de titulação
- alta massa molar: erro relativo associado a pesagens é minimizado

- ✓ Reações ácido-base - Na_2CO_3 (padronização)

- ✓ Recorre-se a substâncias chamadas *padrões primários* (pureza e estabilidade)
- ✓ Reações ácido-base - Na_2CO_3 (padronização)
- ✓ **Procedimento:** prepara-se uma solução de Na_2CO_3 com título precisamente conhecido. Para isso, a massa é medida em balança analítica e o volume é ajustado em balão volumétrico.
- ✓ Usa-se essa solução para padronizar a solução de HCl desejada.



- ✓ Recorre-se a substâncias chamadas *padrões primários* (pureza e estabilidade)
- ✓ Reações ácido-base - Na_2CO_3 (padronização)
- ✓ **Procedimento:** prepara-se uma solução de Na_2CO_3 com título precisamente conhecido. Para isso, a massa é medida em balança analítica e o volume é ajustado em balão volumétrico.
- ✓ Usa-se essa solução para padronizar a solução de HCl desejada.
- ✓ Não se usa números fracionários para expressar concentrações de soluções
- ✓ Com a padronização, calcula-se o fator de correção



$$\text{Cálculo do fator de correção } (f_c) = \frac{\text{vol}_{\text{sol p}}}{\text{vol}_{\text{sol x}}}$$

um número que é multiplicado a molaridade ou **normalidade** ideal da solução para se conhecer a real concentração dela

$$\text{Cálculo do fator de correção } (f_c) = \frac{\text{vol}_{\text{sol p}}}{\text{vol}_{\text{sol x}}}$$

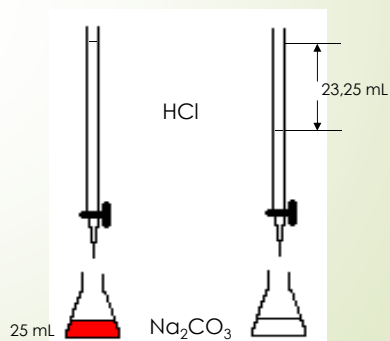
Exemplo: padronização de uma solução 0,5 N de HCl.

Volume de Na_2CO_3 usado ($\text{vol}_{\text{sol p}}$): 25 mL.

Volume de HCl consumido ($\text{vol}_{\text{sol x}}$): 23,25 mL.

$$f_c = \frac{25}{23,25} = 1,0753$$

Solução HCl
0,5 N
 $f_c = 1,0753$



$$\text{Cálculo do fator de correção } (f_c) = \frac{\text{vol}_{\text{sol p}}}{\text{vol}_{\text{sol x}}}$$

Exemplo: padronização de uma solução 0,5 N de HCl.

Volume de Na_2CO_3 usado ($\text{vol}_{\text{sol p}}$): 25 mL.

Volume de HCl consumido ($\text{vol}_{\text{sol x}}$): 23,25 mL.

$$f_c = \frac{25}{23,25} = 1,0753$$

Solução HCl
0,5 N
 $f_c = 1,0753$

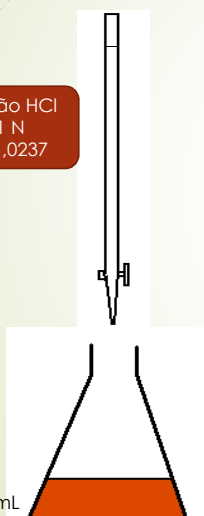
Ou seja:

- ✓ a concentração real da solução de HCl = 0,53765 N ($0,5 * 1,0753$)
- ✓ A quantidade de HCl nos 23,25 mL é a mesma mesma esperada em 25 mL de uma solução exatamente 0,5 N

Cálculo de concentrações em titulometria

Solução HCl
0,1 N
 $f_c = 1,0237$

$V_{\text{NaOH}} = 25 \text{ mL}$



Cálculo de concentrações em titulometria

Solução HCl
0,1 N
 $f_c = 1,0237$

$V_{\text{NaOH}} = 25 \text{ mL}$

$V_{\text{HCl}} = 26,25 \text{ mL}$

Cálculo de concentrações em titulometria

Solução HCl
0,1 N
 $f_c = 1,0237$

$V_{\text{NaOH}} = 25 \text{ mL}$

$V_{\text{HCl}} = 26,25 \text{ mL}$

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$N_{\text{HCl}} \cdot f_c \cdot V_{\text{HCl}} = N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}$$

$$N_{\text{NaOH}} = \frac{N_{\text{HCl}} \cdot f_c \cdot V_{\text{HCl}}}{V_{\text{NaOH}}}$$

$$N_{\text{NaOH}} = \frac{0,1 \cdot 1,0237 \cdot 26,25}{25}$$

$$N_{\text{NaOH}} = 0,1075$$