Anexo – Valoración: teoría + práctica

Cambios de color de algunos indicadores en la medición de pH

Naranja de metilo (heliantina)	pH 3,1 a pH 4,4
Azul de bromofenol	pH 3,0 a pH 4,0
Verde de bromocresol	pH 4,0 a pH 5,6
Rojo de metilo	pH 4,2 a pH 6,2
Azul de bromotimol	pH 6,2 a pH 7,6
Fenolftaleína	pH 8,0 a pH 10,0

Ecuaciones de algunas reacciones de valoración

La sintaxis siguiente se utiliza para mostrar la relación entre el reactivo titrante y el analito durante la reacción, que ayuda a explicar la estequiometría de las reacciones.

Reacciones ácido-base

$1\ (Na^+, OH^-) + 1\ (H^+, Cl^-) \rightarrow H_2O + Na^+ + Cl^-$
Reacción de hidróxido sódico con un ácido monobásico

$2\ (Na^+, OH^-) + 1\ (SO_4^{2-}, 2H^+) \rightarrow 2\ H_2O + 2\ Na^+ + SO_4^{2-}$
Reacción de hidróxido sódico con un ácido dibásico

$1\ (2\ Na^+, CO_3^{2-}) + 2\ (H^+, Cl^-) \rightarrow CO_2 + H_2O + 2\ Na^+ + 2\ Cl^-$
Neutralización completa de carbonato sódico por ácido clorhídrico

$1\ (2\ Na^+, CO_3^{2-}) + 1\ (2\ H^+, SO_4^{2-}) \rightarrow CO_2 + H_2O + 2\ Na^+ + SO_4^{2-}$
Neutralización completa de carbonato sódico por ácido sulfúrico

$1\ (Na^+, OH^-) + 1\ (H^+, \text{-}OOC\text{-}C_6H_4\text{-}COO\text{-}, K^+) \rightarrow H_2O +$
$(Na^+, \text{-}OOC\text{-}C_6H_4COO\text{-}, K^+)$
Valoración de hidróxido sódico por hidrogenoftalato de potasio

$2\ (Na^+, OH^-) + 1\ (C_2O_4^{2-}, 2\ H^+) \rightarrow 2\ H_2O + C_2O_4^{2-} + 2\ Na^+$
Valoración de hidróxido sódico por ácido oxálico

$1\ (2\ Na^+, B_4O_7^{2-}) + 1\ (2\ H^+, SO_4^{2-}) + H_2O \rightarrow 4\ HBO_2 + SO_4^{2-} + 2\ Na^+$
Valoración de bórax por ácido sulfúrico

$1\ (2\ Na^+, B_4O_7^{2-}) + 2\ (H^+, Cl^-) + H_2O \rightarrow 4\ HBO_2 + 2\ Cl^- + 2\ Na^+$
Valoración de bórax por ácido clorhídrico

Ejemplo de ácido fosfórico H_3PO_4
Se trata de un triácido con los siguientes pK:
pK_3=2,1, pK_2=7,2 y pK_1=12

En un medio acuoso solo pueden valorarse los dos primeros ácidos. Las reacciones son las siguientes:
$H_3PO_4 + (Na^+, OH^-) \rightarrow (H_2PO_4^-, Na^+) + H_2O$
(pK_3=2.1)

$(H_2PO_4^-, Na^+) + (Na^+, OH^-) \rightarrow (HPO_4^{2-}, 2\ Na^+) + H_2O$
(pK_2=7.2)

$(HPO_4^{2-}, 2\ Na^+) + (Na^+, OH^-) \rightarrow (PO_4^{3-}, 3\ Na^+) + H_2O$
(pK_1=12)

Reacciones de redox (oxido-reducción)

$2\ (MnO_4^-, K^+) + 5\ (C_2O_4^{2-}, 2\ Na^+) + 16\ H^+ \rightarrow 10\ CO_2 + 2\ Mn^{2+} +$
$8\ H_2O + 2\ K^+ + 10\ Na^+$
Reacción de permanganato potásico y oxalato de sodio

$1\ (MnO_4^-, K^+) + 5\ (Fe^{2+}, SO_4^{2-}) + 8\ H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 5\ Fe^{3+} + 5\ SO_4^{2-} +$
$4\ H_2O + K^+$
Reacción de permanganato potásico y sulfato de hierro

$1\ (Cr_2O_7^{2-}, 2\ K^+) + 6\ (Fe^{2+}, SO_4^{2-}) + 14\ H^+ \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 6\ Fe^{3+} +$
$6\ SO_4^{2-} + 2\ K^+ + 7\ H_2O$
Reacción de dicromato potásico y sulfato de hierro

$1\ (I_2) + 2\ (S_2O_3^{2-}, 2\ Na^+) \rightarrow S_4O_6^{2-} + 4\ Na^+ + 2\ I^-$
Reacción de yodo y tiosulfato de sodio

$2\ (Cu^{2+}, SO_4^{2-}) + 4\ (I^-, Na^+) \rightarrow 2\ CuI + I_2 + 2\ SO_4^{2-} + 4\ Na^+$
Reacción de Cu^{2+} y yoduro

$1\ (As_2O_3) + 2\ (I_2) + 5\ H_2O \rightarrow 4\ I^- + 2\ AsO_4^{3-} + 10\ H^+$
Reacción de yodo y anhídrido arsenioso

Reacciones complexométricas

El agente complejante utilizado más habitualmente es la sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético o EDTA, que suele expresarse en su forma simple como H_2Y^{2-}.

Como a menudo se utiliza para complejos de metales divalentes del tipo Me^{2+}, la reacción se escribe de la siguiente forma:

$1\ Me^{2+} + 1\ H_2Y^{2-} \rightarrow 1\ (MeY^{2-}) + 2\ H^+$

Reacciones de precipitación

El uso más importante de las reacciones de precipitación es el nitrato de plata que se utiliza para valorar haluros (Cl^-, Br^-, I^-) y CN^- y SCN^- para valorar iones Ag^+.

Para los haluros, la reacción es la siguiente:

$1\ Ag^+ + 1\ X^- \rightarrow 1\ AgX$

Otras reacciones corresponden a la precipitación de hidróxidos normalmente de metales divalentes:

$1\ Me^{2+} + 2\ OH^- \rightarrow Me(OH)_2$

Características de algunos estándares

Consideramos que un estándar es una sustancia disponible en el mercado de suficiente pureza que se suministra con un certificado. Un estándar de este tipo se puede pesar para formar soluciones estables.

Estándares de pH

Ácido oxálico M=126,03 g/mol	$(COOH)_2,\ 2\ H_2O$
Hidrogenoftalato de potasio M=204,22 g/mol	$KOOC\text{-}C_6H_4\text{-}COOH$
Carbonato sódico M=105,99 g/mol	Na_2CO_3
TRIS o THAM M=121,14 g/mol	$H_2N\text{-}C(CH_2OH)_3$
Borato de sodio (bórax) M=381,4 g/mol	$Na_2B_4O_7,10\ H_2O$

Estándares redox

Ácido oxálico M=126,03 g/mol	$(COOH)_2,\ 2\ H_2O$
Dicromato potásico M=294,19 g/mol	$K_2Cr_2O_7$
Sulfato ferroso amónico (sal de Mohr) M=392,14 g/mol	$(NH_4)_2SO_4,\ FeSO_4,\ 6\ H_2O$
Anhídrido arsenioso M=169,87 g/molYodato de potasio	As_2O_3 KIO_3
M=213,97 g/mol	

Estándares complexométricos

Sal disódica de EDTA M=372,24 g/mol	$Na_2H_2Y,\ 2\ H_2O$

Estándares de precipitación

Nitrato de plata M=169,87 g/mol	$AgNO_3$
Cloruro potásico M=74,56 g/mol	KCl
Cloruro sódico M=58,44 g/mol	NaCl

DOC182.61.20182.Jan15