

ÍNDICE

	Página
Carátula	1
Índice	3
Introducción	4
Objetivos	5
Principios Teóricos	6
Electrólisis	6
Electrolitos	7
Electrodos	7
Fuente de voltaje	8
Leyes de Faraday: 1ra y 2da ley	8
Anexo: El Cromado	9
Potenciales estándar	11
Detalles Experimentales	15
Materiales y Reactivos	15
Procedimiento	16
Conclusiones	25
Bibliografía	26
Apéndice	27

INTRODUCCIÓN

En este trabajo que presentamos, pretendemos exponer una breve reseña sobre la electrolisis para poder ampliar nuestros conocimientos en el área de la química. Para poder hacer este trabajo tuvimos que indagar acerca de la electroquímica, rama de la química que estudia las reacciones químicas producidas por acción de la corriente eléctrica (electrólisis) así como la producción de una corriente eléctrica mediante reacciones químicas (pilas, acumuladores), en pocas palabras, es el estudio de las reacciones químicas que producen efectos eléctricos y de los fenómenos químicos causados por la acción de las corrientes o voltajes. Las Reacciones Químicas que intervienen en estos procesos son de tipo Redox.

OBJETIVOS

- Determinar la solubilidad del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a diferentes temperaturas por el método de titulación y graficar la curva de solubilidad correspondiente.
- Determinar la constante experimental del producto de solubilidad de los diferentes pares de soluciones, observando que la formación de sus precipitados se disuelvan al disminuir las concentraciones de éstos.

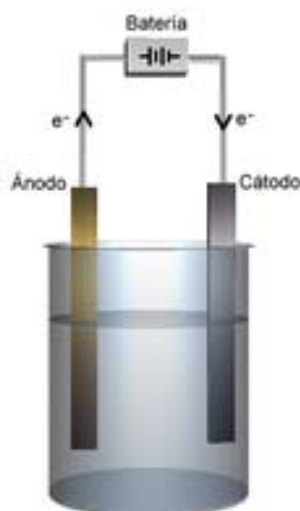
PRINCIPIOS TEÓRICOS

+ ELECTROLISIS

Consiste en la descomposición mediante una corriente eléctrica continua de sustancias ionizadas denominadas electrolitos.

El proceso consiste en lo siguiente:

- Se funde o se disuelve el electrolito en un determinado disolvente, con el fin de que dicha sustancia se separe en iones.
- Se aplica una corriente eléctrica continua mediante un par de electrodos conectados a una fuente de alimentación eléctrica, y sumergidos en la disolución. El electrodo conectado al polo negativo se conoce como cátodo, y el conectado al positivo como ánodo.
- Cada electrodo mantiene atraídos a los iones de carga opuesta. Así, los iones positivos, o cationes, son atraídos al cátodo, mientras que los iones negativos, o aniones, se desplazan hacia el ánodo.
- En los electrodos se produce una transferencia de electrones entre estos y los iones, produciéndose nuevas sustancias. Los iones negativos o aniones ceden electrones al ánodo (+) y los iones positivos o cationes toman electrones del cátodo (-).



Esta polaridad es lo que caracteriza a un enlace iónico.

+ ELECTROLITOS

Son sustancias que dan soluciones acuosas conductoras de la corriente eléctrica. Dichas sustancias pueden conducir también electricidad, al estado de fusión, en caso de ser electrolitos sólidos.

Tipos de electrolitos:

- **Electrolitos fuertes:** Los que se ionizan totalmente en solución acuosa al pasar corriente eléctrica como los ácidos, como H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , también algunas sales iónicas como $NaCl$, $LiCl$, KCl .
- **Electrolitos débiles:** Son los que se ionizan parcialmente en solución acuosa y pueden ser los ácidos débiles como el CH_3COOH ácido acético, el alcohol, que son muy débiles y son orgánicos, y el H_2O que presenta enlaces covalentes.

+ ELECTRODOS

Superficies conductoras que en contacto con el electrolito logran la reacción de oxidación y reducción. Pueden ser:

- **Solubles:** Participan en la reacción y por lo tanto sufren cambios químicos durante el proceso.

Ejm: Zn , Cu , Ag , Fe , Sn , etc.

- **Insolubles:** No sufren cambios químicos en el proceso.

Ejm: Grafito, Pt , Pd , etc.



+ FUENTE DE VOLTAJE

Es aquel dispositivo que genera una diferencia de potencial entre los terminales de un circuito de tal manera que permita establecer un campo eléctrico dentro del circuito para "arrastrar" a los portadores de la carga eléctrica. Para la electrolisis se utiliza corriente eléctrica continua, donde la fuente de voltaje es una pila, batería, etc. En este caso los flujos de carga eléctrica son constantes en intensidad (i) y sentido.



+ LEYES DE FARADAY

✧ PRIMERA LEY DE FARADAY

La cantidad de sustancia que se libera o se deposita en un electrodo es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa por la celda electrolítica.

$$m = \frac{i \cdot t \cdot E_{q-g}}{F}$$

Donde:

m = masa depositada o disuelta (g)

i = intensidad de corriente (A)

t = tiempo (s)

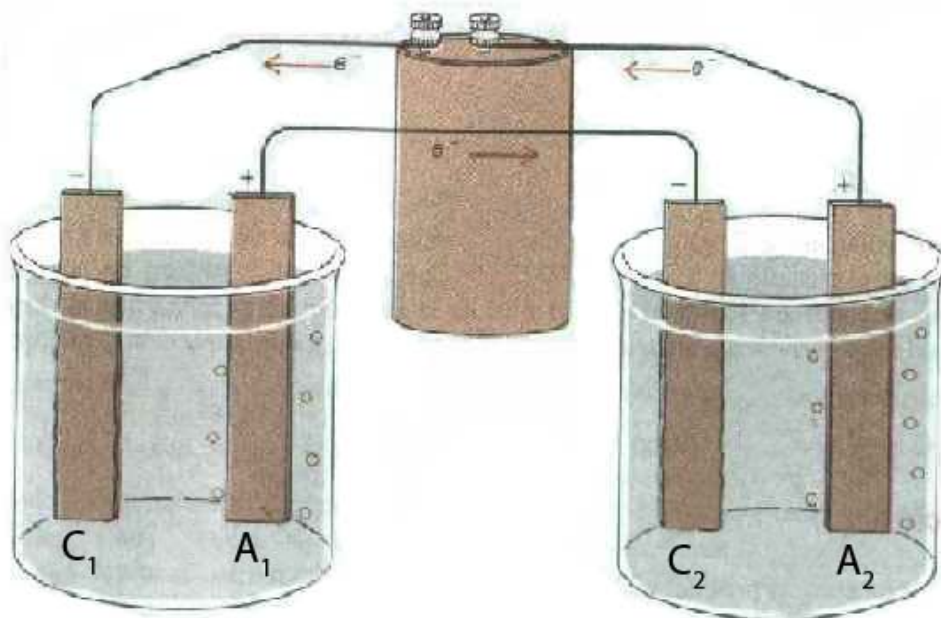
E_{q-g} = peso de 1 E_{q-g}

F = cantidad de corriente de un Faraday ($1F = 96500 \text{ C}$)



※ SEGUNDA LEY DE FARADAY

Si por dos o más celdas conectadas en serie pasa la misma cantidad de electricidad la misma cantidad de sustancia producida en sus electrodos es proporcional a sus pesos equivalentes.



$$\#Eq_{C_1} = \#Eq_{A_1} = \#Eq_{C_2} = \#Eq_{A_2}$$

+ ANEXO

※ EL CROMADO

El cromado es un galvanizado, basado en la electrólisis, por medio del cual se deposita una fina capa de cromo metálico sobre objetos metálicos e incluso sobre material plástico. El recubrimiento electrolítico con cromo es extensivamente usado en la industria para proteger metales de la corrosión, mejorar su aspecto y sus prestaciones.

El llamado cromo duro son depósitos electrolíticos de espesores relativamente grandes (0,1 mm) que se depositan en piezas que deben soportar grandes esfuerzos de desgaste. Se realizan este tipo de depósitos especialmente en asientos de válvulas, cojinetes

cigüeñas ejes de pistones hidráulicos y en general en lugares donde se requiera bastante dureza y precisión.

El cromo brillante o decorativo son finas capas de cromo que se depositan sobre cobre, latón o níquel para mejorar el aspecto de algunos objetos. La grifería doméstica es un ejemplo de piezas cromadas para dar embellecimiento.

El cromo tiene poco poder de protección, menos aun si las capas que se depositan son tan delgadas como una micra. Por ello las superficies a cubrir deben estar bien pulidas, brillantes y desengrasadas. El cromo se aplica bien sobre el cobre, el níquel y el acero, pero no sobre el zinc o la fundición.



Aquí se presentan los potenciales estándar

Reaction	E°/V	Reaction	E°/V
$\text{Ac}^{3+} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ac}$	-2.20	$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Al} + 4 \text{ OH}^-$	-2.328
$\text{Ag}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag}$	0.7996	$\text{H}_2\text{AlO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Al} + 4 \text{ OH}^-$	-2.33
$\text{Ag}^{2+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag}^+$	1.980	$\text{AlF}_6^{3-} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Al} + 6 \text{ F}^-$	-2.069
$\text{Ag}(\text{ac}) + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + (\text{ac})^-$	0.643	$\text{Am}^{4+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Am}^{3+}$	2.60
$\text{AgBr} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Br}^-$	0.07133	$\text{Am}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Am}$	-1.9
$\text{AgBrO}_3 + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{BrO}_3^-$	0.546	$\text{Am}^{3+} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Am}$	-2.048
$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	0.4647	$\text{Am}^{3+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Am}^{2+}$	-2.3
$\text{AgCl} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$	0.22233	$\text{As} + 3 \text{ H}^+ + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{AsH}_3$	-0.608
$\text{AgCN} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{CN}^-$	-0.017	$\text{As}_2\text{O}_3 + 6 \text{ H}^+ + 6 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ As} + 3 \text{ H}_2\text{O}$	0.234
$\text{Ag}_2\text{CO}_3 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + \text{CO}_3^{2-}$	0.47	$\text{HASO}_2 + 3 \text{ H}^+ + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{As} + 2 \text{ H}_2\text{O}$	0.248
$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + \text{CrO}_4^{2-}$	0.4470	$\text{AsO}_2^- + 2 \text{ H}_2\text{O} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{As} + 4 \text{ OH}^-$	-0.68
$\text{AgF} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{F}^-$	0.779	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{HASO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$	0.560
$\text{Ag}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 4 \text{ e} \rightleftharpoons 4 \text{ Ag} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	0.1478	$\text{AsO}_4^{3-} + 2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{AsO}_2^- + 4 \text{ OH}^-$	-0.71
$\text{AgI} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{I}^-$	-0.15224	$\text{At}_2 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ At}^-$	0.3
$\text{AgIO}_3 + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{IO}_3^-$	0.354	$\text{Au}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Au}$	1.692
$\text{Ag}_2\text{MoO}_4 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + \text{MoO}_4^{2-}$	0.4573	$\text{Au}^{3+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Au}^+$	1.401
$\text{AgNO}_2 + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + 2 \text{ NO}_2^-$	0.564	$\text{Au}^{3+} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Au}$	1.498
$\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + 2 \text{ OH}^-$	0.342	$\text{Au}^{2+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Au}^+$	1.8
$\text{Ag}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ AgO} + 2 \text{ OH}^-$	0.739	$\text{AuOH}^{2+} + \text{H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Au}^+ + \text{H}_2\text{O}$	1.32
$\text{Ag}^{3+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag}^+$	1.9	$\text{AuBr}_2 + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Au} + 2 \text{ Br}^-$	0.959
$\text{Ag}^{3+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag}^{2+}$	1.8	$\text{AuBr}_4 + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Au} + 4 \text{ Br}^-$	0.854
$\text{Ag}_2\text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + 2 \text{ H}_2\text{O}$	1.802	$\text{AuCl}_4^- + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Au} + 4 \text{ Cl}^-$	1.002
$2 \text{ AgO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{O} + 2 \text{ OH}^-$	0.607	$\text{Au}(\text{OH})_3 + 3 \text{ H}^+ + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Au} + 3 \text{ H}_2\text{O}$	1.45
$\text{AgOCN} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{OCN}^-$	0.41	$\text{H}_2\text{BO}_3^- + 5 \text{ H}_2\text{O} + 8 \text{ e} \rightleftharpoons \text{BH}_4^- + 8 \text{ OH}^-$	-1.24
$\text{Ag}_2\text{S} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + \text{S}^{2-}$	-0.691	$\text{H}_2\text{BO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{B} + 4 \text{ OH}^-$	-1.79
$\text{Ag}_2\text{S} + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + \text{H}_2\text{S}$	-0.0366	$\text{H}_3\text{BO}_3 + 3 \text{ H}^+ + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{B} + 3 \text{ H}_2\text{O}$	-0.8698
$\text{AgSCN} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{SCN}^-$	0.08951	$\text{B}(\text{OH})_3 + 7 \text{ H}^+ + 8 \text{ e} \rightleftharpoons \text{BH}_4^- + 3 \text{ H}_2\text{O}$	-0.481
$\text{Ag}_2\text{SeO}_3 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + \text{SeO}_4^{2-}$	0.3629	$\text{Ba}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2.912
$\text{Ag}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + \text{SO}_4^{2-}$	0.654	$\text{Ba}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ba}(\text{Hg})$	-1.570
$\text{Ag}_2\text{WO}_4 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Ag} + \text{WO}_4^{2-}$	0.4660	$\text{Ba}(\text{OH})_2 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ba} + 2 \text{ OH}^-$	-2.99
$\text{Al}^{3+} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Al}$	-1.662	$\text{Be}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Be}$	-1.847
$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Al} + 3 \text{ OH}^-$	-2.31	$\text{Be}_2\text{O}_3^{2-} + 3 \text{ H}_2\text{O} + 4 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Be} + 6 \text{ OH}^-$	-2.63
$p\text{-benzoquinone} + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{hydroquinone}$	0.6992	$\text{HClO}_2 + 3 \text{ H}^+ + 4 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 2 \text{ H}_2\text{O}$	1.570
$\text{Bi}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Bi}$	0.5	$\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{ClO}^- + 2 \text{ OH}^-$	0.66
$\text{Bi}^{3+} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Bi}$	0.308	$\text{ClO}_2^- + 2 \text{ H}_2\text{O} + 4 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 4 \text{ OH}^-$	0.76
$\text{Bi}^{3+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Bi}^+$	0.2	$\text{ClO}_2(\text{aq}) + \text{ e} \rightleftharpoons \text{ClO}_2^-$	0.954
$\text{Bi} + 3 \text{ H}^+ + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{BiH}_3$	-0.8	$\text{ClO}_3^- + 2 \text{ H}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1.152
$\text{BiCl}_4^- + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Bi} + 4 \text{ Cl}^-$	0.16	$\text{ClO}_3^- + 3 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{HClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1.214
$\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Bi} + 6 \text{ OH}^-$	-0.46	$\text{ClO}_3^- + 6 \text{ H}^+ + 5 \text{ e} \rightleftharpoons 1/2 \text{ Cl}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O}$	1.47
$\text{Bi}_2\text{O}_4 + 4 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ BiO}^+ + 2 \text{ H}_2\text{O}$	1.593	$\text{ClO}_3^- + 6 \text{ H}^+ + 6 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 3 \text{ H}_2\text{O}$	1.451
$\text{BiO}^+ + 2 \text{ H}^+ + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$	0.320	$\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{ClO}_2^- + 2 \text{ OH}^-$	0.33
$\text{BiOCl} + 2 \text{ H}^+ + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Bi} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	0.1583	$\text{ClO}_3^- + 3 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 6 \text{ OH}^-$	0.62
$\text{Bk}^{4+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Bk}^{3+}$	1.67	$\text{ClO}_4^- + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	1.189
$\text{Bk}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Bk}$	-1.6	$\text{ClO}_4^- + 8 \text{ H}^+ + 7 \text{ e} \rightleftharpoons 1/2 \text{ Cl}_2 + 4 \text{ H}_2\text{O}$	1.39
$\text{Bk}^{3+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Bk}^{2+}$	-2.8	$\text{ClO}_4^- + 8 \text{ H}^+ + 8 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 4 \text{ H}_2\text{O}$	1.389
$\text{Br}_2(\text{aq}) + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Br}^-$	1.0873	$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{ClO}_3^- + 2 \text{ OH}^-$	0.36
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Br}^-$	1.066	$\text{Cm}^{4+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cm}^{3+}$	3.0
$\text{HBrO} + \text{H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$	1.331	$\text{Cm}^{3+} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cm}$	-2.04
$\text{HBrO} + \text{H}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons 1/2 \text{ Br}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$	1.574	$\text{Co}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Co}$	-0.28
$\text{HBrO} + \text{H}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons 1/2 \text{ Br}_2(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}$	1.596	$\text{Co}^{3+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	1.92
$\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Br}^- + 2 \text{ OH}^-$	0.761	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} + \text{ e} \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	0.108
$\text{BrO}_3^- + 6 \text{ H}^+ + 5 \text{ e} \rightleftharpoons 1/2 \text{ Br}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O}$	1.482	$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Co} + 2 \text{ OH}^-$	-0.73
$\text{BrO}_3^- + 6 \text{ H}^+ + 6 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Br}^- + 3 \text{ H}_2\text{O}$	1.423	$\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Co}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	0.17
$\text{BrO}_3^- + 3 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Br}^- + 6 \text{ OH}^-$	0.61	$\text{Cr}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0.913
$(\text{CN})_2 + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ HCN}$	0.373	$\text{Cr}^{3+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	-0.407
$2 \text{ HCN} + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons (\text{CN})_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$	0.330	$\text{Cr}^{3+} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0.744
$(\text{CNS})_2 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ CNS}^-$	0.77	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{ H}^+ + 6 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Cr}^{3+} + 7 \text{ H}_2\text{O}$	1.232
$\text{CO}_2 + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{HCOOH}$	-0.199	$\text{CrO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cr} + 4 \text{ OH}^-$	-1.2
$\text{Ca}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ca}$	-3.80	$\text{HCrO}_4^- + 7 \text{ H}^+ + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+} + 4 \text{ H}_2\text{O}$	1.350
$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2.868	$\text{CrO}_2 + 4 \text{ H}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+} + 2 \text{ H}_2\text{O}$	1.48
$\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Ca} + 2 \text{ OH}^-$	-3.02	$\text{Cr}(\text{V}) + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{IV})$	1.34
Calomel electrode, 1 molal KCl	0.2800	$\text{CrO}_4^{2-} + 4 \text{ H}_2\text{O} + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5 \text{ OH}^-$	-0.13
Calomel electrode, 1 molar KCl (NCE)	0.2801	$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cr} + 3 \text{ OH}^-$	-1.48
Calomel electrode, 0.1 molar KCl	0.3337	$\text{Cs}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cs}$	-3.026
Calomel electrode, saturated KCl (SCE)	0.2412	$\text{Cu}^+ + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.521
Calomel electrode, saturated NaCl (SSCE)	0.2360	$\text{Cu}^{2+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	0.153
$\text{Cd}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0.4030	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.3419
$\text{Cd}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{Hg})$	-0.3521	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{Hg})$	0.345
$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{Hg}) + 2 \text{ OH}^-$	-0.809	$\text{Cu}^{3+} + \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$	2.4
$\text{CdSO}_4 + 2 \text{ e} \rightleftharpoons \text{Cd} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.246	$\text{Cu}_2\text{O}_3 + 6 \text{ H}^+ + 2 \text{ e} \rightleftharpoons 2 \text{ Cu}^{2+} + 3 \text{ H}_2\text{O}$	2.0



$\text{Cd}(\text{OH})_4^{2-} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Cd} + 4 \text{OH}^-$	-0.658	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{CN}^- + \text{e} \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$	1.103
$\text{CdO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Cd} + 2 \text{OH}^-$	-0.783	$\text{CuI}_2 + \text{e} \rightleftharpoons \text{Cu} + 2 \text{I}^-$	0.00
$\text{Ce}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ce}$	-2.336	$\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Cu} + 2 \text{OH}^-$	-0.360
$\text{Ce}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ce}(\text{Hg})$	-1.4373	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Cu} + 2 \text{OH}^-$	-0.222
$\text{Ce}^{4+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	1.72	$2 \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O} + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$	-0.080
$\text{CeOH}^{3+} + \text{H}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	1.715	$2 \text{D}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{D}_2$	-0.013
$\text{Cf}^{4+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Cf}^{3+}$	3.3	$\text{Dy}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Dy}$	-2.2
$\text{Cf}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Cf}^{2+}$	-1.6	$\text{Dy}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Dy}$	-2.295
$\text{Cf}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Cf}$	-1.94	$\text{Dy}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Dy}^{2+}$	-2.6
$\text{Cf}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Cf}$	-2.12	$\text{Er}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Er}$	-2.0
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-$	1.35827	$\text{Er}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Er}$	-2.331
$\text{HClO} + \text{H}^+ + \text{e} \rightleftharpoons 1/2 \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1.611	$\text{Er}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Er}^{2+}$	-3.0
$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	1.482	$\text{Es}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Es}^{2+}$	-1.3
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 2 \text{OH}^-$	0.81	$\text{Es}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Es}$	-1.91
$\text{ClO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{HClO}_2$	1.277	$\text{Es}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Es}$	-2.23
$\text{HClO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{H}_2\text{O}$	1.645	$\text{Eu}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Eu}$	-2.812
$\text{HClO}_2 + 3 \text{H}^+ + 3 \text{e} \rightleftharpoons 1/2 \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.628	$\text{Eu}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Eu}$	-1.991
$\text{Eu}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Eu}^{2+}$	-0.36	$\text{Ho}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ho}$	-2.33
$\text{F}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{HF}$	3.053	$\text{Ho}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ho}^{2+}$	-2.8
$\text{F}_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{F}^-$	2.866	$\text{I}_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	0.5355
$\text{F}_2\text{O} + 2 \text{H}^+ + 4 \text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + 2 \text{F}^-$	2.153	$\text{I}_3^- + 2 \text{e} \rightleftharpoons 3 \text{I}^-$	0.536
$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.447	$\text{H}_3\text{IO}_6^{2-} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{IO}_3^- + 3 \text{OH}^-$	0.7
$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.037	$\text{H}_3\text{IO}_6 + \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{IO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O}$	1.601
$\text{Fe}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	0.771	$2 \text{HIO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{I}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.439
$2 \text{HFeO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 6 \text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3 + 5 \text{H}_2\text{O}$	2.09	$\text{HIO} + \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$	0.987
$\text{HFeO}_4^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{FeOOH} + 2 \text{H}_2\text{O}$	2.08	$\text{IO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{I}^- + 2 \text{OH}^-$	0.485
$\text{HFeO}_4^- + 7 \text{H}^+ + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	2.07	$2 \text{IO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 10 \text{e} \rightleftharpoons \text{I}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	1.195
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{FeOH}^+ + \text{H}_2\text{O}$	0.16	$\text{IO}_3^- + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e} \rightleftharpoons \text{I}^- + 3 \text{H}_2\text{O}$	1.085
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{e} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	0.358	$\text{IO}_3^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e} \rightleftharpoons \text{IO}^- + 4 \text{OH}^-$	0.15
$\text{FeO}_4^{2-} + 8 \text{H}^+ + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	2.20	$\text{IO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{e} \rightleftharpoons \text{IO}^- + 6 \text{OH}^-$	0.26
$[\text{Fe}(\text{bipy})_2]^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{bipy})_2]^{2+}$	0.78	$\text{In}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{In}$	-0.14
$[\text{Fe}(\text{bipy})_3]^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{bipy})_3]^{2+}$	1.03	$\text{In}^{2+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{In}^+$	-0.40
$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0.56	$\text{In}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{In}^{2+}$	-0.49
$[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}$	1.147	$\text{In}^{3+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{In}^+$	-0.443
$[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}$ (1 molar H_2SO_4)	1.06	$\text{In}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{In}$	-0.3382
$[\text{Fericinium}]^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{ferrocene}$	0.400	$\text{In}(\text{OH})_3 + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{In} + 3 \text{OH}^-$	-0.99
$\text{Fm}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Fm}^{2+}$	-1.1	$\text{In}(\text{OH})_4^- + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{In} + 4 \text{OH}^-$	-1.007
$\text{Fm}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Fm}$	-1.89	$\text{In}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{In} + 6 \text{OH}^-$	-1.034
$\text{Fm}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Fm}$	-2.30	$\text{Ir}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ir}$	1.156
$\text{Fr}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Fr}$	-2.9	$[\text{IrCl}_6]^{2-} + \text{e} \rightleftharpoons [\text{IrCl}_6]^{3-}$	0.8665
$\text{Ga}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ga}$	-0.549	$[\text{IrCl}_6]^{3-} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ir} + 6 \text{Cl}^-$	0.77
$\text{Ga}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ga}$	-0.2	$\text{Ir}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Ir} + 6 \text{OH}^-$	0.098
$\text{GaOH}^{2+} + \text{H}^+ + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ga} + \text{H}_2\text{O}$	-0.498	$\text{K}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{K}$	-2.931
$\text{H}_2\text{GaO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ga} + 4 \text{OH}^-$	-1.219	$\text{La}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{La}$	-2.379
$\text{Gd}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Gd}$	-2.279	$\text{La}(\text{OH})_3 + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{La} + 3 \text{OH}^-$	-2.90
$\text{Ge}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ge}$	0.24	$\text{Li}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Li}$	-3.0401
$\text{Ge}^{4+} + 4 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ge}$	0.124	$\text{Lr}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Lr}$	-1.96
$\text{Ge}^{4+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ge}^{2+}$	0.00	$\text{Lu}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Lu}$	-2.28
$\text{GeO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{GeO} + \text{H}_2\text{O}$	-0.118	$\text{Md}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Md}^{2+}$	-0.1
$\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ge} + 3 \text{H}_2\text{O}$	-0.182	$\text{Md}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Md}$	-1.65
$2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2$	0.00000	$\text{Md}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Md}$	-2.40
$\text{H}_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{H}^-$	-2.23	$\text{Mg}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2.70
$\text{HO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	1.495	$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2.372
$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0.8277	$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mg} + 2 \text{OH}^-$	-2.690
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$	1.776	$\text{Mn}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1.185
$\text{Hf}^{4+} + 4 \text{e} \rightleftharpoons \text{Hf}$	-1.55	$\text{Mn}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	1.5415
$\text{HfO}_2 + 2 \text{H}^+ + 4 \text{e} \rightleftharpoons \text{Hf} + \text{H}_2\text{O}$	-1.724	$\text{MnO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.224
$\text{HfO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e} \rightleftharpoons \text{Hf} + 2 \text{H}_2\text{O}$	-1.505	$\text{MnO}_4^- + \text{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_4^{2-}$	0.558
$\text{HfO}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e} \rightleftharpoons \text{Hf} + 4 \text{OH}^-$	-2.50	$\text{MnO}_4^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.679
$\text{Hg}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Hg}$	0.851	$\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	1.507
$2 \text{Hg}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$	0.920	$\text{MnO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4 \text{OH}^-$	0.595
$\text{Hg}_2^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Hg}$	0.7973	$\text{MnO}_4^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4 \text{OH}^-$	0.60
$\text{Hg}_2(\text{ac})_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Hg} + 2(\text{ac})^-$	0.51163	$\text{Mn}(\text{OH})_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mn} + 2 \text{OH}^-$	-1.56
$\text{Hg}_2\text{Br}_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Hg} + 2 \text{Br}^-$	0.13923	$\text{Mn}(\text{OH})_3 + \text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	0.15
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Hg} + 2 \text{Cl}^-$	0.26808	$\text{Mn}_2\text{O}_3 + 6 \text{H}^+ + \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Mn}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O}$	1.485
$\text{Hg}_2\text{HPO}_4 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Hg} + \text{HPO}_4^{2-}$	0.6359	$\text{Mo}^{3+} + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mo}$	-0.200
$\text{Hg}_2\text{I}_2 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Hg} + 2 \text{I}^-$	-0.0405	$\text{MoO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mo} + 4 \text{H}_2\text{O}$	-0.152
$\text{Hg}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Hg} + 2 \text{OH}^-$	0.123	$\text{H}_3\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{3-} + 45 \text{H}^+ + 42 \text{e} \rightleftharpoons 7 \text{Mo} + 24 \text{H}_2\text{O}$	0.082
$\text{HgO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Hg} + 2 \text{OH}^-$	0.0977	$\text{MoO}_3 + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e} \rightleftharpoons \text{Mo} + 3 \text{H}_2\text{O}$	0.075
$\text{Hg}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Hg} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.034	$\text{N}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_4\text{OH}$	0.092
$\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{Hg} + \text{SO}_4^{2-}$	0.6125	$3 \text{N}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{HN}_3$	-3.09
$\text{Ho}^{2+} + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{Ho}$	-2.1	$\text{N}_5^+ + 3 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_4^+$	1.275
$\text{N}_2\text{O} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1.766	$\text{H}_2\text{P}_2^- + \text{e} \rightleftharpoons \text{P} + 2 \text{OH}^-$	-1.82
$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{N}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	2.65	$\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{P} + 2 \text{H}_2\text{O}$	-0.508
$\text{N}_2\text{O}_4 + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2^-$	0.867	$\text{H}_3\text{PO}_3 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	-0.499
$\text{N}_2\text{O}_4 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} \rightleftharpoons 2 \text{HNO}_2$	1.065	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}^+ + 3 \text{e} \rightleftharpoons \text{P} + 3 \text{H}_2\text{O}$	-0.454



$\text{N}_2\text{O}_4 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.035	$\text{HPO}_3^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_3^- + 3 \text{OH}^-$	-1.65
$2 \text{NH}_3\text{OH}^+ + \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.42	$\text{HPO}_3^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{P} + 5 \text{OH}^-$	-1.71
$2 \text{NO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	1.591	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0.276
$2 \text{NO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + 2 \text{OH}^-$	0.76	$\text{PO}_4^{3-} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{HPO}_3^{2-} + 3 \text{OH}^-$	-1.05
$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	0.983	$\text{Pa}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pa}$	-1.34
$2 \text{HNO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	0.86	$\text{Pa}^{4+} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pa}$	-1.49
$2 \text{HNO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O}$	1.297	$\text{Pa}^{4+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pa}^{3+}$	-1.9
$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO} + 2 \text{OH}^-$	-0.46	$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0.1262
$2 \text{NO}_2^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_2^{2-} + 4 \text{OH}^-$	-0.18	$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb(Hg)}$	-0.1205
$2 \text{NO}_2^- + 3 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + 6 \text{OH}^-$	0.15	$\text{PbBr}_2 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + 2 \text{Br}^-$	-0.284
$\text{NO}_3^- + 3 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0.934	$\text{PbCl}_2 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + 2 \text{Cl}^-$	-0.2675
$\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$	0.957	$\text{PbF}_2 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + 2 \text{F}^-$	-0.3444
$2 \text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$	0.803	$\text{PbHPO}_4 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{HPO}_4^{2-}$	-0.465
$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}_2^- + 2 \text{OH}^-$	0.01	$\text{PbI}_2 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + 2 \text{I}^-$	-0.365
$2 \text{NO}_3^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 + 4 \text{OH}^-$	-0.85	$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + 2 \text{OH}^-$	-0.580
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2.71	$\text{PbO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.455
$\text{Nb}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Nb}$	-1.099	$\text{HPbO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + 3 \text{OH}^-$	-0.537
$\text{NbO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NbO} + \text{H}_2\text{O}$	-0.646	$\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbO} + 2 \text{OH}^-$	0.247
$\text{NbO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Nb} + 2 \text{H}_2\text{O}$	-0.690	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.6913
$\text{NbO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Nb} + \text{H}_2\text{O}$	-0.733	$\text{PbSO}_4 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.3588
$\text{Nb}_2\text{O}_5 + 10 \text{H}^+ + 10 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Nb} + 5 \text{H}_2\text{O}$	-0.644	$\text{PbSO}_4 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb(Hg)} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.3505
$\text{Nd}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Nd}$	-2.323	$\text{Pd}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pd}$	0.951
$\text{Nd}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Nd}$	-2.1	$[\text{PdCl}_4]^{2-} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pd} + 4 \text{Cl}^-$	0.591
$\text{Nd}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Nd}^{2+}$	-2.7	$[\text{PdCl}_6]^{2-} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{PdCl}_4]^{2-} + 2 \text{Cl}^-$	1.288
$\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0.257	$\text{Pd(OH)}_2 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pd} + 2 \text{OH}^-$	0.07
$\text{Ni(OH)}_2 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni} + 2 \text{OH}^-$	-0.72	$\text{Pm}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pm}$	-2.2
$\text{NiO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.678	$\text{Pm}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pm}$	-2.30
$\text{NiO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni(OH)}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0.490	$\text{Pm}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pm}^{2+}$	-2.6
$\text{No}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{No}^{2+}$	1.4	$\text{Po}^{4+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Po}^{2+}$	0.9
$\text{No}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{No}$	-1.20	$\text{Po}^{4+} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Po}$	0.76
$\text{No}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{No}$	-2.50	$\text{Pr}^{4+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pr}^{3+}$	3.2
$\text{Np}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Np}$	-1.856	$\text{Pr}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pr}$	-2.0
$\text{Np}^{4+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Np}^{3+}$	0.147	$\text{Pr}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pr}$	-2.353
$\text{NpO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Np(OH)}_3$	-0.962	$\text{Pr}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pr}^{2+}$	-3.1
$\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	0.695	$\text{Pt}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pt}$	1.18
$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$	1.229	$[\text{PtCl}_4]^{2-} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pt} + 4 \text{Cl}^-$	0.755
$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{HO}_2^- + \text{OH}^-$	-0.076	$[\text{PtCl}_6]^{2-} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{PtCl}_4]^{2-} + 2 \text{Cl}^-$	0.68
$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0.146	$\text{Pt(OH)}_2 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pt} + 2 \text{OH}^-$	0.14
$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 4 \text{OH}^-$	0.401	$\text{PtO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{PtO} + \text{H}_2\text{O}$	1.7
$\text{O}_3 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2.076	$\text{PtO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pt(OH)}_2^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	1.5
$\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2 \text{OH}^-$	1.24	$\text{PtOH}^+ + \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pt} + \text{H}_2\text{O}$	1.2
$\text{O(g)} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$	2.421	$\text{PtO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{PtO} + \text{H}_2\text{O}$	1.01
$\text{OH}^- + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{OH}^{2-}$	2.02	$\text{PtO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pt} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.00
$\text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 3 \text{OH}^-$	0.878	$\text{Pu}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pu}$	-2.031
$\text{OsO}_4 + 8 \text{H}^+ + 8 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Os} + 4 \text{H}_2\text{O}$	0.838	$\text{Pu}^{4+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pu}^{3+}$	1.006
$\text{OsO}_4 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{OsO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.02	$\text{Pu}^{5+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pu}^{4+}$	1.099
$[\text{Os(bipy)}_2]^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Os(bipy)}_2]^{2+}$	0.81	$\text{PuO}_2(\text{OH})_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pu(OH)}_4$	1.325
$[\text{Os(bipy)}_3]^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Os(bipy)}_3]^{2+}$	0.80	$\text{PuO}_2(\text{OH})_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{PuO}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	1.062
$\text{P(red)} + 3 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{PH}_3(\text{g})$	-0.111	$\text{Ra}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ra}$	-2.8
$\text{P(white)} + 3 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{PH}_3(\text{g})$	-0.063	$\text{Rb}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2.98
$\text{P} + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{PH}_3(\text{g}) + 3 \text{OH}^-$	-0.87	$\text{Re}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Re}$	0.300
$\text{ReO}_4^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{ReO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	0.510	$\text{SiO}_2(\text{quartz}) + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Si} + 2 \text{H}_2\text{O}$	0.857
$\text{ReO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Re} + 2 \text{H}_2\text{O}$	0.2513	$\text{SiO}_3^{2-} + 3 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Si} + 6 \text{OH}^-$	-1.697
$\text{ReO}_4^- + 2 \text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{ReO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0.768	$\text{Sm}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sm}^{2+}$	-1.55
$\text{ReO}_4^- + 4 \text{H}_2\text{O} + 7 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Re} + 8 \text{OH}^-$	-0.584	$\text{Sm}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sm}$	-2.304
$\text{ReO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 7 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Re} + 4 \text{H}_2\text{O}$	0.368	$\text{Sm}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sm}$	-2.68
$\text{Rh}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Rh}$	0.600	$\text{Sn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0.1375
$\text{Rh}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Rh}$	0.600	$\text{Sn}^{4+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	0.151
$\text{Rh}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Rh}$	0.758	$\text{Sn(OH)}_3^+ + 3 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O}$	0.142
$[\text{RhCl}_6]^{3-} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Rh} + 6 \text{Cl}^-$	0.431	$\text{SnO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	-0.094
$\text{RhOH}^{2+} + \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Rh} + \text{H}_2\text{O}$	0.83	$\text{SnO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn} + 2 \text{H}_2\text{O}$	-0.117
$\text{Ru}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ru}$	0.455	$\text{SnO}_2 + 3 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{SnOH}^+ + \text{H}_2\text{O}$	-0.194
$\text{Ru}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ru}^{2+}$	0.2487	$\text{SnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn} + 4 \text{OH}^-$	-0.945
$\text{RuO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ru}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.120	$\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn} + 3 \text{OH}^-$	-0.909
$\text{RuO}_4^- + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{RuO}_4^{2-}$	0.59	$\text{Sn(OH)}_6^{2-} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{HSnO}_2^- + 3 \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$	-0.93
$\text{RuO}_4 + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{RuO}_4^-$	1.00	$\text{Sr}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sr}$	-4.10
$\text{RuO}_4 + 6 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ru(OH)}_2^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.40	$\text{Sr}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sr}$	-2.899
$\text{RuO}_4 + 8 \text{H}^+ + 8 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ru} + 4 \text{H}_2\text{O}$	1.038	$\text{Sr}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sr(Hg)}$	-1.793
$[\text{Ru(bipy)}_3]^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Ru(bipy)}_3]^{2+}$	1.24	$\text{Sr(OH)}_2 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sr} + 2 \text{OH}^-$	-2.88
$[\text{Ru(H}_2\text{O)}_6]^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Ru(H}_2\text{O)}_6]^{2+}$	0.23	$\text{Ta}_2\text{O}_5 + 10 \text{H}^+ + 10 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Ta} + 5 \text{H}_2\text{O}$	-0.750
$[\text{Ru(NH}_3)_6]^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Ru(NH}_3)_6]^{2+}$	0.10	$\text{Ta}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ta}$	-0.6
$[\text{Ru(en)}_3]^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Ru(en)}_3]^{2+}$	0.210	$\text{Tc}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Tc}$	0.400
$[\text{Ru(CN)}_6]^{3-} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Ru(CN)}_6]^{4-}$	0.86	$\text{TcO}_4^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{TcO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	0.782
$\text{S} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{S}^{2-}$	-0.47627	$\text{Tc}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Tc}^{2+}$	0.3



$S + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2S(aq)$	0.142	$TcO_4^- + 8H^+ + 7e \rightleftharpoons Tc + 4H_2O$	0.472
$S + H_2O + 2e \rightleftharpoons SH^- + OH^-$	-0.478	$Tb^{4+} + e \rightleftharpoons Tb^{3+}$	3.1
$2S + 2e \rightleftharpoons S_2^{2-}$	-0.42836	$Tb^{3+} + 3e \rightleftharpoons Tb$	-2.28
$S_2O_6^{2-} + 4H^+ + 2e \rightleftharpoons 2H_2SO_3$	0.564	$Te + 2e \rightleftharpoons Te^{2-}$	-1.143
$S_2O_8^{2-} + 2e \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$	2.010	$Te + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2Te$	-0.793
$S_2O_8^{2-} + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons 2HSO_4^-$	2.123	$Te^{4+} + 4e \rightleftharpoons Te$	0.568
$S_4O_6^{2-} + 2e \rightleftharpoons 2S_2O_3^{2-}$	0.08	$TeO_2 + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons Te + 2H_2O$	0.593
$2H_2SO_3 + H^+ + 2e \rightleftharpoons HS_2O_4^- + 2H_2O$	-0.056	$TeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e \rightleftharpoons Te + 6OH^-$	-0.57
$H_2SO_3 + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons S + 3H_2O$	0.449	$TeO_4^{2-} + 8H^+ + 7e \rightleftharpoons Te + 4H_2O$	0.472
$2SO_3^{2-} + 2H_2O + 2e \rightleftharpoons S_2O_4^{2-} + 4OH^-$	-1.12	$H_6TeO_6 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons TeO_2 + 4H_2O$	1.02
$2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e \rightleftharpoons S_2O_3^{2-} + 6OH^-$	-0.571	$Th^{4+} + 4e \rightleftharpoons Th$	-1.899
$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2SO_3 + H_2O$	0.172	$ThO_2 + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons Th + 2H_2O$	-1.789
$2SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e \rightleftharpoons S_2O_6^{2-} + H_2O$	-0.22	$Th(OH)_4 + 4e \rightleftharpoons Th + 4OH^-$	-2.48
$SO_4^{2-} + H_2O + 2e \rightleftharpoons SO_3^{2-} + 2OH^-$	-0.93	$Ti^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ti$	-1.630
$Sb + 3H^+ + 3e \rightleftharpoons SbH_3$	-0.510	$Ti^{3+} + e \rightleftharpoons Ti^{2+}$	-0.9
$Sb_2O_3 + 6H^+ + 6e \rightleftharpoons 2Sb + 3H_2O$	0.152	$TiO_2 + 4H^+ + 2e \rightleftharpoons Ti^{2+} + 2H_2O$	-0.502
$Sb_2O_3 \text{ (senarmontite)} + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons Sb_2O_3 + 2H_2O$	0.671	$Ti^{3+} + 3e \rightleftharpoons Ti$	-1.37
$Sb_2O_3 \text{ (valentinite)} + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons Sb_2O_3 + 2H_2O$	0.649	$TiOH^{3+} + H^+ + e \rightleftharpoons Ti^{3+} + H_2O$	-0.055
$Sb_2O_3 + 6H^+ + 4e \rightleftharpoons 2SbO^+ + 3H_2O$	0.581	$Tl^+ + e \rightleftharpoons Tl$	-0.336
$SbO^+ + 2H^+ + 3e \rightleftharpoons Sb + 2H_2O$	0.212	$Tl^+ + e \rightleftharpoons Tl(Hg)$	-0.3338
$SbO_2^- + 2H_2O + 3e \rightleftharpoons Sb + 4OH^-$	-0.66	$Tl^{3+} + 2e \rightleftharpoons Tl^+$	1.252
$SbO_3^- + H_2O + 2e \rightleftharpoons SbO_2^- + 2OH^-$	-0.59	$Tl^{3+} + 3e \rightleftharpoons Tl$	0.741
$Sc^{3+} + 3e \rightleftharpoons Sc$	-2.077	$TlBr + e \rightleftharpoons Tl + Br^-$	-0.658
$Se + 2e \rightleftharpoons Se^{2-}$	-0.924	$TlCl + e \rightleftharpoons Tl + Cl^-$	-0.5568
$Se + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2Se(aq)$	-0.399	$TlI + e \rightleftharpoons Tl + I^-$	-0.752
$H_2SeO_3 + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons Se + 3H_2O$	0.74	$Tl_2O_3 + 3H_2O + 4e \rightleftharpoons 2Tl^+ + 6OH^-$	0.02
$Se + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2Se$	-0.082	$TiOH + e \rightleftharpoons Ti + OH^-$	-0.34
$SeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e \rightleftharpoons Se + 6OH^-$	-0.366	$Ti(OH)_3 + 2e \rightleftharpoons TiOH + 2OH^-$	-0.05
$SeO_4^{2-} + 4H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2SeO_3 + H_2O$	1.151	$Tl_2SO_4 + 2e \rightleftharpoons Tl + SO_4^{2-}$	-0.4360
$SeO_4^{2-} + H_2O + 2e \rightleftharpoons SeO_3^{2-} + 2OH^-$	0.05	$Tm^{3+} + e \rightleftharpoons Tm^{2+}$	-2.2
$SiF_6^{2-} + 4e \rightleftharpoons Si + 6F^-$	-1.24	$Tm^{3+} + 3e \rightleftharpoons Tm$	-2.319
$SiO + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons Si + H_2O$	-0.8	$Tm^{2+} + 2e \rightleftharpoons Tm$	-2.4
$U^{3+} + 3e \rightleftharpoons U$	-1.798	$2WO_3 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons W_2O_5 + H_2O$	-0.029
$U^{4+} + e \rightleftharpoons U^{3+}$	-0.607	$H_4XeO_6 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons XeO_3 + 3H_2O$	2.42
$UO_2^+ + 4H^+ + e \rightleftharpoons U^{4+} + 2H_2O$	0.612	$XeO_3 + 6H^+ + 6e \rightleftharpoons Xe + 3H_2O$	2.10
$UO_2^{2+} + e \rightleftharpoons UO_2^+$	0.062	$XeF + e \rightleftharpoons Xe + F^-$	3.4
$UO_2^{2+} + 4H^+ + 2e \rightleftharpoons U^{4+} + 2H_2O$	0.327	$Y^{3+} + 3e \rightleftharpoons Y$	-2.372
$UO_2^{2+} + 4H^+ + 6e \rightleftharpoons U + 2H_2O$	-1.444	$Yb^{3+} + e \rightleftharpoons Yb^{2+}$	-1.05
$V^{2+} + 2e \rightleftharpoons V$	-1.175	$Yb^{3+} + 3e \rightleftharpoons Yb$	-2.19
$V^{3+} + e \rightleftharpoons V^{2+}$	-0.255	$Yb^{2+} + 2e \rightleftharpoons Yb$	-2.76
$VO^{2+} + 2H^+ + e \rightleftharpoons V^{3+} + H_2O$	0.337	$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn$	-0.7618
$VO_2^+ + 2H^+ + e \rightleftharpoons VO^{2+} + H_2O$	0.991	$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn(Hg)$	-0.7628
$V_2O_5 + 6H^+ + 2e \rightleftharpoons 2VO^{2+} + 3H_2O$	0.957	$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e \rightleftharpoons Zn + 4OH^-$	-1.215
$V_2O_5 + 10H^+ + 10e \rightleftharpoons 2V + 5H_2O$	-0.242	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O + 2e \rightleftharpoons Zn(Hg) + SO_4^{2-} + 7H_2O$	-0.7993
$V(OH)_4^+ + 2H^+ + e \rightleftharpoons VO^{2+} + 3H_2O$	1.00	(Saturated $ZnSO_4$)	
$V(OH)_4^+ + 4H^+ + 5e \rightleftharpoons V + 4H_2O$	-0.254	$ZnOH^+ + H^+ + 2e \rightleftharpoons Zn + H_2O$	-0.497
$[V(phen)_3]^{3+} + e \rightleftharpoons [V(phen)_3]^{2+}$	0.14	$Zn(OH)_4^{2-} + 2e \rightleftharpoons Zn + 4OH^-$	-1.199
$W^{3+} + 3e \rightleftharpoons W$	0.1	$Zn(OH)_2 + 2e \rightleftharpoons Zn + 2OH^-$	-1.249
$W_2O_5 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons 2WO_2 + H_2O$	-0.031	$ZnO + H_2O + 2e \rightleftharpoons Zn + 2OH^-$	-1.260
$WO_2 + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons W + 2H_2O$	-0.119	$ZrO_2 + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons Zr + 2H_2O$	-1.553
$WO_3 + 6H^+ + 6e \rightleftharpoons W + 3H_2O$	-0.090	$ZrO(OH)_2 + H_2O + 4e \rightleftharpoons Zr + 4OH^-$	-2.36
$WO_3 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons WO_2 + H_2O$	0.036	$Zr^{4+} + 4e \rightleftharpoons Zr$	-1.45



DETALLES EXPERIMENTALES

Materiales:

- 1 gradilla con 6 tubos de ensayo
- 1 tubo en "U"
- 1 pipeta de 10 mL
- 1 soporte universal
- 1 matraces erlenmeyer de 250 mL
- 1 piseta
- 1 bagueta
- 1 propipeta
- 1 pinza
- 1 bureta de 50 mL
- 1 fuente de corriente de 0 a 20V

Reactivos:

- Alambre de Cu
- Lámina de cobre puro de 1.5 cm. x 8 cm.
- Viruta de cobre
- Ácido Sulfúrico H_2SO_4 concentrado
- Ácido Clorhídrico HCl 0,1N
- Ácido Nítrico HNO_3 3M
- Cloruro Férrico FeCl_3 0,1M
- Tetracloruro de Carbono CCl_4
- Indicadores: Fenolftaleína y Anaranjado de Metilo
- Almidón

PROCEDIMIENTO

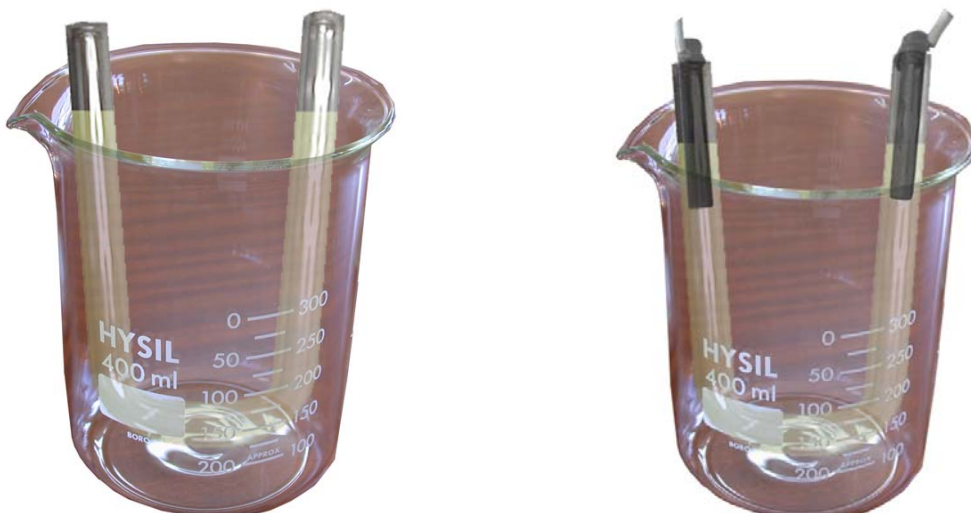
A) Electrólisis de la solución de KI (electrodos insolubles)

En esta primera experiencia se verifica un ejemplo de electrólisis. Más adelante se verán otros ejemplos aún más interesantes.

1. Se coloca una cantidad suficiente de solución de KI 0,5M en el tubo en "U" de modo que llegue hasta 1 cm. por debajo de la parte superior.



2. Se instala el aparato de electrólisis. La fuente de corriente directa (continua) tendrá un potencial de 15V. Se hace las conexiones eléctricas correspondientes y se deja transcurrir la electrólisis durante 15 minutos.



3. Se observa la formación de I_2 en el ánodo el cual tiene un color marrón y en el cátodo se ven burbujas, esto corresponde a gas H_2 .



4. Terminada la electrólisis, se desconecta el equipo y se retira con cuidado los electrodos.



5. Con un gotero se extrae una pequeña cantidad del extremo donde estaba el cátodo y se vacía en un tubo de ensayo.



6. Luego se agregan 2 gotas de Fenolftaleína para comprobar la concentración del ión Oxhidrilo (OH^-) de la solución. La solución toma el color rojo – grosella.



7. Se agregan 2 gotas de FeCl_3 para comprobar la concentración del ión Oxhidrilo (OH^-) de la solución. La solución da un precipitado de color rojo.



La reacción es: $\text{FeCl}_3 + \text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(\text{pp})}$

8. Ahora se extrae con el gotero una pequeña cantidad del extremo donde estaba el ánodo y se vierte a un tubo de ensayo.



9. Este tubo se divide en partes iguales, al primer tubo se le añade 2 gotas de CCl_4 y al segundo tubo se le añade 2 gotas de almidón.

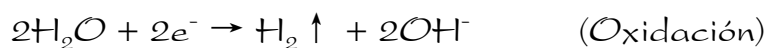


10. Para el CCl_4 se observa una coloración violeta y par el almidón se observa una coloración azul oscura.



Las reacciones a lugar son:

Anódica:



Catódica:



B) Electrólisis de la solución de CuSO_4 (electrodos insolubles)

1. Se emplea una solución de CuSO_4 0,5M y se procede a instalar el equipo para comenzar la electrólisis. Aquí se usará también 15V.



2. Se observa que del ánodo está saliendo burbujas de un gas, este gas es oxígeno. Mientras que en el cátodo se está depositando una sustancia marrón que es el cobre de la solución.



3. De la solución donde se encontraba en el ánodo se extrae una cierta cantidad con el gotero y se lleva a dos tubos de ensayo. Inmediatamente se añade 2 gotas de Fenolftaleína y Anaranjado de metilo a cada tubo. Esto es para comprobar la presencia del ión H^+ .



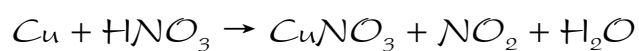
4. La solución con Fenolftaleína no cambia de color, mientras que la solución con Anaranjado de Metilo cambia a un color rojo.



5. Se seca el cátodo y sobre la boca de un tubo de ensayo se le agrega gota a gota HNO_3 3M de tal modo que vaya desprendiendo cobre. La solución toma un color verde azulado.

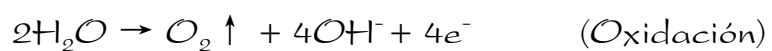


La reacción es:



Las reacciones a lugar son:

Anódica:



Catódica:



C) Purificación del cobre (electrodos de Cu: ánodo soluble)

1. En un vaso de 250 mL se agrega 100 mL de solución de CuSO_4 0,5M, se le agrega 1 mL de H_2SO_4 concentrado, luego se instala el como ánodo una lámina de cobre y como cátodo un alambre de cobre. Luego se introducen los electrodos, cuidando de que estos no choquen entre sí. Se usará un potencial de 2 a 4V.



2. Transcurrida la electrólisis, se observa que en la placa de cobre se ha depositado cobre proveniente de la solución y también del cátodo de cobre, ya que estos electrodos son solubles.



Las reacciones a lugar son:

Anódica:



Catódica:



CONCLUSIONES

- Los procesos químicos son de una gran importancia tanto a nivel industrial como a nivel ecológico y natural.
- Con el desarrollo de este trabajo presentado pudimos conocer un poco mas sobre la electroquímica y los puntos relacionados con ella. También aprendimos sobre las leyes de Faraday y su aplicación en la electroquímica.
- Para dar a entender mejor este trabajo quisimos desarrollar las definiciones de electrolito y electrodo.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ *Química General*
7ma edición (2002)
Raymond Chang
Ed. Mc Graw-Hill Interamericana
Páginas 769 – 776
- ✓ *Química General*
8va edición (2003)
Ralph H. Petrucci, William S. Harwood, F. Geoffrey Herring
Ed. Prentice Hall
Páginas 851 – 855
- ✓ *Crc Handbook of Chemistry and Physics*
82va edición (2002)
CRC Press Corporate
Páginas 580 – 585

APÉNDICE

1. Escribir las ecuaciones de las semireacciones y las reacciones totales de los procesos primarios y secundarios que tienen lugar en los electrodos.

En la solución de KJ, las reacciones a lugar son:

Anódica:

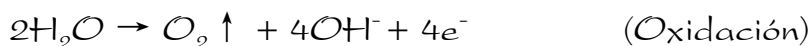


Catódica:



En la solución de CuSO_4 , las reacciones a lugar son:

Anódica:



Catódica:



En la purificación de CuSO_4 , las reacciones a lugar son:

Anódica:



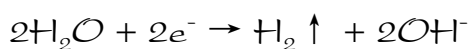
Catódica:



2. ¿Qué productos se han formado, depositado y desprendido en los electrodos y que iones quedan presentes en las soluciones.

En la solución de KJ, las reacciones a lugar son:

Anódica:

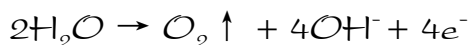


Catódica:

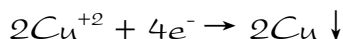


En la solución de CuSO_4 , las reacciones a lugar son:

Anódica:



Catódica:

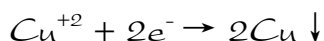


En la purificación de CuSO_4 , las reacciones a lugar son:

Anódica:



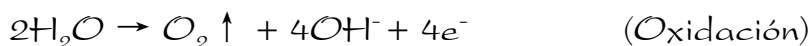
Catódica:



3. En la electrólisis de una solución de CuSO_4 ¿Qué volumen de O_2 (medido a condiciones normales) es liberado en el ánodo, en el tiempo que transcurre para depositar sobre el cátodo 5g de Cu?

En la solución de CuSO_4 , las reacciones a lugar son:

Anódica:



Catódica:



$$\# \text{Eq}_{\text{O}_2} = \text{Eq}_{\text{Cu}}$$

$$\frac{\frac{w}{32}}{4} = \frac{5}{\frac{63,5}{2}}$$

$$w = 1,25\text{g}$$

$$\text{Luego: } 1,25\text{g} \times \frac{1\text{mol}}{32\text{g}} \times \frac{22,4\text{L}}{1\text{mol}} = 0,88\text{L}$$

4. ¿Cuál es la molaridad de H^+ en una solución después de la electrólisis descrita en el problema anterior?. El volumen final de la solución es 300mL.

$$5 = \frac{Q \times 63,5}{96500 \times 2}$$

$$Q = 15196,85 \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{96500} = 0,15 \text{ mol } e^- \times \frac{4H^+}{4 \text{ mol } e^-}$$

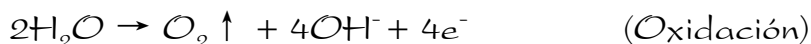
$$\frac{0,15 \text{ mol}}{0,3 \text{ L}} = 0,5 \text{ M}$$

5. ¿Qué papel juega la concentración de los iones H^+ en la solución durante la electrólisis?. De un ejemplo y explique con semireacciones.

Cambia el pH de la solución, al acidificar el medio, permitiendo después una neutralización.

En la solución de $CuSO_4$, las reacciones a lugar son:

Anódica:



Catódica:

