

Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ingeniería

Química General e Inorgánica

TRABAJO PRÁCTICO 12:

Electroquímica

Profesora Titular: Dra. Graciela Valente

Profesora Adjunta: Dra. Cecilia Medaura

Jefes de Trabajos Prácticos:

Lic. Sebastián Drajlín Gordon

Lic. Liliana Ferrer

Prof. Inés Grillo

Ing. Carina Maroto

Dra. Rebeca Purpora

Ing. Alejandra Somonte

Ing. Silvina Tonini

Contenido: Celdas electroquímicas. Electrólisis.

ÍNDICE

I.	EJERCICIOS	3
II.	RESPUESTAS	7
III.	MATERIAL COMPLEMENTARIO	9

I. EJERCICIOS

1. Determine la masa que se reduce por mol de electrones, de las sustancias o iones, para las reacciones indicadas en el cuadro:

Reacción	Masa
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$	
$2 \text{H}^{+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$	
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{ac})}$	
$\text{O}_{2(\text{g})} + 4 \text{H}^{+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	

2. Determine la masa de la sustancia reducida de acuerdo con la cantidad de corriente que circula:

Reacción	Cantidad de corriente	Masa reducida
$\text{Mg}^{2+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}_{(\text{s})}$	4,7 F	
$\text{Al}^{3+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{Al}_{(\text{s})}$	120 F	
$\text{Hg}^{2+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_{(\text{l})}$	$7 \cdot 10^2$ coulomb	

3. Determine la corriente que circula cuando se reduce la masa indicada en el cuadro:

Reacción	Masa reducida	Cantidad de corriente
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$	350 g de Cu	
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$	1.500 kg de Fe	
$\text{Ag}^{+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}_{(\text{s})}$	10 toneladas de Ag	

4. Indique el potencial estándar de reducción, en solución acuosa a 25 °C.

Reacción de reducción	Potencial
$\text{Ba}^{2+}_{(\text{ac})} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{Ba}_{(\text{s})}$	
$\text{SO}_4^{2-}_{(\text{ac})} + 4 \text{H}^{+} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{SO}_{2(\text{g})} + 2 \text{H}_2\text{O}$	
$\text{PbO}_{2(\text{s})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{ac})} + 2 \text{H}^{+} + ___ \text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_{4(\text{s})} + 2 \text{H}_2\text{O}$	

5. Indique si las reacciones de oxidación-reducción del cuadro ocurren espontáneamente en el sentido que se las ha escrito. Justifique su respuesta. (Considere condiciones estándar de trabajo)

Reacción	Si	No
$\text{Zn}_{(\text{s})} + 2 \text{HCl}_{(\text{ac})} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(\text{ac})} + \text{H}_{2(\text{g})}$		
$\text{Cu}_{(\text{s})} + 2 \text{HCl}_{(\text{ac})} \rightarrow \text{CuCl}_{2(\text{ac})} + \text{H}_{2(\text{g})}$		
$5 \text{Cl}_{2(\text{g})} + 2 \text{MnSO}_{4(\text{ac})} + 8 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 6 \text{K}_2\text{SO}_{4(\text{ac})} \rightarrow 10 \text{KCl}_{(\text{ac})} + 2 \text{KMnO}_{4(\text{ac})} + 8 \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{ac})}$		

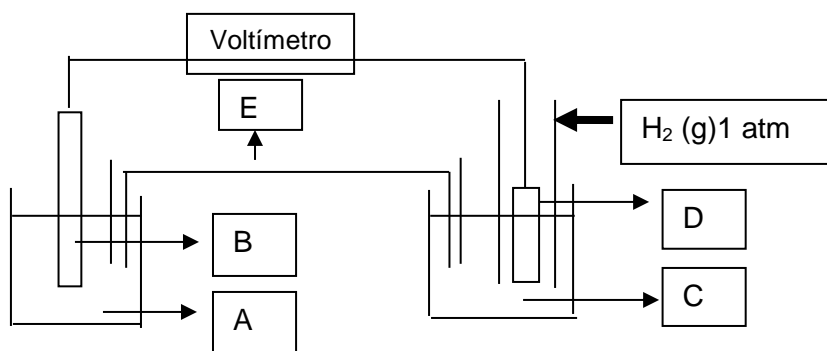
6. Cuando circula 1 Faraday de electricidad en una pila de $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}(1\text{ M})//\text{Cu}^{2+}(1\text{ M})/\text{Cu}$:
 (Marque con "X" cuando la respuesta sea Verdadera o Falsa e indique en qué electrodo sucede, y justifique su respuesta.)

- a) Se depositan 65,3 g de Zn
- b) Circulan $\frac{1}{2}$ mol de electrones
- c) Se disuelven 65,3 g de Zn
- d) Se depositan 63,5 g de Cu
- e) Se depositan $63,5/2$ g de Cu
- f) Se depositan $65,3/2$ g de Zn
- g) Se disuelven $65,3/2$ g de Zn
- h) Se disuelven $65,3/2$ g de Cu
- i) Se deposita un mol de Zn
- j) Se deposita una masa equivalente de Cu
- k) Se produce la oxidación del Zn
- l) Circulan $6,02 \cdot 10^{23}$ electrones
- m) Circulan $2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$ electrones

Verdadero	Falso	Electrodo

7. Se tiene una pila formada por un electrodo de Al y otro de Cd en solución 1 mol/L de cationes Al y Cd. Determine:
- a. ¿Cuál es el ánodo?
 - b. ¿Cuál es el cátodo?
 - c. ¿Cuál es la reacción de oxidación?
 - d. ¿Cuál es la reacción de reducción?
 - e. Si el Al modifica su peso en 0,250 g durante un cierto período de funcionamiento de la pila, ¿cuánto modificará su peso el Cd?
 - f. Si circula 4,2 F de electricidad ¿Cuánto Cd y Al se disuelve o se deposita según corresponda?
 - g. Si el Cd varió su peso en 0,300 g, ¿qué cantidad de electrones circuló?
 - h. ¿Cuál es el potencial de la pila en condiciones estándar?

8. El siguiente esquema corresponde a la pila que permite determinar el potencial estándar de reducción del Zinc. Zn^{2+}/Zn $E^\circ_R = -0,76 \text{ V}$. Indique:



- ¿Cuáles son las especies que deben estar presentes en las soluciones A y C?
 - ¿De qué metal están constituidas las barras B y D?
 - ¿Qué función tiene el puente salino E, y de qué está formado?
 - ¿Cuál es la reacción catódica y cuál la anódica?
 - ¿Qué pH debe tener la solución C?
 - Si el electrodo de zinc varía su masa en 65,38 g que volumen de $\text{H}_2(\text{g})$ CNPT reacciona en el otro electrodo.
9. Se construye una pila formada por un electrodo de Hierro_(s) en solución de cloruro ferroso (1 mol/L) y un electrodo de aluminio en solución de cloruro de aluminio (1 mol/L).

$$E^\circ_R \text{Fe}^{2+}/\text{Fe} = -0,44 \text{ V} \quad E^\circ_R \text{Al}^{3+}/\text{Al} = -1,66 \text{ V}$$

- Realice el esquema de la pila indicando el cátodo y el ánodo.
 - Indique la ecuación catódica y anódica.
 - Calcule el potencial de la pila.
 - Si uno de los electrodos metálicos disminuyó su masa en 450 g, ¿cuánto aumentó la masa del otro electrodo?
 - Si circuló una cantidad de corriente de 7 Faraday, ¿qué masa de aluminio intervino en la reacción?
10. Considere la electrólisis de bromuro de potasio fundido con electrodos inertes. Al hacer circular la corriente se realizan las siguientes observaciones:

Se producen burbujas de gas bromo, color pardo rojizo en uno de los electrodos.

Se produce potasio metálico fundido de color gris plateado en el otro electrodo.

$E^\circ_R \text{K}^+/\text{K} = -2,927 \text{ V}$	$E^\circ_R \text{Br}_2/\text{Br}^- = 1,1 \text{ V}$
$F = 96.487 \text{ C/mol e}^-$	$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$

Indique:

- Reacción en el cátodo y en el ánodo.
- Potencial mínimo a aplicar en la cuba electrolítica para producir la reacción en condiciones estándar.
- Masa de potasio depositado cuando circuló una corriente de 1,12 A durante 2,40 h.

11. Responda:

- Los sólidos como el KBr y el NaNO_3 no conducen la corriente eléctrica a pesar de ser iónicos. ¿Por qué?
- El Mg metálico no puede obtenerse por electrólisis de MgCl_2 acuoso ¿Por qué?
 $\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}^0_{(s)} = -2,37 \text{ V}$

12. Escriba las reacciones anódicas y catódicas de la electrólisis de las siguientes sales en solución acuosa y con electrodos inertes:

- AgCl
- KBr
- CuSO_4
- NaNO_3

13. Dados los siguientes $E^\circ_{\text{reducción}}$ de los siguientes electrodos para construir pilas:



En condiciones normales electroquímicas, indique si las siguientes afirmaciones son Verdaderas o Falsas y justifique las respuestas.

- En una pila Zn/Cu el electrodo de cobre es el ánodo.
- El mayor E°_{pila} corresponde a la pila Zn/Fe.
- Conectado con cualquiera de los otros metales, la plata se oxida.
- Cuando se oxidan 65 g de Zn se reducen 108 g de Ag^+ .
- Cuando se reducen 100 g de H^+ se oxidan 3,25 kg de Zn.
- Cuando circulan 5F de electricidad en la pila Zn/Cu, se disuelven 163,75 g de Zn en el ánodo.
- El hierro, en este caso, siempre es cátodo.

14. Determine:

- La masa de magnesio metálico que puede obtenerse del cloruro de magnesio fundido, utilizando una corriente de 7,30 A durante 2 horas.
- ¿Qué volumen de cloro a 25°C y 1 atm se producirán y en cuál de los electrodos?

15. El dióxido de manganeso reacciona con ácido clorhídrico diluido formando cloruro manganoso y cloro molecular. Calcule las cantidades estequiométricas de los reactivos que son necesarias para obtener 10 litros de cloro gaseoso medidos a 20°C y 760 mmHg.

II. RESPUESTAS

1.

Reacción	Masa
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$	32,65 g
$2\text{H}^{+}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$	1 g
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{ac})} + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{ac})}$	56 g
$\text{O}_{2(\text{g})} + 4\text{H}^{+}_{(\text{ac})} + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	8 g

2.

Reacción	Cantidad de corriente	Masa reducida
$\text{Mg}^{2+}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}_{(\text{s})}$	4,7 F	56,4g
$\text{Al}^{3+}_{(\text{ac})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}_{(\text{s})}$	120 F	1.080 g
$\text{Hg}^{2+}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_{(\text{l})}$	$7 \cdot 10^2$ coulomb	0,73 g

3.

Reacción	Masa reducida	Cantidad de corriente
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$	350 g de Cu	11,02 F
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{ac})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$	1.500 kg de Fe	$8,04 \cdot 10^4$ F
$\text{Ag}^{+}_{(\text{ac})} + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}_{(\text{s})}$	10 toneladas de Ag	$9,26 \cdot 10^4$ F

4.

Reacción de reducción	Potencial
$\text{Ba}^{2+}_{(\text{ac})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ba}_{(\text{s})}$	- 2,90 V
$\text{SO}_4^{2-}_{(\text{ac})} + 4\text{H}^{+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{SO}_{2(\text{g})} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,20 V
$\text{PbO}_{2(\text{s})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{ac})} + 2\text{H}^{+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_{4(\text{s})} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,69 V

5.

Reacción	Si	No
$\text{Zn}_{(\text{s})} + 2\text{HCl}_{(\text{ac})} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(\text{ac})} + \text{H}_{2(\text{g})}$	X	
$\text{Cu}_{(\text{s})} + 2\text{HCl}_{(\text{ac})} \rightarrow \text{CuCl}_{2(\text{ac})} + \text{H}_{2(\text{g})}$		X
$5\text{Cl}_{2(\text{g})} + 2\text{MnSO}_{4(\text{ac})} + 8\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 6\text{K}_2\text{SO}_{4(\text{ac})} \rightarrow 10\text{KCl}_{(\text{ac})} + 2\text{KMnO}_{4(\text{ac})} + 8\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{ac})}$		X

6.

- F
- F
- F
- F
- V; cátodo
- F

- g. V; ánodo
 - h. F
 - i. F
 - j. V; cátodo
 - k. V; ánodo
 - l. V
 - m. F
- 7.
- e. 1,56 g de Cd
 - f. 235,4 g de Cd y 37,8g de Al
 - g. $3,21 \cdot 10^{21}$ electrones
 - h. 1,26 V
- 9.
- d. 1.400 g
 - e. 63 g
- 10.
- b. 4,027 V
 - c. 3,91 g
- 14.
- a. 6,53 g de magnesio
 - b. 6,65L Cl₂
15. 36,19 g de MnO₂ y 60,73 g de HCl

III. MATERIAL COMPLEMENTARIO

Potenciales Estándar de Reducción a 25 °C

SEMIRREACCIÓN	$E^{\circ}(\text{V})$
$\text{Li}^{+}(\text{ac}) + e^{-} \longrightarrow \text{Li}(\text{s})$	-3.05
$\text{K}^{+}(\text{ac}) + e^{-} \longrightarrow \text{K}(\text{s})$	-2.93
$\text{Ba}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Ba}(\text{s})$	-2.90
$\text{Sr}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Sr}(\text{s})$	-2.89
$\text{Ca}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Ca}(\text{s})$	-2.87
$\text{Na}^{+}(\text{ac}) + e^{-} \longrightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2.71
$\text{Mg}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2.37
$\text{Be}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Be}(\text{s})$	-1.85
$\text{Al}^{3+}(\text{ac}) + 3e^{-} \longrightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1.66
$\text{Mn}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Mn}(\text{s})$	-1.18
$2\text{H}_2\text{O} + 2e^{-} \longrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^{-}(\text{ac})$	-0.83
$\text{Zn}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0.76
$\text{Cr}^{3+}(\text{ac}) + 3e^{-} \longrightarrow \text{Cr}(\text{s})$	-0.74
$\text{Fe}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.44
$\text{Cd}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Cd}(\text{s})$	-0.40
$\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Pb}(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{ac})$	-0.31
$\text{Co}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Co}(\text{s})$	-0.28
$\text{Ni}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0.25
$\text{Sn}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0.14
$\text{Pb}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0.13
$2\text{H}^{+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{Sn}^{4+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{ac})$	+0.13
$\text{Cu}^{2+}(\text{ac}) + e^{-} \longrightarrow \text{Cu}^{+}(\text{ac})$	+0.15
$\text{SO}_4^{2-}(\text{ac}) + 4\text{H}^{+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.20
$\text{AgCl}(\text{s}) + e^{-} \longrightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^{-}(\text{ac})$	+0.22
$\text{Cu}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+0.34
$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^{-} \longrightarrow 4\text{OH}^{-}(\text{ac})$	+0.40
$\text{I}_2(\text{s}) + 2e^{-} \longrightarrow 2\text{I}^{-}(\text{ac})$	+0.53
$\text{MnO}_4^{-}(\text{ac}) + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^{-} \longrightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{OH}^{-}(\text{ac})$	+0.59
$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^{+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2(\text{ac})$	+0.68
$\text{Fe}^{3+}(\text{ac}) + e^{-} \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{ac})$	+0.77
$\text{Ag}^{+}(\text{ac}) + e^{-} \longrightarrow \text{Ag}(\text{s})$	+0.80
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow 2\text{Hg}(\text{l})$	+0.85
$2\text{Hg}^{2+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Hg}_2^{2+}(\text{ac})$	+0.92
$\text{NO}_3^{-}(\text{ac}) + 4\text{H}^{+}(\text{ac}) + 3e^{-} \longrightarrow \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.96
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2e^{-} \longrightarrow 2\text{Br}^{-}(\text{ac})$	+1.07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^{+}(\text{ac}) + 4e^{-} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23
$\text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^{+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{ac}) + 14\text{H}^{+}(\text{ac}) + 6e^{-} \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{ac}) + 7\text{H}_2\text{O}$	+1.33
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2e^{-} \longrightarrow 2\text{Cl}^{-}(\text{ac})$	+1.36
$\text{Au}^{3+}(\text{ac}) + 3e^{-} \longrightarrow \text{Au}(\text{s})$	+1.50
$\text{MnO}_4^{-}(\text{ac}) + 8\text{H}^{+}(\text{ac}) + 5e^{-} \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{ac}) + 4\text{H}_2\text{O}$	+1.51
$\text{Ce}^{4+}(\text{ac}) + e^{-} \longrightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{ac})$	+1.61
$\text{PbO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^{+}(\text{ac}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.70
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{ac}) + 2\text{H}^{+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.77
$\text{Co}^{3+}(\text{ac}) + e^{-} \longrightarrow \text{Co}^{2+}(\text{ac})$	+1.82
$\text{O}_3(\text{g}) + 2\text{H}^{+}(\text{ac}) + 2e^{-} \longrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+2.07
$\text{F}_2(\text{g}) + 2e^{-} \longrightarrow 2\text{F}^{-}(\text{ac})$	+2.87

Fuerza oxidante creciente

Fuerza reductora creciente