

G6. ELECTROQUÍMICA

G6-B. Electrólisis

1) Indicar qué se libera en el ánodo y en el cátodo, ambos inertes, durante la electrólisis de soluciones acuosas neutras que contienen, respectivamente:

- a)** ortofosfato de sodio **b)** ioduro de cadmio
c) sulfato de zinc **d)** cloruro de oro (III)

2) Escribir las ecuaciones de las reacciones anódica y catódica correspondientes a las electrólisis de soluciones acuosas de:

- a)** cloruro de sodio **b)** ioduro de potasio

Sabiendo que la fenolftaleína da color rosado o rojo en medio básico, indicar como podría emplear estas reacciones para identificar el signo de los polos de una fuente de corriente continua.

Sabiendo que el almidón da color azul en presencia de yodo, mencionar otra posible forma de identificar dichos polos.

3) Dibujar los esquemas y escribir las ecuaciones químicas correspondientes a la obtención industrial de aluminio y a la refinación electrolítica del cobre.

4) Una solución de sulfato de cobre (II) se electroliza con electrodos inertes durante 5h 21min 40s con una intensidad de 5 A. Calcular cuántos gramos de Cu y qué volumen de oxígeno en condiciones normales de presión y temperatura se obtienen.

Respuesta: 31,8 g de Cu y 5,6 L de O₂ en CNPT

5) Si circula 1 Faraday por un litro de una solución cuya concentración inicial es 2,5 M de sulfato de cobre(II), ¿cuál será la molaridad del sulfato de cobre(II) al cabo de este pasaje

- a)** si el ánodo es de cobre?
b) si el ánodo es de platino?

Escribir las ecuaciones de las reacciones anódica y catódica que se producen en cada caso.

Respuesta: **a)** 2,5 M; **b)** 2 M

6) Una cierta instalación tiene conectados en serie tres voltímetros, todos ellos con electrodos de platino. Estos voltímetros contienen, respectivamente, los siguientes electrolitos en cantidades suficientes para la ejecución de la operación:

- i)* Solución acuosa de sulfato (VI) de cobre(II)
ii) Cloruro de plomo (II) fundido
iii) Solución acuosa de ácido sulfúrico

- a)** Dibujar un esquema de la instalación, mostrando la marcha de electrones libres y de iones.
b) Escribir las ecuaciones químicas correspondientes a cada voltímetro (semiecuaciones iónicas, ecuaciones iónicas y ecuaciones “moleculares”).
c) Calcular la cantidad (en moles) de cada una de las sustancias consumidas y formadas durante el pasaje de 1930 C por el circuito.

Respuesta:

	<i>I</i>					<i>ii</i>			<i>iii</i>		
	CuSO ₄	H ₂ O	Cu	O ₂	H ₂ SO ₄	PbCl ₂	Cl ₂	Pb	H ₂ O	O ₂	H ₂
n (mol)	-0,01	-0,01	0,01	0,005	0,01	-0,01	0,01	0,01	-0,01	0,005	0,01

7) Por una cuba electrolítica que contiene solución acuosa de cloruro de níquel (II) circulan 5A durante 1930 s. Calcular cuántos equivalentes-gramo de níquel se depositan. Si la sal hubiese sido sulfato (VI) de níquel (II), ¿el resultado sería el mismo?

Respuesta: 0,1 eq-g redox

8) Qué volumen de cada uno de los siguientes gases, en condiciones normales de presión y temperatura, se liberará por el paso de 6 Faraday? Dar ejemplos de electrolitos que llevan a esa liberación.

a) O₂ b) Cl₂ c) H₂

Respuesta: a) 33,6 L; b) 67,2 L; c) 67,2 L

9) Dibujar esquemáticamente un acumulador de plomo que alimenta la cuba electrolítica correspondiente al ejercicio 7). Señalar en dicho esquema:

- a) circulación de electrones
- b) circulación de iones
- c) ánodo y cátodo en el acumulador y en la cuba electrolítica
- d) polaridad de los electrodos en el acumulador y en la cuba.

10) En una instalación para la obtención de aluminio metálico circuló una corriente de intensidad 50000 A durante 3 horas.

- a) Cuántos kg de aluminio se obtuvieron en ese lapso?
- b) Si se supone que el 20% de la masa de oxígeno formado ataca al ánodo con formación de dióxido de carbono, ¿qué masa de éste se consume en esas 3 horas?

Respuesta: a) 50,36 kg de Al; b) 3357,5 g del ánodo de C

11) Se desea realizar un baño de oro de 0,5 mm de espesor sobre una pieza de hierro de 205 cm³ de superficie total.

a) Dibujar un esquema del dispositivo que se montaría para obtenerlo, mencionando todos los materiales y sustancias necesarias.

b) Qué intensidad de corriente se debería utilizar para que el proceso se logre en no más de 60min?

El rendimiento de la operación es de 82%. $\delta_{Au} = 19300 \text{ kg/m}^3$

Respuesta: b) 81 A

12) Se desea obtener electrolíticamente como metales puros al aluminio, sodio, zinc y magnesio. Se cuenta para ello con NaCl, Al₂O₃, MgCl₂ y ZnSO₄.

Indicar qué electrolitos se utilizan en estado líquido y cuáles en solución acuosa. ¿Por qué?

Indicar reacciones anódica, catódica, iónica neta y molecular total correspondientes al sistema electrolítico necesario y/o más adecuado en cada caso.

Dibujar un esquema de la instalación de la celda electrolítica para el caso de la obtención de Aluminio, señalando tipo de electrodos, polaridad de los mismos, movimiento de iones y electrones, etc.

13) Se quiere producir en un mismo proceso electrolítico industrial como mínimo 2 t/día de NaOH y 1,4 t/día de Cl₂, para abastecer una planta de tratamiento de pulpa de madera.

- a)** ¿Qué sistema electrolítico se requiere? Escribir la ecuación anódica, catódica y molecular de la reacción. Dibujar el esquema de una celda para este sistema.
- b)** Calcular el volumen mínimo de solución 6 M de electrolito que se requiere suponiendo un rendimiento de 67%, la intensidad media de la corriente y la masa excedente de uno de los productos.
- c)** Calcular los volúmenes de gases que se desprenden diariamente en CNPT.

Respuesta: **b)** Se requieren 12438 L de solución de NaCl; $i = 55845$ A;
masa excedente de producto: 375 kg de Cl₂ CNPT/día
c) 560000 l de Cl₂ CNPT/día y 560000 l de H₂ CNPT/día

14) La pila de cadmio-níquel cuya notación convencional se indica, alimenta una cuba electrolítica con electrodos inertes que contiene 1,5 L de solución acuosa de nitrato (V) de zinc 2,5 M. El sistema funciona durante 7,5 horas con una intensidad de corriente de 0,5 A.

Cd (s) / Cd(OH)₂ (s) / KOH (1,3 M) / Ni(O₂ (s) / Ni(OH)₂ (s)

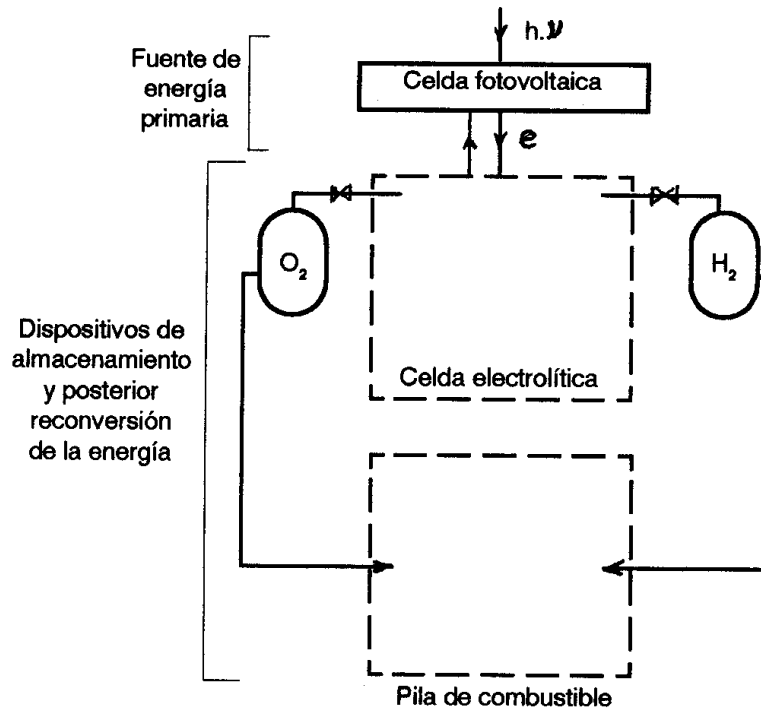
- a)** Dibujar un esquema de la instalación.
- b)** Tanto para la pila como para la electrólisis, dar las ecuaciones químicas en cada electrodo y la ecuación química total.
- c)** Calcular la f.e.m. de la pila a 25°C para las concentraciones dadas.
- d)** Calcular la molaridad final de la solución de nitrato (V) de zinc suponiendo que no hay variación de volumen.
- e)** Calcularlos volúmenes de gases, en CNPT, que pudieran desprenderse en los electrodos de la cuba electrolítica.

15) Una sonda espacial alimenta sus circuitos eléctricos de procesamiento de imágenes para transmitir a la Tierra, con celdas de combustible en base a H₂ y O₂ (ver nota). La potencia del sistema es de 60 W. Se estima adecuada para el diseño de los reservorios el requerimiento de energía para un día. Las baterías son de 12 V.

- a)** Completar el esquema: celdas, electrodos, movimiento de cargas eléctricas, considerando como electrolitos de la celda electrolítica y la pila al Ca(NO₃)₂ (ac) y al KOH (ac) respectivamente, dar ecuaciones parciales en electrodos y totales en ambas celdas.
- b)** Calcular el volumen de los tanques de O₂ e H₂ a 0 °C y 2000 mmHg.
- c)** A qué presión parcial deben ser inyectados en los electrodos de la pila de combustible los gases O₂ e H₂ respectivamente, para que el potencial reversible de la celda sea de 1,2 V y la presión parcial del H₂ sea el doble de la de O₂.

Nota: la energía solar incide sobre paneles con celdas fotovoltaicas, suministrando la corriente eléctrica que alimenta una celda electrolítica para descomposición del agua. Los gases productos almacenan la energía en forma química, que se transforma en eléctrica en la pila de combustible, cuando se produce agua.

Potencia: $P(W) = E(J)/t(s)$ $P_{eléctrica} = I(A) * V(v)$



Respuesta: **b)** Volumen del tanque de $O_2 = 9,526$ L; Volumen del tanque de $H_2 = 19,052$ L;
c) $p_{O_2} = 0,342$ atm; $p_{H_2} = 0,171$ atm

16) Una instalación para electrorrefinación de cobre procesa 150 kg de cobre de 99% de pureza, por ciclo de 8 horas de funcionamiento. Los datos de operación son los siguientes:

- diferencia de potencial aplicada = 0,23 volt/cuba
- intensidad de corriente (media) = 16144 A
- 6 cubas electrolíticas conectadas en serie

- a)** ¿Cuál es la producción de cobre 99,8% (en kg/ciclo)?
- b)** ¿Cuál es el rendimiento de la corriente? ¿En qué se transforma la energía eléctrica "perdida"?
- c)** ¿Cuál es la potencia eléctrica consumida por la instalación?

$$P(\text{watt}) = I(\text{ampere}) * V(\text{volt})$$

Respuesta: **a)** 148,8 kg de Cu de 99,8% de pureza/ciclo; **b)** 97%; **c)** 22279 W

17) Una planta de galvanoplastia procesa 50 m^2 de superficie cromada por día (jornada de 8 horas), utilizando nitrato (V) de cromo(III) como electrolito y ánodo inerte. El recubrimiento es de 0,15 mm de espesor. La densidad del cromo depositado es de 7190 kg/m^3 .

- a)** ¿Cuál es el consumo diario de nitrato (V) de cromo (III)?
- b)** ¿Qué caudal de electrolito se debe utilizar, si la concentración de la sal de cromo en la solución es de 20% m/m? $\delta_{sn} = 1,24 \text{ kg/L}$.
- c)** Si la intensidad media de corriente medida durante la electrólisis es de 15000 A: ¿con qué rendimiento de corriente trabaja la instalación?
- d)** Hacer un esquema de una posible instalación para llevar a cabo este proceso.

Respuesta: **a)** 246,81 g de $Cr(NO_3)_3$ **b)** 0,995 L de solución/día; **c)** 69,5%

18) Se realizó la electrólisis de 350 cm³ de solución acuosa 1 M de ioduro de potasio, haciendo circular 3 A durante 3 horas.

Luego se titularon 10 cm³ de líquido catódico con ácido clorhídrico 0,5 N. Se gastó 17,2 cm³ de solución.

- a) ¿Cuál es el rendimiento de la electrólisis?
b) ¿Cuál es la concentración final de ioduro de potasio?

Respuesta: a) 89,7%; b) 0,140 mol/L

19) En una cuba electrolítica que contiene una solución acuosa de nitrato (V) de plata (I) con electrodos inertes se observa que al cabo de 30 minutos de operación se depositan 2 gramos de plata en un electrodo. Información adicional: E°(Ag⁺/Ag)= 0,80 V; E°(H₂O/H₂)= -0,83 V; E°(O₂/H₂O)= 1,23 V; M(Ag): 107,87 g/mol.

- a) Escribir las reacciones anódica, catódica y la reacción total molecular para la cuba.
b) Realizar un esquema de la instalación indicando ánodo y cátodo, marcha de iones y de electrones, productos de la electrolisis y polaridad de los electrodos de la cuba.
c) Si la corriente media que circuló en el proceso fue 1,2 A, ¿cuál fue el rendimiento de la operación?

20) En una cuba electrolítica con electrodos inertes se realiza la electrólisis de una solución acuosa de sulfato (VI) de níquel (II). La corriente media que circuló fue de 20 A y al cabo de 100 minutos se depositaron 29,35 g del metal. Información adicional: E°(Ni²⁺/Ni)= -0,25 V; E°(H₂O/H₂)= -0,83 V; E°(O₂/H₂O)= 1,23V. M(Ni)=58,7.

- a) Escribir las reacciones catódica, anódica y global del proceso.
b) Realizar un esquema del dispositivo utilizado para realizar la electrólisis indicando nombre de electrodos, polaridad de los mismos, migración de iones y circulación de electrones, productos de la electrolisis.
c) Determinar el rendimiento de la operación.
d) Determinar el volumen de gas desprendido medido en CNPT.

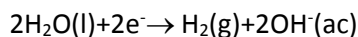
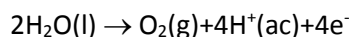
21) Un complejo industrial produce y comercializa cobre, plomo, bromo, hidrógeno y oxígeno obtenido por un proceso electrolítico. Para abaratar los costos de producción, se construye una instalación de 3 celdas electrolíticas conectadas en serie. Las celdas son construidas con electrodos de platino. Una de las celdas contiene una solución de CuSO₄ en medio acuoso, otra contiene PbCl₂ fundido y la restante una solución de NaBr en medio acuoso.

- a) Hacer un esquema de la instalación, indicando la marcha de los electrones, la marcha de los iones, la polaridad de los electrodos y las ecuaciones correspondientes a las reacciones anódicas y catódicas de cada celda.
b) Determinar la masa de cada producto que se obtiene, cuando se entregan al sistema 2412,5C sabiendo que el proceso presenta una eficiencia del 80%.
c) Hallar la masa de los gases que se desprenden durante la operación.

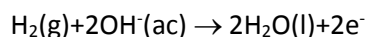
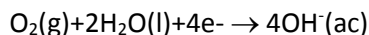
22) Se quieren producir 2 ton/día de NaOH y la correspondiente cantidad estequiométrica de cloro por la vía electrolítica.

- a) ¿Qué reactivo se necesita para lograr el objetivo? ¿Se debería emplear agua para la producción deseada? Hacer un esquema de la instalación, indicando la marcha de los electrones y de los iones y la polaridad de los electrodos. Escribir las ecuaciones anódicas y catódicas correspondientes.
b) Calcular el flujo másico, en kg/h, de cloro que se obtiene.
c) Calcular la intensidad de corriente media que debería circular por el sistema, si la eficiencia del proceso es del 65%.
d) Hallar el caudal volumétrico de H₂, que se obtiene como subproducto, medido en m³ CNPT/día.

23) Las celdas fotovoltaicas de una nave espacial suministran una intensidad de corriente de 5A a una celda electrolítica que contiene $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y electrodos de platino. Las ecuaciones de las reacciones que se producen en dicha celda son las siguientes:



El H_2 y el O_2 producidos se almacenan y luego se introducen en una pila de combustible, con KOH como electrolito y electrodos de platino, donde estos reactivos se consumen mediante:



Por último, se obtienen agua pura y energía. Se pide:

- Hacer un esquema completo de toda la instalación.
- Calcular el volumen que deben tener los tanques de O_2 e H_2 , si se pretende almacenar estos gases durante un día como máximo, en CNPT.
- ¿A qué presión debe ser inyectado el H_2 de modo que la pila suministre un $\Delta E = 1,2 \text{ V}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$?

Información adicional: $P_{\text{H}_2} = 2P_{\text{O}_2}$. $E^\circ(\text{O}_2/\text{OH}^-) = 0,40 \text{ V}$ y $E^\circ(\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2) = -0,83 \text{ V}$.

24) Se electrolizaron 100 L de una solución de cloruro de cobre (I) 0,3 M durante 10 hs, empleando un ánodo de grafito y un cátodo de hierro. La corriente promedio del proceso fue de 12 A. Se pide:

- Escribir las reacciones catódica, anódica y global del proceso.
- Realizar un esquema completo de la instalación, mostrando polaridades, nombres de electrodos y sentidos de circulación de iones y electrones.
- Determinar la concentración final de cobre (I) en la solución.
- Determinar el volumen de gas desprendido en CNPT.
- ¿Durante cuánto tiempo debería realizarse la electrólisis, con la misma intensidad de corriente, para obtener 500 g de cobre metálico?
- ¿Cuánto tiempo transcurrirá hasta que la electrólisis (a 12 A) se haya agotado?

25) En una planta de proceso continuo se puede producir ácido sulfúrico a partir de sulfato de cobre (II) en solución acuosa. Se tiene la certeza de poder comercializar 50 toneladas del ácido por mes. Se pide:

- Representar con ecuaciones químicas (hemirreacciones y reacción total) las transformaciones que ocurren durante la electrólisis.
- Calcular el volumen (en CNPT) de los gases obtenidos.
- Estimar el consumo promedio de corriente eléctrica, si la eficiencia global del proceso es de 80%.