

Segunda ley de Faraday y cálculos combinados

Química III · U4 RAP2 — Leyes de Faraday y FEM (8 sesiones de 1h)

Generado por PDF Project

Objetivos de aprendizaje

- Enunciar la segunda ley de Faraday y explicar el equivalente electroquímico.
- Comparar masas depositadas de distintas sustancias sometidas a la misma carga.
- Resolver problemas que combinan corriente, tiempo, masa, energía y costo.
- Analizar la eficiencia real (rendimiento) de un proceso electrolítico.

Activación de conocimientos previos

De la sesión 3

S1

La primera ley dice $m = (Q \cdot M) / (n \cdot F)$. Si duplicamos Q , duplicamos m .

Pregunte: si pasamos la MISMA carga por cubas de AgNO_3 y de CuSO_4 , ¿depositan la misma masa? ¿Por qué no?

Si mencionan "depende del voltaje", recuérdelos que la segunda ley compara a igualdad de carga; el voltaje solo afecta la velocidad, no la masa total teórica cuando la eficiencia es 100 %.

Desarrollo del tema

Segunda ley de Faraday

Cuando la misma cantidad de electricidad atraviesa varias cubas electrolíticas en serie, las masas de las distintas sustancias depositadas o liberadas son directamente proporcionales a sus equivalentes electroquímicos ($E = M/n$). En forma simple:

$$m_1 / E_1 = m_2 / E_2 = m_3 / E_3 = Q / F$$

Es decir, la misma carga deposita masas proporcionales a M/n . Por eso con 1 mol de electrones se depositan 107.9 g de Ag ($E = 107.9$), 31.75 g de Cu ($E = 31.75$) y 9.00 g de Al ($E = 27.0/3$).

Equivalente electroquímico

KEY

$E = M / n$ es la masa (g) depositada por cada mol de electrones (1 faraday).

Ag: $E = 107.9$; Cu(II): $E = 31.75$; Al(III): $E = 9.00$; H^+ : $E = 1.008$. Cuanto mayor E , más masa por igual carga.

Cálculos combinados: energía y costo

La energía consumida por la cuba es $W = V \cdot I \cdot t$ (en julios, si V en volts, I en A, t en s) o, en la práctica comercial, en kWh: $\text{Energía(kWh)} = V \cdot I \cdot t(\text{h}) / 1000$. El costo = Energía $\times$ tarifa

(\$/kWh). Esto permite decidir si un proceso es económicamente viable.

Eficiencia o rendimiento

La masa real rara vez alcanza la teórica de Faraday por pérdidas (reacciones secundarias, burbujas, transporte). El rendimiento porcentual es:

$$\% \text{ rendimiento} = (\text{masa real} / \text{masa teórica}) \times 100$$

Celdas en serie

Si varias cubas están en serie, la MISMA corriente las atraviesa todas durante el mismo tiempo, así que reciben la misma carga Q. No confunda "en serie" (misma Q) con "en paralelo" (Q se reparte). La segunda ley de Faraday aplica a la configuración en serie.

Ejercicio resuelto

Comparación y energía

Tip aplicado: misma Q, serie

Enunciado: Dos cubas en serie (una de AgNO_3 , otra de CuSO_4) reciben 2.00 A durante 1.50 h. (a) Calcule la masa de Ag y de Cu depositadas. (b) Si la fuente entrega 6.0 V de caída útil y la tarifa es \$3.50/kWh, ¿cuál es el costo de la operación? Datos: $M(\text{Ag})=107.9$, $M(\text{Cu})=63.55$, $F=96\,485$. Resolución: Paso 1. Tiempo en s: $t = 1.50 \text{ h} \times 3600 = 5400 \text{ s}$. Carga: $Q = 2.00 \times 5400 = 10\,800 \text{ C}$. Paso 2. Mol e^- : $10\,800 / 96\,485 = 0.11194 \text{ mol } e^-$. Paso 3. Plata ($\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$, $n=1$): mol Ag = 0.11194; $m_{\text{Ag}} = 0.11194 \times 107.9 = 12.08 \text{ g}$. Paso 4. Cobre ($\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$, $n=2$): mol Cu = $0.11194 / 2 = 0.05597$; $m_{\text{Cu}} = 0.05597 \times 63.55 = 3.557 \text{ g}$. Paso 5. Energía: $W = V \cdot I \cdot t = 6.0 \times 2.00 \times 1.50 \text{ h} = 18.0 \text{ Wh} = 0.0180 \text{ kWh}$. Paso 6. Costo: $0.0180 \text{ kWh} \times \$3.50/\text{kWh} = \$0.063$. Respuesta: se depositan 12.1 g de Ag y 3.56 g de Cu; el costo eléctrico es \$0.063 (seis centavos).

Cierre y resumen

- Segunda ley: a igual carga en serie, $m \propto M/n$ (equivalente electroquímico).
- $E = M/n$: masa depositada por 1 mol de electrones.
- Energía = $V \cdot I \cdot t$; en kWh = $V \cdot I \cdot t(\text{h})/1000$ para costear.
- Rendimiento = $(\text{masa real} / \text{teórica}) \times 100$ por pérdidas reales.
- "En serie" implica la misma Q en todas las cubas.
- Estos cálculos combinados son la base del dimensionamiento industrial de refinación y galvanoplastia.