
ELECTROQUÍMICA

FUNDAMENTAL

**Ejercicios y problemas
resueltos**

**María Fernanda Cerdá
Fernando Zinola**

**María Fernanda Cerdá
Fernando Zinola**

ELECTROQUÍMICA FUNDAMENTAL

Ejercicios y problemas resueltos

Cerdá, María Fernanda

Electroquímica fundamental : ejercicios y problemas resueltos / María Fernanda Cerdá y Fernando Zinola. – Montevideo : DIRAC, 2003.

116 p.

Incluye problemas con soluciones.

ISBN : 9974-0-0203-6

1. ELECTROQUÍMICA. 2. TRANSPORTE BIOLÓGICO

I. Electroquímica fundamental : ejercicios y problemas resueltos

II. Zinola, Fernando

CDU 544.6

Edición DI.R.A.C., Facultad de Ciencias.

Director de División: Luis Elbert.

Asistente: Gabriel Santoro.

Carátula: Pablo Dans, Gabriel Corchs y Alejandro Crosa (Foto: Radiometer Copenhagen VoltaLab™ 21 Electrochemical Laboratory).

DI.R.A.C. es una unidad operativa de la Facultad de Ciencias.

Calle Iguá 4225 casi Mataojo - Montevideo 11400 - Uruguay.

Teléfono 525.86.18 al 23 - Fax 525.86.17.

E-mail: dirac@fcien.edu.uy

Impresión y Encuadernación: mastergraf srl

Gral. Pagola 1727 – Tel.203 4760* – E-mail: mastergraf@netgate.com.uy

Depósito Legal 330.270 – Comisión del Papel

Edición amparada al Decreto 218/96

© *Facultad de Ciencias* 2003

| | |
|--|----|
| Prólogo.- | 5 |
| Capítulo 1.- Pares galvánicos en circuito abierto | |
| Introducción | 7 |
| Ejercicio 1 | 9 |
| Ejercicio 2 | 11 |
| Ejercicio 3 | 12 |
| Ejercicio 4 | 13 |
| Ejercicio 5 | 13 |
| Ejercicio 6 | 14 |
| Ejercicio 7 | 14 |
| Ejercicio 8 | 15 |
| Ejercicio 9 | 16 |
| Ejercicio 10 | 17 |
| Ejercicio 11 | 18 |
| Problema 1 | 19 |
| Problema 2 | 20 |
| Problema 3 | 21 |
| Problema 4 | 22 |
| Problema 5 | 24 |
| Problema 6 | 25 |
| Problema 7 | 27 |
| Problema 8 | 28 |
| Problema 9 | 29 |
| Capítulo 2.- Transporte iónico | |
| Introducción | 31 |
| Ejercicio 1 | 33 |
| Ejercicio 2 | 33 |
| Ejercicio 3 | 34 |
| Ejercicio 4 | 34 |
| Ejercicio 5 | 35 |
| Ejercicio 6 | 36 |
| Problema 1 | 37 |
| Problema 2 | 38 |
| Problema 3 | 39 |
| Problema 4 | 41 |
| Problema 5 | 43 |
| Problema 6 | 45 |
| Problema 7 | 46 |
| Problema 8 | 47 |
| Problema 9 | 48 |
| Problema 10 | 50 |
| Problema 11 | 51 |
| Problema 12 | 53 |
| Problema 13 | 55 |
| Problema 14 | 57 |

Capítulo 3.- Electrónica

| | | |
|--------------|-------|-----|
| Introducción | ..... | 59 |
| Ejercicio 1 | ..... | 61 |
| Ejercicio 2 | ..... | 63 |
| Ejercicio 3 | ..... | 65 |
| Ejercicio 4 | ..... | 68 |
| Ejercicio 5 | ..... | 70 |
| Ejercicio 6 | ..... | 72 |
| Problema 1 | ..... | 74 |
| Problema 2 | ..... | 76 |
| Problema 3 | ..... | 79 |
| Problema 4 | ..... | 81 |
| Problema 5 | ..... | 83 |
| Problema 6 | ..... | 87 |
| Problema 7 | ..... | 90 |
| Problema 8 | ..... | 92 |
| Problema 9 | ..... | 94 |
| Problema 10 | ..... | 96 |
| Problema 11 | ..... | 98 |
| Problema 12 | ..... | 102 |
| Problema 13 | ..... | 105 |
| Problema 14 | ..... | 110 |

LA ELECTROQUÍMICA HA EXPERIMENTADO UNA EVOLUCIÓN TAN PROFUNDA Y DE CARÁCTER interdisciplinario, que ha llegado a transformarse de una ciencia puramente descriptiva e industrial a una de las racionalizaciones más profundas de la Ciencia. Debido a ello, dictar adecuadamente esta materia con las múltiples orientaciones que la misma ha adquirido (electroquímica básica, electroquímica industrial, ingeniería de corrosión, electroquímica analítica, bioelectroquímica, electrocatálisis, etc.) se ha convertido en una tarea compleja.

La preparación de este libro ha sido también, en consecuencia, ardua. Nuestras ideas-guía fueron: *a)* existe un conjunto de conocimientos básicos que los estudiantes deben adquirir; *b)* impartir esos conocimientos es nuestro cometido; y *c)* ese cometido es difícil de cumplir por el poco tiempo que disponemos para ello y por el carácter masivo de los cursos. Por consiguiente, un libro de ejercicios y problemas resueltos de manera detallada, como complemento al curso teórico de Electroquímica, puede ayudar a los estudiantes a conseguir la tipología del razonamiento en la resolución de los mismos.

En los últimos años hemos tenido la posibilidad de ser los encargados de la asignatura “Electroquímica” en diferentes facultades de la Universidad de la República y algunas universidades del exterior, y nos hemos percatado de que el estudiantado presenta dificultades similares con respecto a algunos temas fijos. En este sentido es que pretendemos, mediante este libro de ejercicios y problemas resueltos, ayudar al estudiante a analizar los aspectos básicos de la Electroquímica en forma precisa y ordenada. Este libro se presenta como complemento del editado anteriormente *Electroquímica fundamental* (DI.R.A.C. Facultad de Ciencias, 1999) y como asistencia para las clases teóricas correspondientes.

Algunos temas teóricos de la asignatura son más complejos para abordar que otros; sobre aquéllos versa este libro. Hemos decidido dividirlo en tres capítulos correspondientes a ejercicios y problemas sobre *Pares galvánicos en circuito abierto*, *Transporte iónico* y *Electródica*.

En el primer capítulo se describen someramente los pares galvánicos (generadores de energía) en condiciones de circuito abierto. Se pretende que el estudiante maneje fácilmente la definición de una reacción química en un par galvánico a partir de las reacciones electroquímicas de transformación (reducción y oxidación) y viceversa. Asimismo, se pone énfasis en el cálculo de las propiedades termodinámicas, cambio de entalpía, entropía y energía libre de Gibbs, a partir del potencial de circuito abierto.

Por otro lado, se explotan los conceptos de equilibrio y constante de equilibrio termodinámico y su vinculación con el potencial eléctrico, especialmente en el producto de solubilidad en el equilibrio y fuera del mismo. Los conceptos de trabajo eléctrico y su vinculación con las propiedades termodinámicas también son abordados. Por último, se incluyen algunos problemas en los que para soluciones diluidas, se realizan cálculos de coeficientes de actividad iónica y su influencia en el valor del potencial eléctrico.

Los fenómenos de transferencia de materia, y en especial la migración iónica, son estudiados y analizados con relativa profundidad en el Capítulo 2. Se comienza a ejercitar al estudiante con la vinculación de la difusión y la migración iónicas para sistemas simples y luego se avanza en la teoría de la conductancia a bajos potenciales para sistemas electrolíticos uniformes.

Más adelante se profundiza en la teoría de Debye-Hückel-Onsager, tanto en solventes acuosos como no-acuosos, y en el análisis de la Teoría de la Migración Independiente para la conductancia molar a dilución infinita. Prácticamente la mitad del Capítulo 2 versa sobre el concepto del número de transporte por el método de Hittorf y el cálculo de la cantidad transformada por la Ley de Faraday. Este punto es de suma importancia pues permite al alumno abordar los balances de carga y masa para los sistemas electroquímicos.

En el Capítulo 3 la cinética electroquímica se encara en forma clásica desde el punto de vista práctico y no formal con ejemplos de interés industrial: celdas de electrólisis cloro-soda, baterías generadoras de energía plomo-ácido, etc. En este capítulo se analiza fundamentalmente la velocidad de transferencia de carga fuera del equilibrio bajo la Ley de Tafel; densidad de corriente de intercambio y factor de simetría. Este análisis se realiza para una cinética pura y luego se estudia la influencia de la transferencia de materia y la caída óhmica tanto para electrólisis como para generadores de energía.

Además, se pretende ejercitar al alumno en los conceptos de velocidad de reacción electroquímica como proceso heterogéneo y los cálculos de la eficiencia de producción, potenciales aplicados (o generados), eficiencia coulombimétrica, etc. Por último, se incluye un ejemplo de un sistema electroquímico complejo como es el par galvánico en corto circuito (corrosión), pues es un sistema que se puede observar con frecuencia en la vida cotidiana.

Texto de contratapa

ESTE LIBRO aspira a complementar los conocimientos fundamentales en Electroquímica y Superficies impartidos en el curso teórico de la asignatura a través de ejercicios y problemas resueltos en forma detallada. Los problemas resueltos se apoyan en el libro de texto “Electroquímica Fundamental”, publicado por DIRAC en 1999, preferentemente en la temática relacionada con Fenómenos de Transferencia de Masa, Cinética Electroquímica y Pares Galvánicos en Circuito Abierto.

LOS AUTORES son docentes de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. Fernando Zinola es Profesor Agregado de Electroquímica, y además Grado 5 del PEDECIBA en el Área Química; se doctoró en Química en el INIFTA de la Universidad de La Plata (Argentina) y en la UdelaR, y realizó estudios postdoctorales en la Universität Bonn (Alemania Federal) y la Universidad de La Laguna (Islas Canarias, España). María Fernanda Cerdá es Asistente de Electroquímica; se doctoró en Química en la UdelaR, y ha realizado estancias de investigación en el Forschungszentrum Jülich de la Asociación Helmholtz de Centros de Investigación Alemanes.

En la resolución de los problemas se tuvo la colaboración de los otros integrantes del Laboratorio de Electroquímica “Emilia Yanes de Spangenberg” de la Facultad de Ciencias, y de profesores visitantes al mismo. El Laboratorio debe su nombre a la Profesora de Electroquímica sucesora del Prof. D. Giribaldo (decano de la Facultad de Química) que condujo el Laboratorio durante casi 50 años.