



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA QUÍMICA**



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE:				
INGENIERÍA DE REACTORES ELECTROQUÍMICOS				
IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA				
MODALIDAD:	Curso			
TIPO DE ASIGNATURA:	Teórico-Práctica			
SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE:	Octavo o Noveno			
CARÁCTER DE LA ASIGNATURA:	Optativa paquete terminal			
NÚMERO DE CRÉDITOS:	6			
HORAS A LA SEMANA:	4	Teóricas: 2	Prácticas: 2	Semanas de clase: 16
				TOTAL DE HORAS: 64
SERIACIÓN:	Si (<input checked="" type="checkbox"/>)	No (<input type="checkbox"/>)	Obligatoria (<input checked="" type="checkbox"/>)	Indicativa (<input type="checkbox"/>)
SERIACIÓN ANTECEDENTE:	Seriación por bloques. Haber aprobado por lo menos el 80% de las asignaturas de los 6 primeros semestres			
SERIACIÓN SUBSECUENTE:	Ninguna			

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar las estrategias para el diseño y análisis de reactores electroquímicos basados en conceptos básicos de termodinámica, cinética química, electroquímica y fenómenos de transporte, así como en las ecuaciones de balance de cantidades conservativas.

INDICE TEMÁTICO			
UNIDAD	TEMAS	Horas Teóricas	Horas prácticas
1	Introducción	2	0
2	Termodinámica de Celdas Electroquímicas	3	3
3	Cinética de Reacciones Electroquímicas y Electrocatalisis	5	5
4	Distribución de Tiempos de Residencia	4	5
5	Procesos de Transporte	12	13
6	Ingeniería de Reacciones Electroquímicas	6	6
	TOTAL DE HORAS TEÓRICAS	32	0
	TOTAL DE HORAS PRÁCTICAS	0	32
	TOTAL DE HORAS	64	

CONTENIDO TEMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. El ámbito de la Ingeniería Electroquímica
- 1.2. El reactor electroquímico
- 1.3. Factores que afectan el desempeño de los reactores electroquímicos
- 1.4. Interrelación con otras disciplinas
- 1.5. Procesos industriales
- 1.6. Perspectivas y nuevas aplicaciones tecnológicas

2. TERMODINÁMICA DE CELDAS ELECTROQUÍMICAS

- 2.1. Equilibrio de fases
- 2.2. Potencial químico, potencial electroquímico y energía libre de Gibbs
- 2.3. Potencial estándar de celda
- 2.4. Potenciales de electrodos de referencia
- 2.5. Cambios de entalpia y entropía
- 2.6. Soluciones ideales
- 2.7. Soluciones reales y coeficientes de actividad
- 2.8. Ejercicios de aplicación

3. CINÉTICA DE REACCIONES ELECTROQUÍMICAS Y ELECTROCATÁLISIS

- 3.1. El rol de la interface
- 3.2. La doble capa
- 3.3. Cinética de transferencia de carga
- 3.4. Cinética de transferencia de carga multielectrónica
- 3.5. Órdenes de reacción
- 3.6. Energías de activación
- 3.7. Densidad de corriente y sobrepotenciales
 - 3.7.1. Control por transferencia de masa
 - 3.7.2. Control por reacción
 - 3.7.3. Control por transferencia de carga
 - 3.7.4. Control combinado
- 3.8. Electrocatalisis
- 3.9. Catálisis heterogénea en la generación catódica y oxidación anódica de hidrógeno
- 3.10. Catálisis heterogénea en la generación anódica y reducción catódica de oxígeno
- 3.11. Electrocatalizadores para síntesis orgánica
- 3.12. Ejercicios

4. DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE RESIDENCIA

- 4.1. Reactores ideales CSTR y PFR
- 4.2. Análisis de tiempos de residencia
- 4.3. Modelos de dispersión

- 4.4. Modelos de tanques en serie
- 4.5. Modelos multiparamétricos
- 4.6. Dinámica del reactor con diferentes tipos de reacciones
- 4.7. Ejercicios

5. PROCESOS DE TRANSPORTE

- 5.1. Leyes de transporte
- 5.2. Conductividad, potenciales de difusión y números de transferencia
- 5.3. Conservación de la carga
- 5.4. Electrolito soporte
- 5.5. Electroneutralidad
- 5.6. Flujo de fluidos
 - 5.6.1. Distribución de velocidad en régimen laminar
 - 5.6.2. Régimen turbulento
 - 5.6.2.1. Ecuaciones de Navier-Stokes y modelos de turbulencia
- 5.7. Transporte de masa
 - 5.7.1. Difusión, convección y migración
 - 5.7.2. Transporte de masa en régimen laminar
 - 5.7.3. Transporte de masa en régimen turbulento
 - 5.7.4. Correlaciones empíricas de coeficiente de transferencia de masa
 - 5.7.5. Evaluación del transporte de masa en reactores de diferentes geometrías
 - 5.7.5.1. Electrodo de placas paralelas
 - 5.7.5.2. Convección libre en electrodos verticales
 - 5.7.5.3. Electrodo de disco
 - 5.7.5.4. Electrodo cilíndrico
 - 5.7.5.5. Electrodo plano con generación de gas
 - 5.7.5.6. Electrodo tridimensional
 - 5.7.6. Transporte de masa y carga
 - 5.7.6.1. Migración
 - 5.7.6.2. Efecto en el transporte de masa
 - 5.7.7. Distribución primaria de corriente y potencial
 - 5.7.7.1. Ecuación de continuidad
 - 5.7.7.2. Ley de Ohm
 - 5.7.8. Polarización y distribución de corriente y potencial
 - 5.7.9. Distribución secundaria de corriente y potencial
 - 5.7.9.1. Electrodo bidimensional
 - 5.7.9.2. Electrodo tridimensional
 - 5.7.9.3. Arreglo flow-through
 - 5.7.9.4. Arreglo flow-by
 - 5.7.9.5. Reactores con diafragmas
 - 5.7.10. Transporte de masa y reacción electroquímica
 - 5.7.11. Distribución terciaria de corriente y potencial
 - 5.7.11.1. Ecuaciones generales
 - 5.7.11.2. Simplificaciones
 - 5.7.11.3. Ejemplos casos simples
- 5.8. Ejercicios

6. INGENIERÍA DE REACCIONES ELECTROQUÍMICAS

- 6.1. Modos de operación de celdas electroquímicas
 - 6.1.1. Operación continua y por lotes
 - 6.1.2. Movimiento relativo: agitación, flujo del electrolito o ambos
 - 6.1.3. Condiciones de corriente límite
 - 6.1.4. Distribución uniforme y no uniforme de corriente
 - 6.1.5. Reactores en cascada
- 6.2. Selección del tipo de reactor
- 6.3. Bases de diseño
- 6.4. Diseño de reactores electroquímicos
- 6.5. Criterios generales
- 6.6. Reacciones parásitas
- 6.7. Criterios de desempeño
 - 6.7.1. Conversión
 - 6.7.2. Capacidad
 - 6.7.3. Carga total
 - 6.7.4. Eficiencia eléctrica
 - 6.7.5. Consumo de energía eléctrica
- 6.8. Factores a considerar
- 6.9. Ejercicios

ACTIVIDADES PRÁCTICAS:

Durante las sesiones prácticas se realizará la resolución de problemas que se relacionen con las unidades temáticas descritas; estas actividades deberán reflejar el número de horas prácticas señaladas en este programa. Estas actividades deberán ser consideradas en la evaluación final de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Wendt, H., Kreysa, G. *Electrochemical Engineering: Science and Technology in Chemical and Other Industries*. Springer. Germany. 2010.
- Newman, J., Thomas-Alyea, K. E. *Electrochemical Systems*. 3rd ed. Wiley-Interscience. 2004.
- Institution of Chemical Engineers. *Electrochemical Engineering 5 (Icheme Symposium Series, 145)*. Inst of Chemical Engineers. UK. 1999.
- Zhang, J., Zhang, L., Liu, H., Sun, A., Liu, R. *Electrochemical Technologies for Energy Storage and Conversion*. Wiley-VCH. Singapore. 2012.

- Oldham, K., Myland, J., Bond, A. Electrochemical Science and Technology: Fundamentals and Applications. Wiley. UK. 2012.
- Mantell, C. L. Ingeniería Electroquímica. 4ª ed. Reverté. Barcelona. 2009.
- Walsh, F.C. Un primer curso de Ingeniería Electroquímica. Editorial Club Universitario. España. 2000.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Srinivasan, S. Fuel Cells: From Fundamentals to Applications. Springer. USA. 2010.
- Scott, K. Electrochemical Reaction Engineering. Academic Press. London. 1991
- Brebbia, C. A., Adey, R. A. Electrochemical Process Simulation III (WIT Transactions on Engineering Sciences). WIT Press. Great Britain. 2009.
-

CIBERGRAFÍA

- <http://www.efce.info/Working+Parties/Electrochemical+Engineering.html>
- <http://electrochem.cwru.edu/estir/>

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exposición oral	X
Exposición audiovisual	X
Actividades prácticas dentro de clase	X
Ejercicios fuera del aula	X
Seminarios	
Lecturas obligatorias	
Trabajo de investigación	
Taller de resolución de problemas asistido por el profesor	X
Otras	

MECANISMOS DE EVALUACIÓN.

ELEMENTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exámenes parciales	X
Examen final	X
Trabajos y tareas fuera del aula	X
Exposición de seminarios por los alumnos.	
Participación en clase	X
Taller de resolución de problemas asistido por el profesor	X
Asistencia	

PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA			
LICENCIATURA	POSGRADO	ÁREA INDISPENSABLE	ÁREA DESEABLE
Ingeniería Química			Electroquímica
Con experiencia docente			