



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



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE:				
FENÓMENOS DE TRANSPORTE				
IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA				
MODALIDAD:		Curso		
TIPO DE ASIGNATURA:		Teórico-Práctica		
SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE: Tercer Semestre				
CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria				
NÚMERO DE CRÉDITOS:		8		
HORAS A LA SEMANA:	5	Teóricas:	3	Prácticas:
			2	Semanas de clase:
				16
				TOTAL DE HORAS:
				80
SERIACIÓN: Si (<input checked="" type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) Obligatoria (<input checked="" type="checkbox"/>) Indicativa (<input type="checkbox"/>)				
SERIACIÓN ANTECEDENTE: Cálculo Diferencial e Integral				
SERIACIÓN SUBSECUENTE: Flujo de Fluidos				

OBJETIVO GENERAL:

Al finalizar el curso el alumno deberá ser capaz de:

Formular modelos matemáticos para la caracterización de procesos de flujo de calor, difusión másica en mezclas de multicomponentes y transporte de momentum, para situaciones de flujo unidimensional en diferentes sistemas de coordenadas, e integrar las ecuaciones diferenciales correspondientes para caracterizar los flujos de calor, masa o momentum, respectivamente, así como los perfiles de temperatura, concentración y velocidad, asociados.

ÍNDICE TEMÁTICO

UNIDAD	TEMAS	Horas Teóricas	Horas prácticas
1	Introducción	3	0
2	Conceptos Fundamentales	8	4
3	Transporte de Momentum	12	8
4	Transferencia de Calor	10	8
5	Transferencia de Masa	10	8
6	Analogías y Acoplamientos	5	4

	TOTAL DE HORAS TEÓRICAS	48	0
	TOTAL DE HORAS PRÁCTICAS	0	32
	TOTAL DE HORAS	80	

CONTENIDO TEMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Aspectos históricos
- 1.2. Importancia de los fenómenos de transporte en la formación profesional del ingeniero químico.
- 1.3. Elementos constitutivos de un fenómeno de transporte.
- 1.4. Analogías entre la transferencia molecular unidimensional de momentum, masa y calor.
- 1.5. Definición de fenómeno de transporte.

2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

- 2.1. Mecanismos de transporte
 - 2.1.1. Transporte molecular
 - 2.1.1.1. Entidad física a transportar
 - 2.1.1.2. Fuerza impulsora (gradientes)
 - 2.1.1.3. Resistencia del medio al transporte
 - 2.1.2. Modelos matemáticos básicos para transporte molecular unidireccional
 - 2.1.2.1. Ley de Newton de la viscosidad
 - 2.1.2.2. Ley de Fourier
 - 2.1.2.3. Ley de Fick
 - 2.1.3. Transporte convectivo
 - 2.1.4. Modelo matemático generalizado para el transporte convectivo
 - 2.1.4.1. Transporte convectivo de momentum
 - 2.1.4.2. Transporte convectivo de calor
 - 2.1.4.3. Transporte convectivo de masa
 - 2.1.5. Relación de las funciones tensoriales con los fenómenos de transporte
 - 2.1.5.1. Ejemplos de aplicación

3. TRANSPORTE DE MOMENTUM

- 3.1. Definición de fluido.
- 3.2. Tensor de esfuerzos.
 - 3.2.1. Relación esfuerzos-rapidez de deformación en un fluido.
 - 3.2.2. Ley de Newton de la viscosidad.
 - 3.2.3. Fluidos Newtonianos y no Newtonianos.
 - 3.2.4. Modelos reológicos

- 3.2.5. Ecuación de continuidad
- 3.3. Ecuación de movimiento
 - 3.3.1. Formulación Euleriana
 - 3.3.2. Formulación Lagrangiana (Ec. de Navier-Stokes)
 - 3.3.3. Derivada sustancial.
 - 3.3.4. Equivalencia entre las formulaciones Euleriana y Lagrangiana de la ecuación de movimiento
- 3.4. Flujo laminar de fluidos newtonianos y no newtonianos
 - 3.4.1. Flujo de Hagen-Poiseuille para fluidos no Newtonianos
 - 3.4.2. Descenso gravitacional sobre una pared plana
 - 3.4.3. Distribución de presión estática
 - 3.4.4. Flujo de Couette en régimen transitorio
 - 3.4.5. Flujo a través de un canal rectangular.
- 3.5. Flujo potencial bidimensional
 - 3.5.1. Condición de irrotacionalidad y solenoidalidad del campo de velocidades
 - 3.5.2. Funciones de potencial y de corriente
 - 3.5.3. Ecuaciones de Cauchy-Riemann
 - 3.5.4. Problemas inversos en fenómenos de transporte
 - 3.5.5. Mapas conformacionales
 - 3.5.6. Principio de superposición
- 3.6. Capa límite hidrodinámica
 - 3.6.1. Definición
 - 3.6.2. Teoría de capa límite de Ludwig Prandtl
 - 3.6.3. Simplificación de la ecuación de Navier-Stokes para el flujo en la capa límite
 - 3.6.4. Solución de Blasius.
- 3.7. Turbulencia
 - 3.7.1. Características distintivas de un flujo turbulento: aleatoriedad espacio-temporal, presencia de remolinos, cascada de energía
 - 3.7.2. Consecuencias matemáticas de las propiedades de la turbulencia: necesidad de formulación estadística, rotacional diferente a cero, fluctuaciones de velocidad, etcétera
 - 3.7.3. Ecuación de Reynolds, fluctuaciones de velocidad y el problema de cerradura
 - 3.7.4. Modelos de cerradura: Boussinesq, longitud de mezcla de Prandtl, modelo k-epsilon de Kolmogorov
 - 3.7.5. Cálculo de perfiles de velocidad de flujos turbulentos en diferentes configuraciones de flujo utilizando el modelo de longitud de mezcla de Prandtl.
 - 3.7.5.1. Flujo en un tubo
 - 3.7.5.2. Flujo entre placas paralelas
 - 3.7.5.3. Chorro cónico

4. TRANSFERENCIA DE CALOR

- 4.1. Notas históricas del desarrollo de la teoría del transporte de calor.
- 4.2. Transporte de calor por conducción. Ley de Fourier.

- 4.2.1. Conducción unidimensional en estado estacionario. Paredes compuestas.
- 4.2.2. Conducción unidimensional en estado estacionario. Aletas de enfriamiento
- 4.2.3. Transporte de calor por conducción tridimensional en estado transitorio a través de un prisma rectangular
- 4.2.4. Conducción estacionaria de calor en coordenadas cilíndricas. Funciones Bessel.
- 4.3. Conducción con generación interna de calor.
 - 4.3.1. Generación por reacción química.
 - 4.3.2. Generación por efecto viscoso.
- 4.4. Convección.
 - 4.4.1. Convección natural. Determinación analítica de perfiles de temperatura y flujo de calor por convección natural entre dos placas paralelas verticales a diferente temperatura.
 - 4.4.2. Rollos de convección.
 - 4.4.3. Convección forzada. Determinación de perfiles de temperatura y flujo de calor por convección forzada para el flujo de un fluido a través de un tubo.
- 4.5. Transporte de calor por radiación.
 - 4.5.1. Mecanismo.
 - 4.5.2. Radiación del cuerpo negro.
 - 4.5.3. Ley de Stefan-Boltzmann.
 - 4.5.4. Aplicación de las leyes de Gauss y Stefan-Boltzmann para calcular fluxes de calor radiactivos y variación de la temperatura en cuerpos sometidos a radiación.
- 4.6. Flujo de potencial bidimensional de calor.
- 4.7. Capa límite térmica.
- 4.8. Transporte calor en flujo turbulento.

5. TRANSFERENCIA DE MASA

- 5.1. Ley de Fick de la difusión molecular.
- 5.2. Difusión molecular de A en B estático.
- 5.3. Difusión molecular contraria equimolar.
- 5.4. Difusión convectiva.
- 5.5. Flujo de potencial bidimensional de masa.
- 5.6. Capa límite difusional.
- 5.7. Difusión en régimen turbulento.

6. ANALOGÍAS Y ACOPLAMIENTOS

- 6.1. Sistemas análogos y perfiles equivalentes
- 6.2. Efecto Soret
- 6.3. Efecto Dufour

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:

- Bird, R. B., Stewart, W. E., Lightfoot, E. N. Fenómenos de Transporte. 2^a ed. Limusa Noriega editores. México. 2010.
- Bird, R. B., Stewart, W. E., Lightfoot, E. N. Transport Phenomena. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. USA. 2006.
- Fox, R. Introducción a la mecánica de fluidos. Mc Graw Hill. 2000.
- Geankoplis, C. J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. 3^a ed. CECSA. México. 1998.
- Griskey, J. R. C. Transport Phenomena and Unit Operations: A Combined Approach. Wiley & Sons, Inc. USA. 2002.
- Holman, J. P. Transferencia de Calor. CECSA. México. 2003.
- Incropera, F. P. Fundamentos de Transferencia de calor. Prentice Hall/Pearson. México. 2006.
- Leal, L. G. **Advanced Transport Phenomena**. Fluid Mechanics and Convective Transport Processes. Cambridge University Press. USA. 2007.
- Munson, B. R. Fundamentos de mecánica de Fluidos. Limusa. México. 2007
- Potter, M. Mecánica de Fluidos. International Thomson Editores. México. 2007.
- Slattery, J. C. **Advanced Transport Phenomena**. Cambridge University Press. USA, 1999.
- Streeter, V. L. Mecánica de Fluidos. Mc Graw Hill. 2000.
- White, F. M. Mecánica de fluidos. Mc Graw Hill. 2004.
- Thomson, W. J. Introduction to Transport Phenomena. Prentice Hall PTR. USA, 2000.
- Tosun, I. Modeling in Transport Phenomena. A Conceptual Approach. 2nd ed. Elsevier. USA. 2007.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Barrero, R. J. A. Fundamentos y Aplicaciones de la mecánica de Fluidos. Mc Graw Hill. México. 2005
- Belfiore, L. A. **Transport Phenomena for Chemical Reactor Design**. John Wiley & Sons, Inc. USA. 2003.
- Cengel, Y. Mecánica de fluidos. Mc Graw-Hill. México. 2007

- Cengel, Y. A. Transferencia de Calor y Masa. Mc Graw-Hill. México. 2007
- Crowe, C. Mecánica de Fluidos. Editorial Patria. México. 2007
- Deen, W. M. **Analysis of Transport Phenomena**. Oxford University Press. USA. 1998
- Kreith, F. Principios de transferencia de calor. International Thomson Editores. México. 2001
- Landau, L. D. Mecánica de Fluidos. Curso de Física teórica, vol. 6. Reverté. España. 2004.
- Manrique, V. J. A. Transferencia de calor. Alfaomega. México. 2008.
- Mott, R. L. Mecánica de Fluidos. Prentice Hall/Pearson. 2006
- Nevers, N. D. Mecánica de Fluidos para Ingenieros Químicos. Editorial Patria. México. 2006.
- Plawsky, J. Transport Phenomena Fundamentals. 2nd ed. CRC Press. USA. 2009.
- Shames, I. Fundamentos de la mecánica de fluidos. Mc Graw Hill. 2001
- Smits, A. J. Mecánica de Fluidos. Una introducción física. Alfaomega. México. 2003.
- Truskey, G. A., Yuan, F., Katz, D. F. Transport Phenomena in Biological Systems. 2nd ed. Prentice Hall. USA. 2009.

CIBERGRAFÍA

Fenómenos de Transporte, en general:

- <http://ingenieriaquimica-iq.blogspot.com/2009/03/fenomenos-de-transporte-bird-stewart.html>
- http://cbi.izt.uam.mx/iq/Practicas%20Laboratorios/fentrans/man_lab_fen_trans.pdf
- <http://www.egpet.net/vb/threads/4084-Solution-Manual-to-transport-phenomena-2nd-ed-by-Bird>
- <http://ebookey.org/dl/solutions-manual-transport-phenomena/>
- http://www.book123.net/____Manual+modeling+in+transport+phenomena+a+conceptual+approach+in+pdf+download.html
- <http://www.bailerbin.com/bb/basic-transport-phenomena-in-biomedical-engineering-manual-solutions/>

Dinámica de Fluidos:

- <http://www.syvum.com/eng/fluid/index.html>
- <http://es.scribd.com/doc/45466776/ANSYS-CFX-Tutorial-Laminar-Flow-in-a-Rectangular-Duct>
- <http://www.freestudy.co.uk/fluid%20mechanics/t5203.pdf> (este sitio es un tutorial de flujo de potencial)
- <ftp://ftp.eng.auburn.edu/pub/hejingl/Reference%20Books/Fluent%20Tutorial/Turbulent%20Pipe%20Flow/step1.htm>
- <http://daad.wb.tu-harburg.de/tutorial/flood-probability-assessment/hydrodynamics-of-floods/2d-hydrodynamic->

models/theory/fundamentals-of-mathematical-river-flow-modelling-2d-flow-calculation/turbulent-flows/

- <http://daad.wb.tu-harburg.de/tutorial/flood-probability-assessment/hydrodynamics-of-floods/2d-hydrodynamic-models/>
- http://grupos.emagister.com/documento/flujo_de_fluidos/31258-575944
- http://grupos.emagister.com/documento/tema_6_turbulencia/1044-79808

Transferencia de calor:

- <http://www.syvum.com/eng/heat/>
- <http://www.docstoc.com/docs/2139921/APPLIED-FLUID-MECHANICS-TUTORIAL-No6-DIMENSIONAL-ANALYSIS> Transferencia de Calor
- <http://www.emagister.com/teoria-analitica-del-calor-cursos-1053918.htm>
- <http://www.emagister.com/calor-cursos-360986.htm>

Transferencia de masa:

- <http://www.syvum.com/eng/mass/index.html>
- <http://www.emagister.com/transferencia-masa-cursos-642208.htm>

Termodifusión:

- <http://www.cfd-online.com/Forums/main/4955-thermodiffusion-soret-effect.html>
- http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/pressure-dependence-of-the-diffusion-thermoeffect-in-gases-dufour-effect/id/42369950.html
- <http://www.mendeley.com/research/a-derivation-of-the-colburn-analogy/>

**SUGERENCIAS DIDÁCTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA
ASIGNATURA**

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exposición oral	X
Exposición audiovisual	
Actividades prácticas dentro de clase: resolución de ejercicios	X
Ejercicios fuera del aula (resolución de problemas)	X
Seminarios	
Lecturas obligatorias	
Trabajo de investigación	
Prácticas de Taller	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(series de problemas)	X
Exposición de seminarios por los alumnos.	
Participación en clase	X
Asistencia	

PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA			
LICENCIATURA	POSGRADO	ÁREA INDISPENSABLE	ÁREA DESEABLE
Ingeniería Química ó, Física ó, Ingeniería en Alimentos	Ingeniería ó, Física	Ingeniería ó, Física	Fenómenos de Transporte
Con experiencia docente			