



INGENIERÍA QUÍMICA
PROGRAMA DE ASIGNATURA

ACTIVIDAD CURRICULAR Fenómenos de Transporte

Código 95-1129 **Año Académico** 2017

Área: Ingeniería Química
Bloque: Tecnologías Básicas
Nivel: 3° **Tipo:** Obligatoria

Modalidad: Cuatrimestral

Carga Horaria total: Hs Reloj: 120 Hs. Cátedra: 160

Carga horaria semanal: Hs Reloj: 7,5 Hs. Cátedra: 10

FUNDAMENTACIÓN

La asignatura Fenómenos de Transporte contiene los fundamentos de la transferencia de la cantidad de movimiento, la transferencia de calor y la transferencia de masa. Las bases teóricas de las operaciones físicas se enseñan allí.

Introduce al alumno en el mundo de los fluidos newtonianos y no newtonianos, con los que tropezará en las industrias de plásticos, cerámicos o de alimentos y le permitirá el cálculo de los distintos coeficientes de transferencia a usar en el diseño de equipos.

OBJETIVOS

- Comprender y aplicar los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, energía y materia, estudiados a nivel de elemento de volumen. Establecer las ecuaciones de variación o cambio y sus formas adimensionales.
- Comprender los fundamentos y las bases teóricas de la transferencia de la cantidad de movimiento, la transferencia de calor y la transferencia de masa.
- Conocer y aplicar las ecuaciones que gobiernan estos fenómenos en forma macroscópica, como ecuaciones integrales aplicadas a un volumen de control.
- Plantear ecuaciones diferenciales (balance microscópico), sus condiciones de contorno y condiciones iniciales.
- Introducir en el conocimiento del mundo de los fluidos newtonianos y no newtonianos, con los que tropezará en las industrias de plásticos, cerámicos o de alimentos.
- Calcular los distintos coeficientes de transferencia a usar en el diseño de equipos.
- Realizar analogías teóricas entre las Transferencias de cantidad de movimiento, calor y masa

CONTENIDOS

- a) Contenidos mínimos
- Fluidos.
 - Transporte de cantidad de movimiento, energía y materia.
 - Balances microscópicos.
 - Ecuaciones de variación o cambio.
 - Transporte en el límite de una fase.
 - Coeficientes de transporte.



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

- Análisis dimensional.
- Correlaciones.

b) Contenidos analíticos

PRIMERA PARTE: TRANSPORTE DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Unidad Temática 1: VISCOSIDAD Y MECANISMO DE TRANSPORTE DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Ley de Newton de la viscosidad. Unidades. Escalas arbitrarias de viscosidad cinemática. Influencia de la temperatura y la presión sobre la viscosidad. Estimación de la viscosidad a partir de las propiedades críticas. Predicción de la viscosidad de mezclas gaseosas a baja densidad. Fluidos No Newtonianos. Modelo de Bingham. Modelo de Ostwald-de Waele. Tixotrópicos. Reopécticos. Viscoelásticos.

Unidad Temática 2: RELACIONES INTEGRALES PARA UN VOLUMEN CONTROL

Sistema versus volumen control. Teorema de Reynold. Conservación de la masa. Balance de Cantidad de movimiento. Teorema del momento de la cantidad de movimiento. Ecuación de la energía. Ecuación de Bernoulli para flujo sin fricción.

Unidad Temática 3: LAS ECUACIONES DE VARIACIÓN PARA SISTEMAS ISOTÉRMICOS

Distribución de velocidad en flujo laminar. Balance de envolvente de cantidad de movimiento. Condiciones de contorno. Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento. Ecuación de energía. Aplicación de las ecuaciones de variación para la resolución de problemas de flujo estacionario. Las ecuaciones de variación para flujo no newtoniano incompresible.

Unidad Temática 4: ANÁLISIS DIMENSIONAL Y SIMILITUD.

Análisis dimensional de las ecuaciones de variación. Principio de la homogeneidad dimensional. Teorema de Pi. Números adimensionales para mecánica de fluidos. Diseño por similitud.

Unidad Temática 5: DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDAD CON MAS DE UNA VARIABLE INDEPENDIENTE

Teoría de capa límite. Flujo en las inmediaciones del borde de ataque de una lámina plana. Capa límite con gradiente de presión. Flujo externo.

Unidad Temática 6: TRANSPORTE DE INTERFASE EN SISTEMAS ISOTÉRMICOS

Factor de fricción. Factor de fricción para flujo en tubos. Factor de fricción para flujo alrededor de esferas. Aplicaciones de balance macroscópico con fricción. Descarga de tanque.

SEGUNDA PARTE: TRANSPORTE DE ENERGIA

Unidad Temática 7: CONDUCTIVIDAD CALORÍFICA Y MECANISMOS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA

Ley de Fourier de la conducción. Ley de Newton de la convección. Ley Stefan Boltzman de la radiación térmica. Variación de la conductividad calorífica de gases y líquidos con la temperatura y presión. Conductividad de los sólidos.

Unidad Temática 8: DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN SÓLIDOS

Balance de energía aplicado a una envoltura y condiciones de contorno. Paredes compuestas planas, cilíndricas y esféricas. Conducción de calor con generación eléctrica, nuclear y viscosa. Transferencia de calor desde superficies extendidas.



Unidad Temática 9: DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA CON MÁS DE UNA VARIABLE INDEPENDIENTE.

Conducción no estacionaria de calor en sólidos. Modelo de la carga concentrada para lámina finita, esfera y cilindro. Calentamiento de la lámina semi infinita. Calentamiento de la lámina finita.

Unidad Temática 10: ECUACIONES DE VARIACIÓN PARA SISTEMAS NO ISOTÉRMICOS
Ecuaciones de movimiento para convección forzada y libre. Transmisión de calor por convección libre desde una placa vertical. Análisis dimensional de las ecuaciones de variación.

Unidad Temática 11: TRANSPORTE DE INTERFASE EN SISTEMAS NO ISOTÉRMICOS.
Convección Forzada. Ecuación de la energía térmica. Aplicación a flujo laminar y flujo turbulento. Capa límite térmico. Transferencia de calor por convección en conductos cerrados. Transferencia de calor por convección en flujo laminar en conductos circulares. Transferencia de calor por convección en flujo turbulento en conductos circulares. Transferencia de calor por convección en flujo alrededor de objetos sumergidos. Flujo sobre una placa plana. Flujo alrededor de esferas. Convección Natural. Convección Natural sobre placa plana. Convección Natural sobre cilindros. Convección Natural alrededor de esferas.

Unidad Temática 12: TRANSFERENCIA DE CALOR CON CAMBIO DE FASE.
Transferencia de calor con condensación. Transferencia de calor con ebullición.

TERCERA PARTE: TRANSPORTE DE MATERIA

Unidad Temática 13: DIFUSIVIDAD Y MECANISMOS DEL TRANSPORTE DE MATERIA.
Definiciones de concentración, velocidades y densidad de flujo de materia. Ley de Fick de la difusión. Variación de la difusividad con la presión y la temperatura.

Unidad Temática 14: DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIÓN EN FLUJO LAMINAR
Difusión a través de una película gaseosa estancada. Difusión con reacción química homogénea. Difusión con reacción química heterogénea. Difusión de una película líquida descendente con absorción de gas. Difusión de una película líquida descendente con disolución de sólido. Ecuación de continuidad para una mezcla binaria

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Tipo de actividad	Carga horaria total en h reloj	Carga horaria total en h cátedra
Teórica	58	70
Formación Práctica	62	90
Formación experimental	15	28
Resolución de problemas	47	62
Proyectos y diseño	0	0
Práctica supervisada	0	0



ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)

La metodología de trabajo que será aplicada se indica en los siguientes puntos:

1. Dictado de clases teóricas tipo magistral, con inserción de situaciones prácticas o interacción con los alumnos. En el desarrollo teórico de los diferentes temas se hará énfasis en que, a cualquier esquema conceptual o modelo utilizado para describir el transcurso de un proceso físico o químico, le corresponde una representación matemática. Si el modelo se ajusta al comportamiento real, su expresión matemática predecirá y describirá el proceso en cuestión, en caso contrario, la ecuación obtenida resultará inútil.

2. Trabajos prácticos mediante análisis y discusión de los temas en forma grupal, realización individual y la grupal de problemas. La resolución de problemas que se llevan a cabo aplicando los conceptos teóricos a situaciones nuevas, es esencial para el aprendizaje. En consecuencia, en cada unidad se incluirá la resolución de problemas con diferentes grados de complejidad, algunos muy sencillos que sólo requerirán razonamientos cualitativos, otros complementarán las cuestiones analizadas en las clases teóricas y por último, otros que exigirán un cierto grado de creatividad y pondrán de manifiesto la flexibilidad de los métodos empleados que pueden aplicarse a situaciones diferentes.

Series de temas de aplicación

Serie N°1: Viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos

Serie N°2: Aplicación de Ecuaciones de Balances macroscópicos sin fricción. Volumen de control

Serie N°3: Aplicación Ecuaciones de variación para sistemas isotérmicos.

Serie N°4: Aplicación del Análisis Dimensional

Serie N° 5: Aplicación de balances macroscópicos en sistemas isotérmicos con fricción

Serie N° 6 A: Mecanismos de transferencia de calor

Serie N° 6B: Conducción estacionaria en paredes planas y cilíndricas

Serie N° 6C: Transferencia de calor por radiación

Serie N° 7: Conducción de calor con generación

Serie N°8: Sistemas conducción- convección .Aletas

Serie N° 9: Transferencia de calor en estado no estacionario

Serie N° 10: Transferencia de calor en interfase

Serie N° 11: Transporte macroscópico en sistemas no isotérmicos

Serie N°12: Transferencia de masa y Distribución de concentración en flujo laminar

3. Desarrollo de trabajos prácticos mediante el empleo de equipamiento de escala banco instalado en Laboratorio Tecnológico I y un trabajo práctico de simulación.-

Trabajo Práctico N° 1: Medición de viscosidad absoluta de un yogur con un Viscosímetro de Brookfield y Viscosímetro de Stormer. Medición de viscosidad cinemática de un aceite con un Viscosímetro de Saybold.

Trabajo Práctico N° 2: Experiencia de Reynold.

Trabajo Práctico N° 3: Medición del tiempo de escurrimiento de un líquido a través de diferentes tubos de descarga de un tanque.

Trabajo Práctico N° 4: Sistemas Conducción-Convección. Medición de los perfiles de temperatura en una aleta de sección circular.

Trabajo Práctico N° 5: Estado no estacionario. Medición del coeficiente de transferencia térmica de un baño termostatzado. Medición de la conductividad térmica de una esfera de poliestireno expandido

Trabajo Práctico N° 6: Teorema de Bernoulli-Túnel de viento (OPCIONAL).

Trabajo Práctico de Simulación: Predicción de viscosidad en una mezcla de gases



- b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)

Empleo del pizarrón para los desarrollos teóricos y dibujos esquemáticos.

Empleo de programa Power Point para mostrar equipos o tablas .

Uso de computadoras. Para mejorar la metodología del proceso de enseñanza aprendizaje, es necesario utilizar modernas herramientas de trabajo. En este aspecto no se puede dejar de mencionar la computación y todos los programas de enseñanza, aplicación, ejercitación, cálculo y simulación dirigidos esencialmente a aprovechar toda su potencia en ahorro de tiempo, eliminando actividades repetitivas que no aportan conocimientos

EVALUACIÓN

Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)

Reglamento de estudios (Ord. 1549):

El resultado de la evaluación del estudiante estará expresado en números enteros dentro de la escala del UNO (1) al DIEZ (10).

Aprobación y firma:

- Para la aprobación de la asignatura se requerirá como mínimo SEIS (6) puntos.
- Por cada evaluación se establecen dos instancias de recuperación.
- Asistencia obligatoria a todos los Trabajos prácticos y la entrega y aprobación de los correspondientes informes.

Promoción:

- El alumno PROMOCIONA la asignatura cuando en cada una de las evaluaciones obtiene 8 (ocho) o más puntos.
- Asistencia obligatoria a todos los Trabajos prácticos y la entrega dentro de los plazos estipulados por la cátedra y aprobación de los correspondientes informes.
- Se establece un recuperatorio único en total para todo uso para promoción. Cuando eventualmente un estudiante se presente a la primera instancia de recuperación de un parcial para levantar la nota con la aspiración de promocionar, pone en juego la calificación obtenida previamente. Es decir, el alumno "arriesga" su nota con la aspiración de levantarla.
- Si el alumno no alcanza el puntaje necesario para promocionar, pero aprueba las evaluaciones, FIRMA la asignatura.

Requisitos de regularidad

Aprobar las instancias de exámenes parciales, los trabajos prácticos de laboratorio y contar con el porcentaje de asistencia requerido por la reglamentación vigente

Requisitos de aprobación

Aprobar el examen final.

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

Esta asignatura se articula verticalmente con asignaturas que le preceden:



Nivel-II Integración II

Temas:

- Trabajo
- Energía
- Dinámica de los Fluidos: viscosidad

Los mismos son aplicados en:

- Unidad Temática I: Dinámica de los Fluidos: viscosidad
- Unidades Temáticas II – III –X y XI: Trabajo y Energía

Nivel –III: Termodinámica

Temas:

- Balance de Energía
- Ecuación de Bernoulli
- Aplicación de 1er y 2do principio en turbo máquinas

Los mismos son aplicados en:

- Unidades Temáticas II-III – V-X y XI

Esta asignatura se articula verticalmente con materias correspondientes al cuarto nivel de la carrera, abordando los conocimientos previos en los que se basan las siguientes asignaturas.

Nivel IV

Operaciones Unitarias I

Temas:

- Unidad Temática II :Ecuación de Bernoulli-
- Unidad Temática V: Cálculo de Factor de fricción para Fluidos Newtonianos y no Newtonianos en régimen laminar y turbulento
- Unidades temáticas II y IV: Turbo máquinas: Bombas Centrífugas

Operaciones Unitarias II

Temas:

- Unidad Temática XII: Transferencia de masa Ley de Fick
- Unidad Temática IV: Análisis Dimensional
- Unidad Temática X: Coeficientes Peliculares

Tecnología de la Energía Térmica

Temas:

- Unidades Temáticas: VI-VII y VIII: Mecanismos de transferencia de calor: Conducción, Convección y Radiación
- Unidad Temática X: Cálculos de coeficientes-Correlaciones

Ingeniería de las Reacciones Químicas

Temas:

- Unidad Temática XI: Transferencia de Calor
- Tercera Parte: Transferencia de materia

El equipo docente participa de reuniones intercátedras convocadas por Departamento, a fin de generar acuerdos temáticos y de metodologías que faciliten la articulación horizontal y vertical entre las distintas asignaturas

CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

<u>Unidad Temática</u>	<u>Duración en hs cátedra</u>
1	16
2	15
3	18
4	8



5	11
6	15
7	14
8	10
9	12
10	12
11	15
12	14

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

- White F.M., (2004) "Mecánica de fluidos". McGraw Hill.
- Streeter V.L., Wylie E. W. y Bedford K.W. (2000) "Mecánica de los fluidos". Ed. McGraw Hill.
- Shames I.H. (1995) "Mecánica de fluidos". Ed. McGraw Hill.
- Perry Robert H. and Green Don W. (2007) "Manual del Ingeniero Químico". Ed. McGraw Hill Publishing Co.
- Bird R.B., Stewart W., Lighfoot Edwin (2006). "Fenómenos de Transporte". Limusa Wiley,
- Cengel Yunus, Cimbala J. (2006) "Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones", McGraw Hill
- Holman J.P. (1998) Heat Transfer. Mc Graw Hill
- Coulson, J.M., Richardson J.F., Tomos I, II, III, VI (1999, 2002, 1994, 1996). "Chemical Engineering". Butterworth - Heinemann
- Coulson, J.M., Richardson J.F., Tomos I, II, IV, V (1979, 1988, 1980, 1982). "Ingeniería Química". Reverté
- Levenspiel O. (1998) Flujo de fluidos e Intercambio de calor. Ed. Reverté
- Williams Janna (2009) Engineering Heat Transfer. Ed. CRC Press,

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Bird R.B., Stewart W., Lighfoot Edwin (1964) 1ra Ed. Fenómenos de Transporte. Edit. Reverté,.
- Bird R.B., Stewart W.E. y Lightfoot E. N.. (1976)"Fenómenos de Transporte". Reverté
- A.H. Shapiro (1977) Formas y fluidos". EUDEBA.
- Crosby E. J. Experimentos sobre Fenómenos de Transporte en las Operaciones Unitarias de la Industria Química.
- McCABE-SMITH (1969) Operaciones Básicas de la Ingeniería Química I y II.. Ed. Reverte,
- Holland, F. A. (1980) Flujo de fluidos para ingenieros químicos. Buenos Aires: Géminis
- Brodkey, R. - Hershey, H. (1988). Transport Phenomena
- Cussler, E. (2008) Diffusion Mass Transfer in Fluid Systems. Cambridge University Press
- Perry Robert H. and Green Don W. (2001)" Manual del Ingeniero Químico ". McGraw Hill Publishing Co.
- Gerhart P., Gross R. y Hochstein J. (1992) "Mecánica de Fluidos". 2da Ed. Addison Wesley Iberoamericana.