

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Balance de Momento, Calor y Masa
Carrera:	Ing. Química
Clave de la asignatura:	IQJ-1002
SATCA*	4 - 2 - 6

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Químico la capacidad para analizar los fenómenos involucrados con los sistemas de transporte de cantidad de movimiento, calor y masa en estado estable bajo condiciones de flujo unidireccional, y le proporciona las bases para diseñar, seleccionar, operar, optimizar y controlar procesos de transferencia en plantas químicas.

Estos fenómenos son importantes al aumentar la capacidad crítica y lógica del estudiante ya que permiten comprender el comportamiento a nivel microscópico de los materiales y/o fluidos que se exponen a cambios de movimiento, calor y masa.

La asignatura comprende el balance en los tres mecanismos de transferencia que son: Transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa a nivel microscópico, usando elementos diferenciales de los sistemas más comunes en coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas. Por ejemplo: la película descendente, flujo a través de ductos y canales; flujo de calor en placas simples y compuestas, tubos y esferas; y flujo másico en película estancada o descendente y en la interface, entre otros.

La asignatura se relaciona con todas las posteriores que involucran procesos unitarios, para dar soporte a las materias formativas propias del ingeniero químico.

Intención didáctica.

El temario se encuentra organizado en seis unidades, las tres primeras unidades desarrollan la capacidad del estudiante para realizar balances de momentum, calor y masa. Además, consideran la aplicación de las condiciones límite en los modelos que surgen del balance y plantea una solución viable al modelo para obtener los perfiles de velocidad, temperatura y concentración en los sistemas de transporte molecular.

Se aplican las leyes de Newton, Fourier y Fick para la integración de los conceptos generales en el planteamiento de los balances microscópicos y se busca dar solución a las ecuaciones diferenciales de primer orden a través de los métodos conocidos con anterioridad por el estudiante.

En la cuarta unidad se aborda la transferencia convectiva de masa, permitiendo evaluar los coeficientes convectivos por medio de correlaciones y/o analogías reportadas en la literatura, y a través de diferentes sistemas.

Se integra así mismo en la unidad cinco el estudio de los fenómenos en la interfase con la importancia de la capa límite hidrodinámica y la capa límite térmica en la determinación de las correlaciones para evaluar los coeficientes de transferencia de calor, y finalmente en esta misma unidad se propone la evaluación de los coeficientes de transferencia de masa bajo la teoría de la doble película.

La unidad seis da mayor énfasis a las aplicaciones de fenómenos de transferencia de calor

* Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

en estado transitorio, mediante la aplicación del concepto de parámetros concentrados y el uso de las gráficas de Heissler para estos casos de estudio.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de las leyes fundamentales que gobiernan el flujo de momentum, calor y masa para que el estudiante reconozca los fenómenos físicos a su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruados, artificiales, virtuales o naturales.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, se propone la formalización de los conceptos; y sea a través de la experiencia, la reflexión y el análisis que se generen propuestas de solución a modelos que surjan de la estructuración de los balances. La solución de los modelos será responsabilidad del estudiante ya que en su etapa formativa posee las herramientas necesarias para llevar a cabo esta actividad

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas:

- Determinar el flujo de masa o volumétrica, el flujo de calor, densidad de flujo de masa, perfiles de velocidad, de temperatura y concentración en sistemas con transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa utilizando los balances correspondientes
- Determinar el coeficiente individual y global de calor y masa, en sistemas con transferencia de calor y masa utilizando el método analítico y por correlaciones
- Determinar los parámetros al estado inestable en placas, cilindros o esferas utilizando las gráficas de Heissler

Competencias genéricas:

Competencias instrumentales

- Capacidad de análisis y síntesis
- Capacidad de organizar y planificar
- Comunicación oral y escrita
- Habilidades básicas de integración de conceptos.
- Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.
- Solución de problemas
- Toma de decisiones.

	<p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Habilidades interpersonales <p>Competencias sistémicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Habilidades de investigación • Capacidad de aprender • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Habilidad para trabajar en forma autónoma
--	---

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Villahermosa Fecha: 7 al 11 de septiembre del 2009	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, La Laguna, Parral, Villahermosa	Reunión nacional de Diseño e innovación curricular de la carrera de Ingeniería en Química
Instituto Tecnológico de Villahermosa Fecha: 14 septiembre del 2009 al 5 de febrero del 2010	Representantes de la academia de Ingeniería Química	Análisis, enriquecimiento y elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Innovación y Diseño Curricular.
Instituto Tecnológico de Celaya Fecha: 8 al 12 de febrero del 2010	Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, La Laguna, Parral, Villahermosa y Veracruz.	Reunión nacional de Diseño de consolidación de carreras del Sistema Nacional de Carreras del SNEST

5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso)

- Determinar el flujo de masa o volumétrica, el flujo de calor, densidad de flujo de masa, perfiles de velocidad, de temperatura y concentración en sistemas con transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa utilizando los balances correspondientes
- Determinar el coeficiente individual y global de calor y masa, en sistemas con transferencia de calor y masa utilizando el método analítico y por correlaciones
- Determinar los parámetros al estado inestable en placas, cilindros o esferas utilizando las graficas de Heissler

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Aplicar cálculo diferencial e integral a expresiones algebraicas utilizando los modelos establecidos
- Obtener ecuaciones diferenciales de un sistema aplicando el concepto de elemento diferencial
- Homogeneizar las dimensiones y unidades en un problema usando los principios correspondientes.
- Obtener propiedades de un gas utilizando la ley de los gases ideales

- Resolver problemas numéricos usando un lenguaje versátil
- Aplicar balance de materia y energía en un sistema usando la ley de la conservación de la masa y la energía

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Balance de cantidad de movimiento.	1.1. Conceptos: (Sistemas, Volumen de control, Teorema del valor medio) 1.2. Condiciones límite (frontera) 1.3. Determinación de Perfil de velocidad, velocidad media, flujo volumétrico y másico (Coordenadas rectangulares y cilíndricas) 1.4. Ecuaciones de variación para sistemas unidireccionales en estado estable.
2	Balance de calor en sistemas coordenados en estado estacionario, flujo unidireccional.	2.1. Condiciones frontera. 2.2. Obtención de perfiles de temperatura y flujo de calor sin generación (Placa, envolvente cilíndrica y esfera simple; Placas, envolvente cilíndrica y esfera compuestas con frontera convectiva, así como barra y esfera con generación). 2.3. Radio crítico de aislamiento.
3	Balance de masa en sistemas coordenados.	3.1. Condiciones límite 3.2. Balances de materia aplicados a una envoltura con difusión (en película gaseosa, en una película líquida descendente, con reacción química heterogénea y homogénea, y reacción química en el interior de un catalizador poroso, en mezclas multicomponentes)
4	Transferencia convectiva de masa	4.1. Coeficientes de transferencia convectiva de masa (para contradifusión equimolar), de A a través de B en reposo y no difusivo, para diversas geometrías 4.2. Analogías en la transferencia de masa, calor y momento 4.3. Correlaciones. Transferencia de masa (en flujo por tuberías, para el flujo turbulento dentro de tuberías, para el flujo en torres de pared húmeda, de flujo paralelo a placas planas, con flujo que pasa por esferas individuales, en lechos empacados, para flujo alrededor de cilindros sencillos)

5	Transferencia en la Interfase	5.1. Calor 5.1.1. Teoría de la capa limite en flujo laminar 5.1.2. Transferencia en flujo turbulento 5.1.3. Correlaciones para el cálculo de coeficientes de transferencia de calor 5.2. Masa 5.2.1. Concepto de equilibrio 5.2.2. Solubilidad de gases en líquidos 5.2.3. Teoría de la doble película: (Coeficiente individual de transferencia de masa, Coeficiente global de transferencia de masa, Resistencia determinante en la difusión entre fases)
6	Balance de calor en un sistema en estado transitorio, flujo unidireccional	6.1. Modulo de Biot y de Fourier 6.2. Parámetros concentrados 6.3. Aplicación de las Graficas de Heissler para problemas en geometrías simples. Placas, cilindros y esferas en estado transitorio.

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura.
- Propiciar la planeación y organización de los proceso químicos.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una ingeniería con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Examen escrito
- Reporte de investigaciones documentales

- Participación en tareas encomendadas

Técnicas e Instrumentos de evaluación:

- Portafolio de evidencias: Reportes escritos, solución de ejercicios extra clase, actividades de investigación, elaboración de modelos o prototipos, análisis y discusión grupal.
- Matrices de valoración para tareas y exámenes.

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Balance de Cantidad de Movimiento

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Obtener el perfil de velocidad y esfuerzo cortante en un sistema coordinado mediante un balance de cantidad de movimiento Interpretar el perfil de velocidad y esfuerzo cortante para líquidos con base en un sistema coordinado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar los conceptos de sistema, volumen de control y teorema del Valor medio. • Deducir las Condiciones Límites para la solución de los modelos matemáticos. • Estructurar modelos matemáticos del comportamiento de los fluidos aplicando balances diferenciales a volúmenes de control en espacios Cartesianos y Cilíndricos. • Determinar con base a los modelos obtenidos las velocidades media y máxima, los flujos volumétricos, espesores de película y las fuerzas que actúan sobre las superficies en contacto con los fluidos. • Aplicar las ecuaciones de variación a los sistemas de transferencia de cantidad de movimiento en sistemas en estado estable y flujo unidireccional.

Unidad 2: Balance de calor en sistemas coordinados en estado estacionario, flujo unidireccional

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Obtener perfiles de temperatura y flujo de calor en sistemas donde exista transferencia de calor a partir de un balance de energía Interpretar perfiles de temperatura en superficies sólidas con base a gradientes de temperatura y su conductividad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Deducir las Condiciones Límites para la solución de los modelos matemáticos. • Estructurar modelos matemáticos del comportamiento de la temperatura aplicando balances en elementos diferenciales en Coordenadas rectangulares y cilíndricas unidireccionales al estado estable. • Determinar con base a los modelos obtenidos la variación de la temperatura con la posición o espesor de pared del sistema analizado. • Analizar los perfiles de temperatura que se obtienen al realizar balances de calor.

Unidad 3: Balance de masa en sistemas coordenados

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Obtener perfiles de concentración y densidad de flujo en sistemas con transferencia de masa a partir de su balance Interpretar perfiles de concentración desarrollados en el seno de un fluido con base a gradientes de concentración	<ul style="list-style-type: none">• Aplicar las ecuaciones de cambio a sistemas coordenados.• Interpretar el significado de los términos en las ecuaciones de cambio.• Generar balances de materia con reacción química.• Deducir las condiciones límite en el análisis diferencial de un elemento.• Aplicar el concepto de difusión molecular más convección en reacciones homogéneas y heterogéneas.

Unidad 4: Transferencia convectiva de masa

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Determinar los coeficientes convectivos de masa en diferentes geometrías usando la Ley de Fick, Analogías y mediante correlaciones.	<ul style="list-style-type: none">• Definir el concepto de coeficiente de transferencia de masa.• Aplicar el concepto de coeficiente de transferencia de masa en flujo laminar para contradifusión equimolar y para el flujo de A a través de B estacionario.• Investigar métodos para determinar el coeficiente de transferencia de masa.• Aplicar los conceptos investigados a problemas de difusión molecular.

Unidad 5: Transferencia en la Interfase

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
---	-----------------------------------

<p>Determinar el coeficiente de transferencia de calor en diferentes geometrías y condiciones de flujo mediante la teoría de la capa límite y correlaciones</p> <p>Determinar el coeficiente individual y global de transferencia de masa en fluidos usando la teoría de la doble película.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar los conceptos de capa límite hidrodinámica y capa límite térmica. • Resolver por método aproximado las ecuaciones de capa límite para determinar el coeficiente de transferencia en placa plana y su relación con los números adimensionales en transferencia de calor. • Interpretar las analogías de Reynolds, Von Karman y Prandtl entre el flujo de fluidos y la transferencia del calor. • Investigar las diferentes correlaciones para el cálculo de coeficientes transferencia de calor en convección natural y convección forzada. • Resolver problemas para diferentes sistemas que impliquen el cálculo de coeficientes de transferencia de calor. • Evaluar los coeficientes de transferencia de masa a partir de correlaciones. • Evaluar los coeficientes de transferencia de masa individuales y globales.
---	---

Unidad 6: Balance de calor en un sistema en estado transitorio, Flujo unidireccional

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Determinar tiempo, temperatura, distancia y calor en placas, cilindros o esferas al estado inestable utilizando las graficas de Heissler.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar el Modulo de Biot y de Fourier y sus aplicaciones. • Aplicar las Graficas de Heissler en la solución de problemas de transferencia de calor. • Resolver problemas de transferencia en estado transitorio por métodos gráficos y numéricos.

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Bird, R. B., Stewart, W. E. y Lightfoot, E. N., *Fenómenos de Transporte.*, Reverté, 1999.
2. Hines, C. A. y Maddox, N. R. *Transferencia de Masa: Fundamentos y Aplicaciones*, Prentice Hall, 1ª. Edición, 1987.
3. Welty, J. R. Wicks, C. E. y Wilson, R. E. *Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa*, Limusa, 2ª. Edición, 1999.
4. Geankopolis, C. J. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. CECSA, 3ª. Edición, 1998.
5. Holman, J. P., *Principios de Transferencia de Calor*, McGraw-Hill, 8ª. Edición, 1998.
6. Incropera, F. P. & De Witt, D. P. *Fundamentos de Calor*, Prentice Hall, 4ª. Edición, 1999.
7. Kern, D. Q. *Procesos de Transferencia de Calor*, CECSA, 1ª. Edición, 1999.
8. Yunus A. C. *Transferencia de Calor y Masa*, Mc Graw Hill, 3ª. Edición, 2007

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

Para realizar en el Laboratorio Integral.

- Determinar el Perfil de velocidad de un fluido en condiciones controladas usando el tubo de Pitot.
- Determina perfil de temperaturas en estado transitorio.
- Determina coeficientes de transferencia de masa.
- Determina la densidad de flujo de masa en líquidos.
- Comprobación experimental del Radio Crítico de Aislamiento.
- Determinación experimental de coeficientes de transferencia de calor.
- Determinar la velocidad media de un fluido a partir del flujo volumétrico medido en un sistema hidráulico
- Determinar el tiempo de difusión en celdas de Arnold mediante la aplicación de modelos matemáticos.