



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE
INGENIEROS DE MINAS

Ríos Rosas, 21
28003 MADRID.

TITULACIÓN: INGENIERO TÉCNICO DE MINAS

ESPECIALIDAD EN: RECURSOS ENERGÉTICOS COMBUSTIBLES Y EXPLOSIVOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y COMBUSTIBLES

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

TRANSFERENCIA DE CALOR Y MATERIA

Curso : 2º
Semestre : 2º
Carácter : Troncal

Créditos totales
Teóricos : 2,3
Prácticos : 2,2

PLAN DE ESTUDIOS 2002

Edición 1: 2003-09-22

TRANSFERENCIA DE CALOR Y MATERIA: PROGRAMA

a) OBJETIVOS Y CONTENIDOS

BLOQUE 1: Introducción a los fenómenos de transporte

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.1 *Comprender la necesidad de establecer leyes de transporte para el estudio de los procesos y el dimensionamiento de los equipos.*
- 1.2 *Conocer las leyes fundamentales del transporte difusivo de masa y calor, y observar las analogías existentes entre ellas.*

CONTENIDOS

1.1: INTRODUCCIÓN A LOS FENÓMENOS DE TRANSPORTE

- Propiedades de la materia y su transferencia. Relación con las operaciones básicas de la Ingeniería Química.
- Leyes fundamentales de transporte de calor y masa: Ley de Fourier y Ley de Fick.

BLOQUE 2: Transferencia de calor

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1 *Comprender los diferentes mecanismos de transmisión del calor.*
- 2.2 *Resolver la ecuación de la conducción del calor.*
- 2.3 *Aplicar las técnicas de cálculo existentes para obtener distribuciones de temperatura y flujos de calor en configuraciones 1D y 2D en régimen estacionario y transitorio, con diversas condiciones de contorno.*
- 2.4 *Calcular el flujo de calor en superficies adicionales.*
- 2.5 *Utilizar el concepto de coeficiente global de transferencia de calor.*
- 2.6 *Identificar los diferentes regímenes y configuraciones de transferencia de calor en convección forzada y natural en una fase, en condensación y en ebullición y calcular el coeficiente de transferencia de calor en todos ellos.*
- 2.7 *Aplicar lo anterior a problemas técnicos de transferencia de calor entre fluidos.*
- 2.8 *Conocer las propiedades radiantes de las superficies.*
- 2.9 *Calcular el factor de forma, el flujo de calor intercambiado por radiación entre superficies cualesquiera. y las propiedades radiantes de los gases.*

CONTENIDOS

2.1: MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR

- Derivada temporal del primer principio de la Termodinámica.
- Conducción. Ley de Fourier. Conductividad térmica.

- Convección. Ley de enfriamiento de Newton. Coeficiente de transmisión del calor.
- Radiación. Ley de Stefan-Boltzmann. Emisividad.

2.2: CONDUCCIÓN

- Ecuación fundamental. Condiciones de contorno.
- Conducción unidimensional estacionaria.
- Coeficiente global de transferencia de calor.
- Superficies adicionales.
- Conducción transitoria y multidimensional: Conducción 2-D estacionaria, conducción 1-D transitoria, conducción multidimensional, gráficos de flujo, factores de forma.

2.3: CONVECCIÓN FORZADA

- Ecuaciones de conservación para la convección forzada en película laminar.
- Coeficiente de película en superficies planas: régimen laminar, analogía de Reynolds, régimen turbulento.
- Coeficiente de película en tubos: régimen laminar, desarrollo hidráulico y térmico, régimen turbulento.
- Flujo en secciones no circulares.
- Flujo externo a tubos; flujo a través de haces de tubos; flujo exterior a conductos de sección no circular.
- Convección en tanques y reactores agitados.

2.4: PROCESOS CONTROLADOS POR LA GRAVEDAD: CONVECCIÓN NATURAL Y CONDENSACIÓN

- Ecuaciones de conservación con la gravedad explícita.
- Convección natural: Coeficiente de película para superficies verticales, cilindros, superficies inclinadas, esferas, recintos y otras configuraciones. Convección mixta natural y forzada.
- Condensación en película: Superficie plana vertical. Condensación sobre otras superficies: cilindros, esferas, superficies horizontales, serpentines, etc. Condensación en el interior de tubos. Condensación en presencia de gases incondensables.
- Condensación en gotas.

2.5: EBULLICIÓN

- Curva característica de la ebullición y regímenes de ebullición.
- Ebullición nucleada.
- Flujo de calor máximo.
- Ebullición en película.
- Influencia del sistema en la ebullición.

2.6: CONDENSACIÓN Y EBULLICIÓN POR CONVECCIÓN FORZADA

- Tipos de flujo bifásico líquido-gas. Mapas de flujo.
- Condensación por convección forzada en el interior de tubos.
- Ebullición por convección forzada en el interior de tubos.
- Condensación por convección forzada en flujo externo.
- Ebullición por convección forzada en flujo externo.

2.7: RADIACIÓN

- Radiación térmica: poder emisivo, cuerpos negros.
- Propiedades relacionadas con la radiación: emisividad, funciones de radiación, intensidad de radiación.
- Propiedades de las superficies irradiadas: absortividad, reflectividad, transmisividad. Ley de Kirchhoff.
- El factor de forma.

- Intercambio de calor radiante: Radiación entre superficies negras. Radiación entre superficies grises. Pantallas de radiación. Factor de radiación. Factor refractario.
- Radiación en gases: Propiedades radiantes de los gases. Intercambio de calor entre un gas y un recinto negro.
- Radiación solar: La energía del Sol. Sistemas de energía solar.

BLOQUE 3: Transferencia de materia

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1 *Aplicar las técnicas de cálculo de flujos difusivos de un componente en varias configuraciones y con diversas condiciones de contorno.*
- 3.2 *Comprender el concepto de coeficiente de transferencia de materia y su cálculo en varias configuraciones y regímenes laminar y turbulento.*
- 3.3 *Conocer los modelos de transferencia de materia en interfases.*
- 3.4 *Calcular la velocidad de transferencia a partir de las concentraciones en la interfase y utilizando fuerzas impulsoras globales.*

CONTENIDOS

3.1: DIFUSIÓN DE MATERIA

- Concentraciones y flujos en mezclas.
- Difusividad en gases, líquidos y membranas.
- Ecuación de conservación de la masa. Ecuación de conservación de un componente.
- Difusión unidimensional estacionaria: Difusión de un solo componente. Aplicación a reacción química heterogénea y homogénea.
- Difusión en más de una dimensión: Difusión en una columna de pared húmeda. Difusión transitoria en láminas, cilindros y esferas. Difusión con convección en la superficie.

3.2: COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE MATERIA

- Definición. Aplicación a contradifusión equimolar y a la difusión de un componente a través de otro que no se difunde.
- Transferencia de materia por convección: Cálculo de coeficientes de transferencia de materia en regímenes laminar y turbulento, en superficies planas y en tubos.

3.3: TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES

- Introducción. Relaciones de equilibrio. Perfiles de concentración.
- Modelos para la transferencia de materia en interfases fluido fluido: Teorías de película, de penetración, de renovación superficial y de penetración de película.
- Coeficientes de transferencia de masa globales. Aplicación a la contratransferencia equimolar y a la transferencia de un componente a través de una película estática.

b) BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA:

- COULSON, J.M.; RICHARDSON, J.F. *Chemical Engineering* - Vol.1. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1999.
- SANCHIDRIÁN, J.A. *Transferencia de calor*. Fundación Gómez-Pardo, Madrid, 1999.

COMPLEMENTARIA:

- BIRD, R.B.; STEWART, W.E.; LIGHTFOOT, E.N. *Fenómenos de transporte*. Reverté, Barcelona, 1982.
- COSTA NOVELLA, E. et al. *Ingeniería Química. Tomo 5: Transferencia de materia*. 1ª parte, Alhambra, Madrid, 1988.
- HOLMAN, J.P. *Heat Transfer*. 7ª ed., McGraw-Hill, Londres, 1992.
- THOMAS, L.C. *Heat Transfer*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. Jersey, 1993.
- TREYBAL, R.E. *Operaciones de transferencia de masa*. 2ª ed., McGraw-Hill, México, 1988.

c) PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS

No hay.

d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

La evaluación se basa en la capacidad de aplicar los conceptos y técnicas estudiados a la resolución de casos prácticos.

El examen consiste en la realización de varios problemas de aplicación, similares a los llevados a cabo durante el curso. Ocasionalmente, se podrá plantear alguna pregunta breve conceptual.