



POLITÉCNICA



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

Fdo.: **Juan LLAMAS BORRAJO**
Director del Departamento

PLAN DE ESTUDIOS 2002

Edición 2: 2007-09-20

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 naturales e industriales y para el dimensionado de 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 *Conocer las soluciones de la ecuación de la conducción del calor para 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 y las fórmulas de cálculo del flujo de calor intercambiado por radiación entre superficies en configuraciones simples.*

CONTENIDOS

2.1: MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR

- Consecuencias 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

- 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

- 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.

2.5: EBULLICIÓN

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

2.6: RADIACIÓN

- Radiación térmica: poder emisivo, cuerpos negros.
- Propiedades relacionadas con la radiación: emisividad, funciones de radiación, intensidad de radiación.
- Propiedades de las superficies irradiadas: absorptividad, 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.

BLOQUE 3: Transferencia de materia

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1 Conocer y 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 Comprender y aplicar la analogía entre transferencia de calor y materia.

CONTENIDOS

3.1: TRANSFERENCIA DE MASA POR DIFUSIÓN

- Concentraciones y flujos en mezclas. Ley de Fick.
- Coeficiente de difusión de masa.
- Soluciones de la ecuación de conservación de la masa y de un componente. Condiciones iniciales y de contorno.
- Difusión de masa sin reacciones químicas homogéneas: Medios estacionarios con concentraciones superficiales específicas, con reacciones superficiales catalíticas y con contradifusión equimolar. Evaporación en una columna.
- Difusión de masa con reacciones químicas homogéneas: catálisis con nódulos esféricos.
- Difusión transitoria en láminas, cilindros y esferas.

3.2: TRANSFERENCIA DE MASA POR CONVECCIÓN

- Analogía entre transferencia de calor y masa.
- Cálculo de coeficientes de transferencia de materia en regímenes laminar y turbulento, en superficies planas y en tubos; flujo a través de un lecho fijo de partículas esféricas.
- Coeficientes de transferencia de masa globales.

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.