

PAPIME 2017-2018



Universidad Nacional Autónoma de México

Dirección General de Cómputo y de Tecnologías
de Información y Comunicación

DGTIC

Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación
y Mejoramiento de la Enseñanza

PE110517



FQ



Trabajo realizado con el apoyo del
Programa UNAM-DGAPA-PAPIME
PE110517

Manual para el docente del uso de las lecciones interactivas en Mathematica



Lección 10 de 16: Convección. Introducción



Índice general

1. Presentación.....	4
2. Algunas consideraciones.....	5
3. Contenido de la materia Transporte de Energía.....	6
4. Lección interactiva.....	8
4.1 Objetivos.....	8
4.2 Contenido.....	9
4.3 Actividades sugeridas y uso de los simuladores.....	10
4.4 Técnicas de enseñanza y de aprendizaje.....	16
4.5 Bibliografía.....	16



Presentación

Estimado docente de Ingeniería Química Metalúrgica...

El siguiente manual tiene como propósito orientarle en el uso de las lecciones interactivas. Estos son pequeños cuadernos diseñados para enriquecer la enseñanza y los aprendizajes, pues incluyen distintos recursos como teoría, imágenes y simuladores que benefician la explicación de determinados temas; y son generados a partir del Software Mathematica.

Es importante mencionar que la información que integra la lección interactiva parte del programa de la materia Transporte de Energía de la Facultad de Química de la UNAM.

En ese sentido, el presente manual indica la lección interactiva a trabajar, algunas actividades sugeridas, así como ejercicios a ser desarrollados mediante los simuladores. El docente podrá adecuarlas en función de las necesidades que presenten sus alumnos.

Recuerde que...

Puede acceder al programa vigente de Transporte de Energía en la siguiente URL. Para ello oprima la tecla Ctrl + click.

<https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2017/03/1533te.pdf>

Algunas consideraciones

Las lecciones interactivas realizadas para los estudiantes de la licenciatura de Ingeniería Química Metalúrgica, tienen la característica de poder desarrollarse en diferentes modalidades: presencial, semipresencial, a distancia o en línea.

En este sentido los recursos que se consideran necesarios para su estudio son: contar con un equipo de cómputo y tener acceso tanto a internet como a la Red Universitaria de Aprendizaje RUA.

La unidad cuatro “Transporte de energía en presencia de convección”, se encuentra estructurada en cuatro lecciones interactivas. Es por ello que el tiempo sugerido para abordar la presente lección “Convección. Introducción”, sean seis horas. Cabe aclarar que éste puede variar en función de la modalidad por la que se opte.



Contenido de la materia Transporte de Energía

A continuación, se muestra una tabla con las unidades en las que se distribuye el contenido de la materia Transporte de energía. Esta presentación es una pequeña extracción del plan de estudios de la misma.

También se incluye el nombre de las lecciones interactivas de las cuales puede disponer para impartir los temas. El número total de éstas son 16 y fueron diseñadas para ser estudiadas una por semana.

Además, se refiere el formato en el que se encuentra el recurso.

Unidad temática que cubre	Nombre de la lección interactiva	Formato
Unidad 1. Introducción al transporte de energía en los procesos metalúrgicos y de materiales.	Introducción. Ecuaciones de transporte.	Notebook
	Solución de ecuaciones de transporte.	Notebook
	Coefficiente de transporte.	Notebook
	Paredes compuestas.	Notebook
Unidad 2. Transporte de energía por conducción en estado estable.	Generación interna.	Notebook
	Repaso de conducción estacionario.	Notebook

Unidad 3. Transporte de energía por conducción en estado inestable.	No estacionario. Introducción.	Notebook
	Estado no estacionario con gradientes (coordenadas no cartesianas).	Notebook
	Repaso de Conducción no estacionario.	Notebook
Unidad 4. Transporte de energía en presencia de convección.	Convección. Introducción.	Notebook
	Convección forzada.	Notebook
	Convección natural.	Notebook
	Repaso. Convección.	Notebook
Unidad 5. Transporte de energía por radiación.	Radiación. Introducción.	Notebook
	Radiación. Factores de visión.	Notebook
	Repaso. Radiación.	Notebook

Lección interactiva 10 de 16

Convección. Introducción.

Objetivos

- Comprender qué es la Convección.
- Conocer los principales conceptos relacionados con la Capa límite térmica e hidrodinámica.
- Comprender la idea de semejanza.
- Utilizar el teorema π .
- Conocer qué representan los números adimensionales Re , Nu y Pr .
- Conocer las principales correlaciones adimensionales para la convección forzada alrededor de una placa.



Contenido de la lección interactiva

La siguiente imagen representa la lección interactiva elaborada en el programa Mathematica. Es conveniente que la comparta con sus estudiantes para tener claridad en los temas que se abordarán.

Universidad Nacional Autónoma de México
Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación

Asignatura de Transporte de Energía
Convección. Introducción

•••

Problema

Objetivos

¿Qué es la convección?

Repaso sobre Capa límite

Números adimensionales

Convección forzada

Bibliografía



DGTIC
Dirección General de Cómputo y de Tecnologías
de Información y Comunicación





Actividades sugeridas y uso de los simuladores

Solicite que se revisen y comenten los objetivos que tiene la lección interactiva.

Tema: CONVECCIÓN

Actividades:

1. Revisar los ejercicios realizados en manuales previos y hacer una tabla de los valores de h que se han usado. Compararlos con la siguiente tabla y comentar.

Tabla 14.1-1 Órdenes típicas de magnitud para coeficientes de transferencia de calor

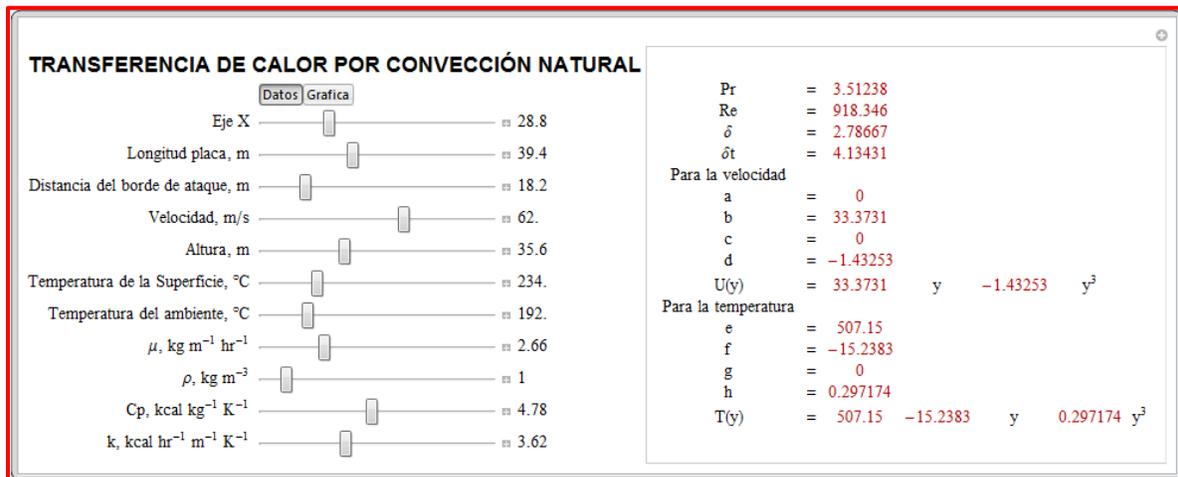
Sistema	h	
	(W/m ² · K) or (kcal/m ² · hr · C)	h (Btu/ft ² · hr · F)
<i>Convección libre</i>		
Gases	3-20	1-4
Líquidos	100-600	20-120
Agua hirviendo	1000-20,000	200-4000
<i>Convección forzada</i>		
Gases	10-100	2-20
Líquidos	50-500	10-100
Agua	500-10,000	100-2000
<i>Vapores de condensación</i>	1000-100,000	200-20,000

Tomado de H. Gröber, S. Erk, and U. Grigull, *Wärmeübertragung*, Springer, Berlin, 3rd edition (1955), p. 158. When given h in kcal/m² · hr · C, multiply by 0.204 to get h in Btu/ft² · hr · F, and by 1.162 to get h in W/m² · K. For additional conversion factors, see Appendix F. Adaptado de Bird, R.; Stewart, W. & Lightfoot, E. (2002). *Transport Phenomena*. (Second Edition). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Tema: REPASO SOBRE CAPA LÍMITE

Actividades:

1. Usar el siguiente simulador para trazar perfiles de velocidad y de temperatura.



Tema: NÚMEROS ADIMENSIONALES

Actividades:

1. Comprobar por sustitución directa que cada una de las tres selecciones de valores realizada, para poder resolver el sistema de ecuaciones a las que lleva la búsqueda de los parámetros adimensionales que describen la transferencia de calor por convección forzada en un tubo, lleva efectivamente al sistema de ecuaciones presentado en el cuaderno interactivo y a los números adimensionales de Reynolds (Re), Nusselt (Nu) y Prandtl (Pr).
2. Escribir en una hoja de Excel las fórmulas para calcular los números de Prandtl, Reynolds y Nusselt.
3. Emplearla para calcular los valores de los siguientes números adimensionales.

PRANDTL

- a) Agua a 20°C: $\mu = 1.002 \times 10^{-3} \text{ kg/m s}$, $C_p = 4.183 \text{ kJ/kg K}$ y $k = 0.603 \text{ W/m K}$
- b) Agua a 90°C: $\rho = 965 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 3.22 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, $C_p = 4208 \text{ J/kg K}$ y $k = 0.676 \text{ W/m K}$
- c) Aire a 20°C y 1 bar: $R = 287 \text{ J/kg K}$, $\nu = 1.563 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $C_p = 1005 \text{ J/kg K}$ y $k = 0.02624 \text{ W/m K}$

$$\mu = \frac{1.46 \times 10^{-6} T^{3/2}}{(110 + T)} \text{ kg/m s}$$

- d) Aire a 100°C:

$C_p = 0.917 + 2.58 \times 10^{-4} T - 3.98 \times 10^{-8} T^2 \text{ kJ / kg K}$ (Donde T es la temperatura absoluta en K) y $k = 0.03186 \text{ W/m K}$.

- e) Mercurio a 20°C: $\mu = 1520 \times 10^{-6} \text{ kg/m s}$, $C_p = 0.139 \text{ kJ/kg K}$ y $k = 0.0081 \text{ kW/m K}$
- f) Sodio Líquido en 400 K: $\mu = 420 \times 10^{-6} \text{ kg/m s}$, $C_p = 1369 \text{ J/kg K}$ y $k = 86 \text{ W/m K}$
- g) Aceite de motor a 60°C: $\mu = 8.36 \times 10^{-2} \text{ kg/m s}$, $C_p = 2035 \text{ J/kg K}$ y $k = 0.141 \text{ W/m K}$

Adaptado de Bird, R.; Stewart, W. & Lightfoot, E. (2002). *Transport Phenomena*. (Second Edition). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

REYNOLDS

- a) A 10 m (longitud de la línea de agua) largo yate navegando en 13 km/h en agua de mar $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ y $\mu = 1.3 \times 10^{-3} \text{ kg/m s}$,
- b) Un disco compresor de radio 0.3 m girando en 15000 rev/min en el aire a 5 bar y 400°C y

$$\mu = \frac{1.46 \times 10^{-6} T^{3/2}}{(110 + T)} \text{ kg/m s}$$

- c) 0.05 kg/s de gas de dióxido de carbono en 400 K fluyendo en 20 mm tubo de diámetro. Para la

$$\mu = \frac{1.56 \times 10^{-6} T^{3/2}}{(233 + T)} \text{ kg/m s}$$

viscosidad tomar

- d) El techo de un autocar de 6 m de largo, viajando a 100 km/hr en aire ($\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ y $\mu = 1.8 \times 10^{-5} \text{ kg/m s}$)
- e) El flujo de gases de escape ($\rho = 1.1 \text{ bar}$, $T = 500^\circ\text{C}$, $R = 287 \text{ J/kg K}$ y $\mu = 3.56 \times 10^{-5} \text{ kg/m s}$) sobre una válvula guía de diámetro 10 mm en 1.6 litros, motor de cuatro tiempos de cuatro cilindros funcionando en 3000 rev/min (asumir 100% eficiencia volumétrica y densidad de entrada de 1.2 kg/m^3 y un diámetro del orificio de escape de 25 mm)

Adaptado de Bird, R.; Stewart, W. & Lightfoot, E. (2002). *Transport Phenomena*. (Second Edition). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

NUSSELT

- a) Un flujo de gas ($Pr = 0.71$, $\mu = 4.63 \times 10^{-5} \text{ kg/m s}$ y $C_p = 1175 \text{ J/kg K}$) sobre una pala de turbina de longitud de cuerda de 20 mm, donde el coeficiente de transferencia de calor promedio es $1000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.
- b) Un componente electrónico horizontal con una temperatura superficial de 35°C , 5 mm de ancho y 10 mm de largo, disipando 0.1 W por convección libre de un lado al aire donde la temperatura es 20°C y $k = 0.026 \text{ W/m K}$.
- c) Un radiador de calefacción central de 1 kW de 1.5 m de largo y 0.6 m de altura con una temperatura superficial de 80°C que disipa el calor por radiación y convección en una habitación a 20°C ($k = 0.026 \text{ W/m K}$ asume la radiación del cuerpo negro y $\sigma = 56.7 \times 10^{-9} \text{ W/m K}^4$)
- d) Aire a 4°C ($k = 0.024 \text{ W/m K}$) junto a una pared de 3 m de alto y 0.15 m de espesor hecha de ladrillo con $k = 0.3 \text{ W/m K}$, la temperatura interior de la pared es de 18°C , la temperatura de la pared exterior es de 12°C

Adaptado de Bird, R.; Stewart, W. & Lightfoot, E. (2002). *Transport Phenomena*. (Second Edition). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

4. Al menos en un caso de cada apartado, realizar la simplificación de las unidades para verificar que queda un número adimensional.
5. Retomar el ejemplo sobre Deshielar el parabrisas, pero ahora cambia:
 - a) Los valores de las temperaturas y;
 - b) El espesor del parabrisas

Tema: CONVECCIÓN FORZADA

Actividades:

1. Resolver el ejercicio.

Una esfera de acero inoxidable ($\rho = 8055 \text{ Kg/m}^3$ $C_p = 480 \text{ J/Kg C}$) de 25 cm de diámetro es sacada de un horno a 300 C y se coloca en una corriente de aire a 1 atm de presión y a 25 C fluyendo a 3 m/s. Calcular el coeficiente de transporte de calor por convección h y determine usando la suposición de gradiente cero, cuánto tiempo requiere la esfera para alcanzar una temperatura de 200 °C.

Utilice los siguientes valores para el aire:

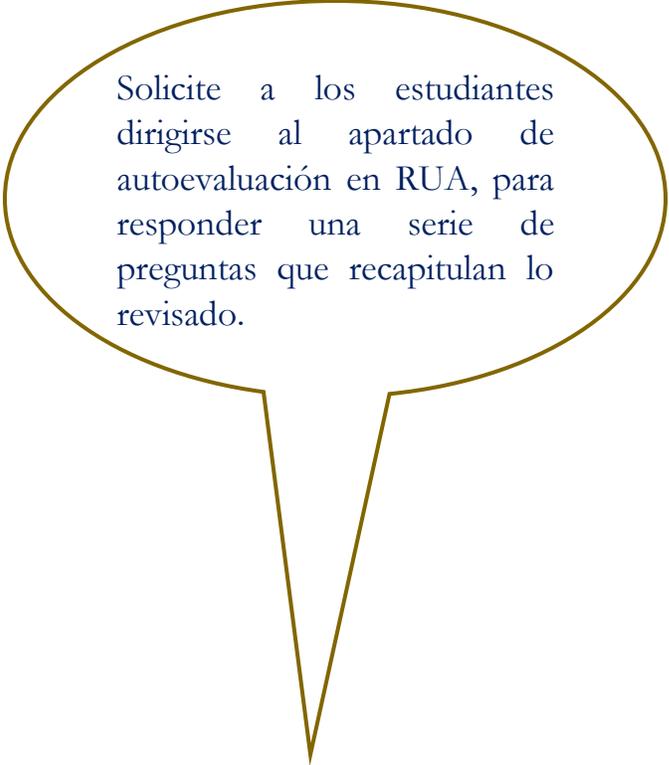
$$K = .02551 \text{ W/m C}$$

$$\nu = 1.562 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\mu = 1.849 \times 10^{-5} \text{ Kg/m-s}$$

$$\text{Pr} = 0.7296$$

Finalmente, haga mención de los principales temas que se abordaron de la lección interactiva a modo de síntesis y atienda las dudas que expongan los estudiantes.



Solicite a los estudiantes dirigirse al apartado de autoevaluación en RUA, para responder una serie de preguntas que recapitulan lo revisado.

**Técnicas de
enseñanza y
aprendizaje**

Expositiva

Cuestionamiento

Ejercicios

Diálogo

Uso de simulador

Uso de Excel



Bibliografía

- [1] Bird, R.; Stewart, W. & Lightfoot, E. (2002). *Transport Phenomena*. (Second Edition). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Bird, R. B.; Stewart, W. E & Lightfoot, E. N. (2006). *Fenómenos de transporte*. (2 ed.). México: Reverté ediciones, S.A. DE C.V.
- [3] Kreith F.; Manglik R. & Bohn, M. (2012). *Principios de transferencia de calor*. México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.

