

# FENÓMENOS DE TRANSPORTE EN MATERIALES

## DATOS GENERALES

Tipo de crédito	Tipo de asignatura	Idioma de impartición	Modalidad de impartición
Obligatoria de Maestría en orientación Metalurgia	Curso	Español	Presencial

## CRÉDITOS

De acuerdo con la propuesta curricular, los datos escolares de la asignatura son:

Semestre	Número de semanas	Horas presenciales de teoría por semana	Horas presenciales de práctica por semana	Horas de trabajo autónomo del estudiante por semana	Total de créditos (RGEP)
2	16	4	0	4	8

## OBJETIVO GENERAL DE APRENDIZAJE

Que el alumno conozca las leyes cinéticas fundamentales que gobiernan los mecanismos de transferencia de materia, energía calorífica y momento, fenómenos que están asociados a muchos procesos de Ingeniería Metalúrgica e Ingeniería de Materiales.

## COMPETENCIAS PROFESIONALES A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Esta asignatura contribuye de manera directa al logro de las siguientes competencias profesionales del perfil de egreso del programa:

Competencia	Descripción de la competencia
Dominio de su área o disciplina	El alumno adquirirá conocimientos requeridos para el análisis de problemas de transporte de masa y de calor.
Desarrollo del pensamiento analítico	El alumno desarrollará la habilidad para analizar la física de transporte de masa y calor a partir de las leyes de conservación, traducirlo a su formulación matemática y resolverlo.
Capacidad para aplicar conocimientos en matemáticas, ciencia e ingeniería para la solución de problemas	El alumno desarrollará la habilidad de aplicar los conocimientos de matemáticas, física, e ingeniería para la formulación y traducción de los problemas de transporte para resolverlo.

## PLANEACIÓN DIDÁCTICA GENERAL

A continuación, se describe la planeación general del proceso de aprendizaje:



No.	Nombre de la Unidad o Fase	Resultados de aprendizaje específicos	Metodologías y actividades de enseñanza-aprendizaje
1	<p><b>Parte 1: TRANSPORTE DE MATERIA Y MOMENTO (32 Hrs)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Mecanismo de transporte               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Fundamento de transporte molecular.</li> <li>1.2 Ley de Newton de la viscosidad y tensor de flux de CM</li> <li>1.3 Ley de Fourier de la conducción de calor y vector combinado de energía.</li> <li>1.4 Ley de Fick y vector combinado de materia.</li> </ol> </li> <li>2 Resolución sistemática de sistemas de transporte.               <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Fundamento de transporte molecular.</li> <li>2.2 El método de la envoltente, balances de momento, energía y masa.</li> <li>2.3 Ecuación de continuidad y derivada material.</li> <li>2.4 Ecuación de movimiento: Ec. Navier-Stokes.</li> <li>2.5 Ecuación de continuidad para multicomponentes y La Segunda Ley de Fick.</li> <li>2.6 Análisis e identificación de los procesos incluidos en los términos de las ecuaciones de variación.</li> <li>2.7 Ejemplos y resolución por analogías matemáticas.</li> </ol> </li> <li>3 Difusión en estado sólido.               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Defectos en sólidos cristalinos.</li> <li>3.2 Factores que afectan la rapidez de difusión.</li> <li>3.3 Mecanismos y tipos de difusión.</li> <li>3.4 Difusión activada térmicamente.</li> <li>3.5 Difusión en sólidos semi-infinitos.</li> <li>3.6 Ecuación de Wagner.</li> <li>3.7 Efecto de Kirkendall.</li> <li>3.8 Análisis de Darken.</li> <li>3.9 Ecuaciones fenomenológicas.</li> <li>3.10 Solución de Problemas.</li> </ol> </li> <li>4 Aplicaciones de difusión en estado sólido               <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 Tratamientos termoquímicos.</li> <li>4.2 Transformaciones de fase en sistemas metálicos.</li> <li>4.3 Termofluencia.</li> <li>4.4 Procesos difusivos en el procesamiento de aceros avanzados de alta resistencia para uso automotriz.</li> <li>4.5 Procesos difusivos en el procesamiento de materiales compuestos de matriz de aluminio para uso automotriz.</li> <li>4.6 Procesos difusivos en el procesamiento de aceros eléctricos empleados para la</li> </ol> </li> </ol>	<p>Que conozca la formulación básica de las leyes de conservación de masa, momento y energía, y su aplicación, enfocándose en particular al transporte e intercambio de masa y que tenga la capacidad de analizar y resolver problemas en la práctica de la metalurgia e ingeniería de materiales.</p>	<p>Exposición de temas en clase por parte del profesor, lectura de bibliografía por el estudiante, ejercicios y tareas.</p>



	<p>fabricación de núcleos de motores eléctricos.</p> <p>4.7 Estimaciones empíricas de coeficientes de difusión.</p> <p>4.8 Solución de problemas.</p> <p>5 Sendas de Alta difusividad</p> <p>5.1 Observaciones experimentales.</p> <p>5.2 Dislocaciones, análisis de difusión en límite de grano y efectos de tamaño de grano.</p> <p>5.3 Difusión a lo largo de interfaces en avance.</p> <p>5.4 Difusión superficial y cambio de forma.</p> <p>5.5 Mecanismos de difusión superficial.</p> <p>6 Defectos y Difusión en Compuestos ordenados.</p> <p>6.1 Defectos puntuales en compuestos intermetálicos.</p> <p>6.2 Mecanismos de difusión en intermetálicos ordenados</p> <p>6.3 Difusión en compuestos intermetálicos.</p>		
2	<p><b>Parte 2: TRANSPORTE DE ENERGÍA (32 Hrs)</b></p> <p>1 Fundamentos de Transporte de Calor</p> <p>1.1 Flujo y densidad de flujo de calor.</p> <p>1.2 Mecanismos de transporte de calor.</p> <p>1.2.1 Conducción</p> <p>1.2.2 Convección</p> <p>1.2.3 Radiación</p> <p>1.2.4 Transferencia en capa pelicular.</p> <p>1.3 Balance de calor en Volumen de Control (Ecuación integral de Calor).</p> <p>1.4 Ecuación Diferencial de Calor.</p> <p>1.5 Condiciones de frontera.</p> <p>1.6 Parámetros adimensionales.</p> <p>1.7 Introducción a las relaciones empíricas para transferencia en capa pelicular.</p> <p>1.8 Revisión de métodos de solución.</p> <p>2 Transporte de Calor Estacionario y Uni-Dimensional</p> <p>2.1 Concepto de conductancia y resistencia.</p> <p>2.2 Pared plana.</p> <p>2.3 Paredes compuestas.</p> <p>2.4 Pared cilíndrica.</p> <p>2.5 Pared esférica.</p> <p>2.6 Pared con generación de calor.</p> <p>2.7 Transferencia en superficies extendidas (aletas).</p> <p>3 Conducción en Estado Transitorio</p> <p>3.1 Método de la resistencia interna despreciable.</p> <p>3.2 Separación de variables.</p> <p>3.3 Pared plana con transferencia.</p> <p>3.4 Sistemas radiales con transferencia.</p> <p>3.5 Sólido semi-infinito.</p>	<p>Que conozca la formulación básica de las leyes de conservación de masa, momento y energía, y su aplicación, enfocándose en particular al transporte e intercambio de calor y que tenga la capacidad de analizar y resolver problemas en la práctica de la metalurgia e ingeniería de materiales.</p>	<p>Exposición de temas en clase por parte del profesor, lectura de bibliografía por el estudiante, ejercicios y tareas.</p>



<p>3.6 Efectos multidimensionales.</p> <p>4 Ecuaciones gobernantes de convección en capa límite</p> <p>4.1 Introducción al mecanismo de transferencia de calor por convección.</p> <p>4.2 Ecuación de continuidad.</p> <p>4.3 Ecuación de conservación de cantidad de movimiento para la capa límite.</p> <p>4.4 Ecuación de la energía para la capa límite.</p> <p>4.5 Similitud de capa límite viscoso, térmico y de difusión.</p> <p>4.6 Capa límite de velocidad en placa plana: Solución de Blasius.</p> <p>4.7 Capa límite térmica: Solución de Pohlhausen.</p> <p>4.8 Fricción y transferencia de calor.</p> <p>4.9 Convección con flujo completamente desarrollado en tuberías y ductos.</p> <p>4.10 Flujo en la región de entrada de tuberías y ductos.</p> <p>4.11 Flujo laminar y turbulento.</p> <p>4.12 Correlaciones de transferencia de calor para convección forzada en tubos y sobre objetos sumergidos.</p> <p>5 Casos especiales de transferencia de calor</p> <p>5.1 Convección natural o libre: Aproximación de Boussinesq.</p> <p>5.2 Convección natural en superficie horizontal y vertical.</p> <p>5.3 Correlaciones de transferencia de calor para convección natural y combinada.</p> <p>5.4 Transferencia en presencia de ebullición y condensación.</p> <p>5.5 Transferencia de calor en presencia de solidificación, fusión o cambios de fase.</p> <p>6 Transferencia de calor por radiación</p> <p>6.1 Conceptos fundamentales.</p> <p>6.2 -Intensidad de radiación.</p> <p>6.3 Radiación de cuerpo negro.</p> <p>6.4 Emisión de superficies reales.</p> <p>6.5 Absorción, reflexión y transmisión de superficies reales.</p> <p>6.6 Ley de Kirchhoff.</p> <p>6.7 La superficie gris.</p> <p>6.8 Radiación ambiental.</p> <p>6.9 Factores de Vista.</p> <p>6.10 Intercambio de radiación entre cuerpos negros.</p> <p>6.11 Intercambio de radiación entre cuerpo grises en una cavidad.</p> <p>6.12 Transferencia de calor multimodo.</p>		
---	--	--

6.13 Intercambio de calor con medios participativos.		
--	--	--

## EVALUACIÓN

A continuación, se muestra las condiciones de las evaluaciones parciales.

No.	Momento de evaluación	Método de evaluación y valor para la evaluación parcial	Ponderación para evaluación final
1	Semanas 4, 8, 12, 16	• Cuatro exámenes parciales.	80%
2	Semanas 1 a 16	• Tareas a lo largo del curso.	20%

## RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS Y DIGITALES

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Geiger, G. H. and Poirier, D. R., Transport Phenomena in Materials. Adison-Wesley Publishing Co. (1973).
- Szekely, J., Fenómenos de Flujo de Fluidos en Procesamiento de Metales, Limusa, (1988).
- Incropera, F.P. y DeWitt D.P., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, John Wiley and Sons, cuarta edición, 1993.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Harshad K. D. H. Bhadeshia. Theory of Transformations in Steels. Chapter 3: Diffusion. CRC Press. Boca Raton, FL, 2021.
- Nestor Perez. Diffusional Phase transformations in: Metals; Mathematics, Theory and Practice. Springer, Switzerland, 2020.
- Zainul Huda Chapter 4. Diffusion and applications in: Metallurgy for Physicists and Engineers. Talyor and Francis Group, 2020.
- A. Paul, S. Divinski. Handbook of Solid-State Diffusion: Volume 1: Diffusion Fundamentals and Techniques, Elsevier Science, 2017.
- Alope Paul, Tomi Laurila, Vesa Vuorinen, Sergiy V. Divinski, Thermodynamics, Difusion and the Kirkendall Effect in Solids, Springer, Switzerland, 2014.
- Graeme Murch, Andreas Ochsner, and Irina Belova. Diffusion in Advanced Materials. Trans. Tech. Publications, Switzerland, 2014.
- Jiji L.M., Heat Convection, Springer, 2009

### RECURSOS DIGITALES

Bibliotecas digitales de la UASLP con acceso a bases de datos científicas.

## REQUISITOS PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Para poder cursar esta asignatura, es necesario:

- No hay ningún requisito indispensable.

## INTEROPERABILIDAD

Esta asignatura no es compartida con otros programas de posgrado

## OTRAS FORMAS DE ACREDITACIÓN

- Esta asignatura puede ser acreditada a través de la presentación de un documento probatorio que certifique que el estudiante ya cuenta con los aprendizajes necesarios: **No**
- Esta asignatura puede ser acreditada a través de un examen que certifique que el estudiante ya cuenta con los aprendizajes necesarios: **No**

## MÁXIMO Y MÍNIMO DE ESTUDIANTES POR GRUPO

- Máximo de estudiantes por grupo para garantizar viabilidad académica, pedagógica y financiera: 20
- Mínimo de estudiantes por grupo para garantizar viabilidad académica, pedagógica y financiera: 1

## ELABORADORES Y REVISORES

- **Elaboró:** Dr. Dirk Frederik de Lange
- **Revisó:**
- **Fecha última de Revisión Curricular:** Septiembre 2022