



Guía docente 220111 - TT - Termotecnia

Última modificación: 19/04/2023

Unidad responsable: Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa
Unidad que imparte: 724 - MMT - Departamento de Máquinas y Motores Térmicos.

Titulación: GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (Plan 2010). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2023 **Créditos ECTS:** 6.0 **Idiomas:** Catalán, Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: Castro Gonzalez, Jesus

Otros: Carles David Pérez Segarra
Oliva Llena, Asensio

CAPACIDADES PREVIAS

Conocimientos básicos de los primeros cursos de carrera: matemáticas (especialmente cálculo diferencial e integral), física, mecánica de los medios continuos, mecánica de fluidos, termodinámica.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

CE20-GRETI. Conocimientos aplicados de ingeniería térmica. (Módulo de tecnología específica)

METODOLOGÍAS DOCENTES

El lenguaje preferente en las clases será el catalán. El castellano también es utilizado.

Se presenta de forma secuencial las diferentes formas de transferencia de calor: conducción y radiación, y se centra después del análisis en los fenómenos de convección. Por cada una de ellas se comienza con un planteamiento riguroso de las ecuaciones básicas que describen estos fenómenos (e.g. ecuaciones de Navier-Stokes en la convección). La deducción y comentarios de estas ecuaciones básicas se realiza poniendo un énfasis especial en el sentido físico de cada uno de los términos. A partir de la formulación matemática básica se presentan diferentes metodologías de resolución (analíticas y numéricas). El último módulo pretende ser una síntesis de los módulos anteriores para situaciones de interés en ingeniería industrial.

La asignatura se organiza en:

- 1.- Clases en grupos grandes. En estos tipos de grupos se desarrollan las clases de teoría, parte de las clases de problemas y las evaluaciones correspondientes. Se utilizará el modelo expositivo que el profesor crea más conveniente para alcanzar los objetivos que se han fijado en la asignatura.
- 2.- Clases en grupos medianos y pequeños. En estas clases, siempre que la disponibilidad de profesorado lo permita, se desarrollan sesiones de problemas por parte del profesor o bien los propuestos por los alumnos por su resolución y que forman parte del aprendizaje autónomo. Siempre que se crea oportuno se podrá hacer alguna actividad dirigida.

La plataforma ATENEA se podrá utilizar como herramienta de apoyo en los dos tipos de clases que se han descrito. Se utilizará como transmisor y comunicador con los alumnos.



OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Formación básica, en un primer nivel, en transferencia de calor por conducción, convección y radiación: aspectos fenomenológicos, formulación matemática (leyes básicas de conservación y leyes constitutivas) y técnicas de resolución analítica y numérica.

Introducción en temáticas de aplicación tecnológica con el fin de consolidar la formación básica y de dar unas primeras bases de cálculo y diseño de sistemas y equipos térmicos con el fin de aumentar su eficiencia energética y de reducir el impacto ambiental. Se presentarán ejemplos relacionados con los campos de los intercambiadores de calor, captadores solares, balance de cargas térmicas en salas y edificios, refrigeración de componentes eléctricos y electrónicos.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

| Tipo | Horas | Porcentaje |
|----------------------------|-------|------------|
| Horas grupo grande | 46,0 | 30.67 |
| Horas grupo mediano | 14,0 | 9.33 |
| Horas aprendizaje autónomo | 90,0 | 60.00 |

Dedicación total: 150 h

CONTENIDOS

Módulo 1: Introducción Transferencia de calor por conducción

Descripción:

Tema 1. Introducción. Interés y motivación. Descripción de las fenomenologías básicas (conducción, convección, radiación).

Ejemplos de aplicación industrial y social.

Tema 2. Transferencia de calor por conducción. Formulación de la ecuación de la transferencia de calor por conducción (Ecuación de la energía + ley de Fourier) en forma integral y diferencial. Condiciones iniciales y de contorno.

Tema 3. Análisis de casos de resolución analítica en régimen permanente: transferencia de calor en placas, cilindros, esferas, paredes compuestas, aletas, etc.

Tema 4. Análisis de casos de resolución analítica en régimen transitorio: transferencia de calor en placas, cilindros y esferas. Extensión al caso de situaciones bidimensionales y tridimensionales.

Tema 5. Introducción a los métodos numéricos en transferencia de calor: planteamiento básico; discretización de las ecuaciones; resolución de grandes sistemas de ecuaciones algebraicas; ejemplos de aplicaciones en situaciones multidimensionales y análisis de transitorios.

Objetivos específicos:

Ley de Fourier, razonarla. Qué es y qué representa la conductividad térmica. Deducir - razonar las unidades en que viene dada. Relacionar el flujo de calor en diferentes direcciones espaciales x y y .

Saber y deducir la ecuación diferencial de la conducción de calor en distintas referencias (coordenadas Cartesianas, cilíndricas, esféricas), en transitorio, con propiedades físicas variables, con fuentes internas ...

Entender qué es la ecuación de Newton de la convección, su relación con la conducción de calor en la última capa de fluido en contacto con el contorno, ...

Saber resolver la conducción en casos unidimensionales y permanentes (placas, paredes cilíndricas, ...), casos unidimensionales con fuentes internas (placas, cilindros, barras). Concepto del radio - diámetro crítico. Saber hacer los ejercicios / casos realizados en clase y los propuestos sobre paredes planas, cilíndricas, barras ... Con "n" capas de materiales, con o sin fuentes internas, ...

Entender bien la teoría de aletas, las hipótesis que conlleva, la deducción de la ecuación diferencial para diferentes geometrías de aletas (sección transversal rectangular, aletas cilíndricas, aletas de sección variable en x , ...). Casos de aletas con propiedades físicas variables. Recordar las formas de considerar las condiciones de contorno en una aleta en voladizo. Saber resolver aquellos casos de aletas que tienen solución analítica: aleta empotrada en dos paredes que separan tres fluidos; estructuras aleteadas formadas por cruces de aletas, ...

Saber resolver los problemas transitorios que tienen solución analítica (placas, cilindros - barras, paralelepípedo, cilindro finito).

Recordar el planteamiento adimensionalizado de las ecuaciones con el número de Biot y de Fourier (No es necesario aprender fórmulas de memoria) y saber resolver los problemas propuestos con solución numérica dada a clase.

Saber cómo se resuelve numéricamente por el método de Euler o similares una ecuación diferencial ordinaria.

Entender bien los métodos numéricos de volúmenes finitos y diferencias finitas, sabiendo explicarlos sobre casos concretos (Una aleta, un dominio rectangular, un dominio pared - aleta, ...) tanto en situaciones permanentes como transitorias, y con propiedades físicas constantes o variables. Hay que saber discretizar el dominio, hacer los balances y comentar el algoritmo de resolución. Conocer los métodos de Gauss - Seidel, el TDMA o de Thomas, el Gauss - Seidel soportado con el TDMA.

Actividades vinculadas:

Clases de teoría, problemas y trabajo de curso.

Dedicación: 40h

Grupo grande/Teoría: 17h

Grupo mediano/Prácticas: 3h

Aprendizaje autónomo: 20h



Módulo 2: Transferencia de calor por convección

Descripción:

Tema 6. Introducción. Tipos de flujos y tipos de convección. Deducción de las ecuaciones básicas de conservación en forma diferencial (ecuaciones de Navier-Stokes). Planteamiento general del problema y condiciones iniciales y de contorno. Breve introducción al análisis de flujos turbulentos.

Tema 7. Convección forzada. Flujos externos y flujos internos en régimen laminar y turbulento. Análisis adimensional: obtención de los grupos característicos. Ejercicios de aplicación.

Tema 8. Convección natural. Flujos externos y flujos internos en régimen laminar y turbulento. Análisis adimensional: obtención de los grupos característicos. Ejercicios de aplicación.

Tema 9. Técnicas de resolución numérica en casos unidimensionales permanentes o transitorios. Acoplamiento con los elementos sólidos.

Objetivos específicos:

Formulación integral de la convección (ecuaciones de conservación de la masa, cantidad de movimiento y energía).

Deducción de las ecuaciones de la convección en forma diferencial (ecuaciones de Navier-Stokes).

Análisis dimensional. Utilidad de esta técnica y procedimiento de obtención de los grupos característicos en casos de convección forzada y de convección natural (o libre).

Justificación de las correlaciones utilizadas para calcular los coeficientes superficiales de transferencia de calor en convección forzada y natural. Metodología de cálculo de coeficientes superficiales de transferencia de calor. Repasar casos de convección forzada (flujo en placa isoterma, flujo exterior en un tubo y en banco de tubos-sin y con paredes limitantes -, flujo en el interior de tubos, ...) y convección natural (flujo en cavidades, flujo libre en cilindros horizontales, cilindro vertical, placa vertical, ...).

Actividades vinculadas:

Clases de teoría, problemas y trabajo de curso.

Dedicación: 38h

Grupo grande/Teoría: 16h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 20h

Módulo 3: Transferencia de calor por radiación

Descripción:

Tema 10. Introducción. Leyes básicas. Deducción de la ecuación integro-diferencial de la transferencia de calor por radiación. Propiedades radiantes. Planteamiento general del problema y condiciones de contorno.

Tema 11. Transferencia de calor por radiación en medios no participantes a la radiación. Caso de superficies grises y difusas: factores de vista y método de las radiosidades. Ejemplos de aplicación.

Tema 12. Introducción a la transferencia de calor en medios transparentes a la radiación.

Objetivos específicos:

Conceptos básicos de radiación: flujo de partículas (fotones) vs. ondas electromagnéticas. ¿Qué es la intensidad radiante específica y entender su carácter espectral y direccional. Concepto de absorptividad, reflectividad y transmisividad direccional y espectral. Cuerpo negro e intensidad radiante específica del mismo. Concepto de emisividad. Ley de Kirchoff de la radiación.

Hipótesis usuales: superficie opaca, gris y difusa. Medio transparente a la radiación. Concepto de factor de vista, las sus propiedades y su cálculo. Ejemplos de su evaluación en situaciones tridimensionales y en situaciones bidimensionales (aplicación del teorema de Hottel). Concepto de radiosidad y de irradiación. Formulación para superficies grises y difusas (evitar aprender de memoria las fórmulas, muy importante que quede claro el concepto físico de cada término).

Evaluación del calor neto de radiación. Aplicación a la resolución de problemas diversos.

Actividades vinculadas:

Clases de teoría, problemas y trabajo de curso.

Dedicación: 22h

Grupo grande/Teoría: 8h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 12h



Módulo 4: Problemas combinados

Descripción:

Tema 13. Problemas que se presenten de forma combinada mecanismos de transferencia de calor por conducción, convección y radiación. Realización de ejercicios con posible aplicación a campos de interés industrial (intercambiadores de calor, sistemas activos de aprovechamiento de energía solar - captadores solares -; sistemas pasivos de aprovechamiento de la energía solar; balance de cargas térmicas en salas y edificios, etc.)

Objetivos específicos:

Problemas combinados (conducción + convección + radiación). Muy importante los casos realizados en clase: pared vertical compuesta que separa dos fluidos; intercambiador de doble tubo; invernadero; ... Prestar atención a los diferentes niveles de simulación (analítico, numérico unidimensional o multidimensional, formulación en régimen permanente o transitorio, etc.). En el caso de resolución utilizando métodos analíticos preste atención a la formulación de las ecuaciones y los algoritmos de resolución del sistema de ecuaciones resultante.

En el caso de resolución numérica y el tratamiento de los fluidos debe tenerse muy presente el método tramo a tramo por la obtención del mapa de velocidades, presiones y temperaturas. El análisis de la conducción se realiza utilizando técnicas de volúmenes finitos y de acuerdo con las explicaciones realizadas en el tema de la conducción. La formulación de la radiación se hará de acuerdo con el método de las radiosidades.

Una vez las ecuaciones discretas se han escrito y los coeficientes empíricos (coeficientes de transferencia de calor y rozamiento) y factores de vista se han evaluado, hay que tener claro cual es la resolución del sistema de ecuaciones discretas que se obtiene en base a los algoritmos globales de resolución explicados tanto por los casos de régimen permanente como transitorio.

Actividades vinculadas:

Clases de problemas y trabajo de curso.

Dedicación: 51h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo mediano/Prácticas: 8h

Aprendizaje autónomo: 38h

ACTIVIDADES

CLASES DE TEORÍA

Descripción:

Metodología en grupo grande.

Exposición de los contenidos de la asignatura siguiendo un modelo de clase expositiva y participativa.

La materia de la asignatura se ha organizado en 4 áreas temáticas o temas.

En esta clase se resuelven problemas con todo el grupo

Objetivos específicos:

Al finalizar esta actividad, el alumno debe ser capaz de dominar los conocimientos adquiridos, consolidarlos y aplicarlos correctamente a diferentes problemas técnicos. Además, siendo la Termodinámica una asignatura tecnocientífica, las clases de teoría deben servir de base para el desarrollo de otras asignaturas más técnicas del ámbito térmico relacionadas con la Termodinámica, como Refrigeración, Motores Térmicos o Energía Solar.

Material:

Bibliografía básica.

Apuntes del profesor (reprografía y/o Atenea).

Entregable:

Esta actividad se evalúa conjuntamente con la actividad 2 (problemas) mediante un primer examen parcial y un segundo examen final.

Dedicación: 65h

Grupo grande/Teoría: 25h

Aprendizaje autónomo: 40h



CLASES DE PROBLEMAS

Descripción:

Metodología de grupo grande y grupo medio, siempre que la disponibilidad de profesorado lo permita.

De cada uno de los temas, se realizarán unos problemas en clase para que los alumnos adquiera las pautas necesarias para llevar a cabo esta resolución: hipótesis simplificadoras, planteamiento, resolución numérica, discusión de los resultados.

Objetivos específicos:

Al finalizar esta actividad, el alumno debe ser capaz de aplicar los conocimientos teóricos a la resolución de diferentes tipos de problemas. Atendiendo a la metodología el alumno debe ser capaz de:

1. - Entender el enunciado y analizar el problema.
2. - Plantear y desarrollar un esquema de resolución del mismo.
3. - Resolver el problema usando las ecuaciones planteadas, con un adecuado algoritmo de resolución.
4. - Interpretar críticamente los resultados.

Material:

Bibliografía básica.

Apuntes del profesor (reprografía y/o Atenea).

Entregable:

Esta actividad se evalúa conjuntamente con la actividad 1 (teoría) mediante un examen parcial y un examen final.

Dedicación: 75h

Grupo grande/Teoría: 21h

Grupo mediano/Prácticas: 14h

Aprendizaje autónomo: 40h

TRABAJO DE CURSO

Dedicación: 10h

Aprendizaje autónomo: 10h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Prueba parcial de control. Ponderación: 10% de la nota final.

Examen final. Ponderación: 50% de la nota final.

En el caso que la nota del examen parcial sea inferior a 5, habrá al final del curso la posibilidad de reconducir esta nota. La aplicación de la reconducción sustituirá a la calificación inicial siempre que esta sea superior y con un máximo de 5 puntos. Este examen se realizará el día fijado en el calendario académico para el examen final.

La correcta presentación y defensa de la práctica numérica voluntaria permitirá incrementar la nota final obtenida por el estudiante siempre que esta sea superior a 5.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Los exámenes consistirán en cuestiones teóricas y ejercicios prácticos/problemas. En el examen no se puede utilizar ningún tipo de información excepto el material/formulario facilitado por el profesorado. No se permite el uso de móviles, smartwatch o aparatos similares. Tampoco se permite el uso de calculadoras programables ni ordenadores.



BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Holman, J. P. Transferencia de calor. México: Compañía Editorial Continental, 1986. ISBN 9682606497.
- Chapman, A. J. Transmisión del calor. 3ª ed. Madrid: Bellisco, 1990. ISBN 8485198425.
- Incropera, F. P.; DeWitt, D. P. Fundamentos de transferencia de calor. 4ª ed. México: Prentice Hall, 1999. ISBN 9701701704.
- Isachenko, V. P.; Osipova, V.; Sukomel, A. Transmisión de calor. Barcelona: Marcombo-Boixareu, 1973. ISBN 8426702392.
- Mills, A. F. Transferencia de calor. México: Irwin, 1995. ISBN 8480861940.
- Kreith, F.; Bohn, M. S. Principios de transferencia de calor. 6ª ed. Madrid: International Thomson, 2002. ISBN 8497320611.
- Lienhard IV, J. H.; Lienhard V, J. H. A heat transfer textbook [en línea]. 3rd ed. Cambridge: Phlogiston Press, 2003 [Consulta: 14/05/2020]. Disponible a: <http://web.mit.edu/lienhard/www/ahtt.html>.
- Çengel, Y.A. Heat and mass transfer: a practical approach. 3rd ed. Boston: McGraw-Hill, 2007. ISBN 0073129305.
- Welty, J. R.; Wicks, C. E.; Wilson, R. E. Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa. 2ª ed. México: Limusa, 1999. ISBN 9681858964.

Complementaria:

- Wong, H. Y. Handbook of essential formulae and data on heat transfer for engineers. New York: Longman, 1977. ISBN 0582460506.
- Rohsenow, W. M.; Hartnett, J. P.; Cho, Y. I. Handbook of heat transfer. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1998. ISBN 0070535558.
- Eckert, E. R. G.; Drake, R. M. Heat and mass transfer. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1959.
- Patankar, S. V. Numerical heat transfer and fluid flow [en línea]. New York: McGraw-Hill, 1980 [Consulta: 16/11/2022]. Disponible a :
<https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/9781482234213/numerical-heat-transfer-fluid-flow-suhas-patankar>. ISBN 9780891165224.

RECURSOS

Material audiovisual:

- Apunts realitzats pel professorat de l'assignatura

Otros recursos:

- Apuntes realizados por el profesorado de la asignatura.