



Guia docent

220026 - DGTCM - Dinàmica de Gasos i Transferència de Calor i Massa

Última modificació: 17/07/2024

Unitat responsable: Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Unitat que imparteix: 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA EN TECNOLOGIES AEROESPACIALS (Pla 2010). (Assignatura obligatòria).
GRAU EN ENGINYERIA EN VEHICLES AEROESPACIALS (Pla 2010). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2024

Crèdits ECTS: 6.0

Idiomes: Català

PROFESSORAT

Professorat responsable: Carlos David Pérez Segarra

Altres: Oliva Llena, Asensio
Trias Miquel, Francesc Xavier
Castro Gonzalez, Jesus
Balcázar Arciniega, Néstor Vinicio

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixements previs bàsics propis dels primers cursos de carrera: matemàtiques (especialment càlcul diferencial i integral), física, mecànica dels medis continus, mecànica de fluids, termodinàmica.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

1. GrETA/GrEVA - Coneixement adequat i aplicat a l'enginyeria de: els conceptes i les lleis que governen els processos de transferència d'energia, el moviment dels fluids, els mecanismes de transmissió de calor i el canvi de matèria i el seu paper en l'anàlisi dels principals sistemes de propulsió aeroespacials

METODOLOGIES DOCENTS

El llenguatge principal a les classes serà el català. El castellà també és utilitzat. L'idioma concret de cada classe/grup es pot consultar als horaris

Es presenta de forma seqüencial les diferents formes de transferència de calor: conducció i radiació, i es centra després l'anàlisi en els fenòmens de convecció i dinàmica de gasos. Per cada una d'elles es comença amb un plantejament rigorós de les equacions bàsiques que descriuen aquests fenòmens (e.g. equacions de Navier-Stokes en la convecció/dinàmica de gasos). La deducció i comentaris d'aquestes equacions bàsiques es realitza posant un èmfasi especial en el sentit físic de cadascun dels termes. A partir de la formulació matemàtica bàsica es presenten diferents metodologies de resolució (analítiques i numèriques). L'últim mòdul pretén ser una síntesi dels mòduls anteriors per a situacions d'interès a enginyeria aeronàutica.

L'assignatura s'organitza en:

1.- Classes en grups grans. En aquests tipus de grups es desenvolupen les classes de teoria, part de les classes de problemes i les avaluacions corresponents. S'utilitzarà el model expositiu que el professor cregui més convenient per assolir els objectius que s'han fixat a l'assignatura.

2.- Classes en grups mitjans i petits. En aquestes classes, sempre que la disponibilitat de professorat ho permeti, es desenvolupen sessions de problemes per part del professor o bé els proposats pels alumnes per la seva resolució i que formen part de l'aprenentatge autònom. Sempre que es cregui oportú es podrà fer alguna activitat dirigida.

La plataforma ATENEA es podrà utilitzar com a eina de suport en els dos tipus de classes que s'han descrit. S'utilitzarà com a transmissor i comunicador amb els alumnes.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- Formació bàsica en dinàmica de gasos i en transferència de calor i massa, tant en aspectes fenomenològics com de formulació matemàtica.
- Desenvolupament de mètodes de resolució, analítics i numèrics, de fenòmens de transferència de calor per conducció, convecció i radiació. Plantejament de la problemàtica de la convecció i dinàmica de gasos a diferents nivells: equacions de Navier-Stokes, models zonals de capes límits / zona viscosa, anàlisi unidimensional, etc.
- Presentació d'aplicacions diverses en el camp de l'aeronàutica: turbines, bescanviadors de calor, combustors, refrigeració de components elèctrics i electrònics, càrregues tèrmiques en cabines d'avions, flux en toveres i difusors, etc. Tot això amb la finalitat d'optimitzar aquests sistemes i equips tèrmics, incrementant la seva eficiència energètica i reduint el seu impacte ambiental.
- Contribuir a la consolidació d'aquells aspectes de la Termodinàmica i Mecànica de Fluids bàsics per la Transferència de Calor i Dinàmica de Gasos.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	46,0	30.67
Hores grup mitjà	14,0	9.33
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Mòdul 1: Introducció. Transferència de calor per conducció en sòlids

Descripció:

Tema 1. Introducció. Repàs del primer principi de la termodinàmica per sistemes oberts. Descripció de les diferents formes de transmissió de calor: conducció, convecció i radiació. Llei de Fourier. Definició del coeficient superficial de transferència de calor per convecció ("Llei de Newton"). Repàs de conceptes macroscòpics com pressió i temperatura (breu ullada al món molecular mitjançant la teoria cinètico-molecular). Rellevància de la dinàmica de gasos i de la transferència de calor i massa en enginyeria aeronàutica).

Tema 2. Caràcter vectorial del flux de calor. Llei constitutiva bàsica de la conducció: Llei de Fourier. Deducció de l'equació general de la transmissió de calor per conducció en sòlids (coordenades cartesianes, cilíndriques, esfèriques). Condicions inicials i de contorn.

Tema 3. Casos diversos de solució analítica: transmissió de calor per conducció en parets planes, cilíndriques, esfèriques. Casos de dos o més materials. Presència de generadors interns de la calor. Transmissió de calor per conducció en aletes. Transmissió de calor per conducció en règim transitori.

Tema 4. Metodologia general de resolució numèrica de la transmissió de calor per conducció en règim permanent: Mètode de volums finits. Discretització del domini i condicions de contorn. Resolució de sistemes d'equacions algebraïques lineals amb coeficients constants o variables. Algorisme global de resolució. Estratègies de verificació de codi i verificacions de solucions numèriques. Exemples diversos de resolució de casos 1D, 2D i 3D.

Tema 5. Extensió de la metodologia de resolució numèrica a casos transitoris. Mètodes explícits, implícits i de Crank-Nicolson. Algorisme global de resolució. Exemples diversos de resolució de casos 1D, 2D i 3D.

Objectius específics:

Concepte de flux de calor i el seu caràcter vectorial. Llei de Fourier. Deducció de l'equació general de la transmissió de calor per conducció. Resolució de casos amb solució analítica (permanents i transitoris). Anàlisi del cas particular d'aletes (flux de calor bidimensional amb hipòtesi de distribució unidimensional de temperatures). Introducció als mètodes numèrics de volums finits. Aplicació de casos generals (1D, 2D o 3D en règim permanent o transitori) de transmissió de calor per conducció.

Activitats vinculades:

Classes de teoria, problemes i treballs de simulació numèrica.

Dedicació: 40h

Grup gran/Teoria: 17h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Aprenentatge autònom: 20h



Mòdul 2: Transferència de calor per radiació

Descripció:

Radiació electromagnètica, conceptes bàsics. Radiació tèrmica. Intensitat radiant específica. Equació integro-diferencial de la radiació.

Radiació sobre superfícies; fenòmens de reflexió i absorció. Flux radiant sobre o des d'una superfície. Propietats radiants específiques, totals i/o hemiesfèriques (absortivitat, reflectivitat, transmissivitat). Radiació del cos negre: característiques bàsiques i potència emissiva. Concepte d'emissivitat. Llei de Kirchoff de la radiació. Superfícies no-negres. Propietats radiants de les superfícies reals.

Intercanvi radiant entre superfícies. Concepte de factor de vista per radiació difusa. Mètode de les radiositats per superfícies opaques, grises i difuses. Exercicis d'aplicació amb breu introducció a la radiació atmosfèrica i a l'energia solar.

Objectius específics:

Introducció a la transmissió de calor per radiació. Plantejament bàsic i aplicació a radiació entre superfícies opaques, grises i difuses en medis no participants. Introducció a l'energia solar i a la radiació atmosfèrica.

Activitats vinculades:

Classes de teoria, problemes i treballs de simulació numèrica.

Dedicació: 22h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 12h



Mòdul 3: Fenòmens de convecció. Dinàmica de gasos

Descripció:

Repàs de la formulació integral bàsica de la convecció: equacions de conservació de la massa, moment lineal, moment angular, i de l'energia. Segon principi de la termodinàmica. Exercicis d'aplicació.

Limitacions del tractament del contínuum. Repàs de les equacions constitutives bàsiques: llei de viscositat de Stokes i llei de Fourier. Deducció de la formulació diferencial: equacions de continuïtat, momentum, energia cinètica, energia total, energia tèrmica i transport d'entropia. Condicions de contorn i plantejament general de la formulació matemàtica en casos concrets. Flux laminar vs. flux turbulent. Validesa de les equacions de Navier-Stokes en la resolució de fluxos turbulents i presentació de casos il·lustratius de simulació directa (DNS).

Tractament estadístic de la turbulència: equacions de Reynolds. Problema de tancament de la turbulència. Breu introducció als models lineals de viscositat turbulenta de dues equacions (k- ϵ i k- ω).

Resolució zonal de fluxos mitjançant la divisió del domini en zona no viscosa i capes límits (hidrodinàmiques i tèrmiques). Equacions simplificades de Navier-Stokes per la zona viscosa (equacions d'Euler). Equacions simplificades de Navier-Stokes per les capes límits laminars (anàlisi d'ordre de magnitud). Acoblament de la zona no viscosa amb les capes límits (concepte de gruix de desplaçament). Solucions analítiques de les equacions de les capes límits laminars en plaques isoterms. Mètodes integrals.

Equacions simplificades de Navier-Stokes per les capes turbulentes. Models algebraics de turbulència (longitud de barreja de Prandtl, Baldwin-Lomax ...). Resolució de les capes límits turbulentes (hidrodinàmiques i tèrmiques) en plaques isoterms. Mètodes integrals.

Teorema pi de Buckingham. Interès de l'anàlisi dimensional. Obtenció dels grups adimensionals característics en casos concrets en fluxos en convecció natural i forçada. Significat físic. Deducció del nombre de Nusselt i sistemàtica de càlcul de coeficients superficials en fluxos interns i externs. Exercicis d'aplicació.

Anàlisi unidimensional de fluxos compressibles en conductes de secció constant i variable (tovera-difusor), i amb consideració d'efectes de fricció i de transferència de calor. Mètode tram a tram pel cas de fluxos subsònics i supersònics. Anàlisi de condicions de contorn. Exercicis d'aplicació en casos de fluxos subsònics i supersònics. Predicció d'ones de xoc.

Objectius específics:

Estudi de fenòmens de convecció i dinàmica de gasos mitjançant d'un plantejament bàsic i rigorós de la fenomenologia i de la seva formulació matemàtica: equacions de Navier-Stokes, tractament de fluxos turbulents, tractament zonal basat en la divisió del domini en capes límits i zona no viscosa.

Anàlisi adimensional i plantejament semiempíric dels problemes. Anàlisi adimensional. Fluxos compressibles: aspectes fenomenològics (fluxos subsònics, transsònics, supersònics, ones de xoc, etc.) i introducció als mètodes numèrics en convecció.

Activitats vinculades:

Classes de teoria, problemes i treballs de simulació numèrica.

Dedicació: 38h

Grup gran/Teoria: 16h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 20h



Mòdul 4: Problemes combinats

Descripció:

Exercicis diversos que combinen fenòmens de convecció, conducció i radiació i que poden ser d'interès en el camp de l'aeronàutica: bescanviadors de calor, refrigeració d'àleps de turbina, etc.

Objectius específics:

Aplicació dels coneixements adquirits en els mòduls anteriors a casos aplicats d'interès en el camp de l'aeronàutica (bescanviadors de calor, refrigeració d'àleps de turbines, balanç de càrregues tèrmiques en cabines d'avions, flux en toveres i difusors, transferència de calor en components elèctrics i electrònics, etc.).

Activitats vinculades:

Classes de teoria, problemes i treballs de simulació numèrica.

Dedicació: 50h

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 7h

Aprenentatge autònom: 38h

ACTIVITATS

CLASSES DE TEORIA

Descripció:

Metodologia en grup gran.

Exposició dels continguts de l'assignatura seguint un model de classe expositiva i participativa.

La matèria de l'assignatura s'ha organitzat en 4 àrees temàtiques: transferència de calor per conducció, per convecció, per radiació i problemes combinats.

En aquestes classes es presenta els aspectes teòrics i es resolen problemes diversos per facilitar l'aprenentatge.

Objectius específics:

En finalitzar aquesta activitat, l'alumne ha de ser capaç de dominar els coneixements adquirits, consolidar-los i aplicar-los correctament a problemes tècnics. A més a més, essent la Dinàmica de Gasos i la Transferència de Calor i de Massa una assignatura tecnocientífica bàsica, les classes de teoria han de servir de base pel desenvolupament d'altres assignatures més tècniques de l'àmbit tèrmic relacionades amb les Turbomàquines, la Refrigeració, Balanços de càrregues tèrmiques, Energia Solar, etc.

Material:

Bibliografia bàsica (disponible a la Biblioteca del Campus).

Apunts dels professors (tot aquest material esta disponible a ATENEA).

Lliurament:

Aquesta activitat s'avalua conjuntament amb l'activitat 2 (problemes) mitjançant l'examen parcial i final i la prova de nivell.

Dedicació: 65h

Aprenentatge autònom: 40h

Grup gran/Teoria: 25h



CLASSES DE PROBLEMES

Descripció:

Metodologia en grup gran i grups mitjans.

De cadascun dels temes, es realitzaran uns problemes a classe per tal de què els alumnes adquireixin les pautes necessàries per a portar a terme aquesta metodologia: hipòtesis simplificatòries, plantejament, resolució numèrica, discussió dels resultats.

Objectius específics:

En finalitzar aquesta activitat, l'alumne ha de ser capaç d'aplicar els coneixements teòrics a la resolució de problemes inspirats en situacions reals. Atenent a la metodologia l'alumne ha de ser capaç de:

- 1.- Entendre l'enunciat i analitzar el problema.
- 2.- Plantejar i desenvolupar un esquema de resolució del mateix.
- 3.- Resoldre el problema emprant les equacions plantejades, amb un adequat algorisme de resolució.
- 4.- Interpretar críticament els resultats.

Material:

Bibliografia bàsica.

Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).

Lliurament:

Aquesta activitat s'avalua conjuntament amb l'activitat 1 (teoria) mitjançant un examen parcial i un examen final.

Dedicació: 68h

Aprenentatge autònom: 40h

Grup gran/Teoria: 14h

Grup mitjà/Pràctiques: 7h

Grup petit/Laboratori: 7h

TREBALL DE CURS

Descripció:

Resolució d'un problema basat en una situació plantejada pel professor o per l'alumne.

Material:

Bibliografia bàsica.

Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).

Dedicació: 10h

Aprenentatge autònom: 10h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Examen parcial. Ponderació: 40% de la nota final.

Prova parcial de control. Ponderació: 10% de la nota final.

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

En el cas que la nota de l'examen parcial sigui inferior a 6.5, hi haurà al final del curs la possibilitat de millorar aquesta nota. En aquest cas, la nota de l'examen de millora substituirà a la qualificació inicial sempre que sigui superior i amb un màxim de 6.5 punts. Aquest examen es farà el dia fixat al calendari acadèmic per a l'examen final.

La correcta presentació i defensa de la pràctica numèrica voluntària permetrà incrementar la nota final ponderada fins a un màxim de 2 punts sempre que aquesta nota sigui igual o superior a 5.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Els exàmens consistiran en qüestions teòriques i exercicis pràctics/problemes. A l'examen no es pot utilitzar cap mena d'informació excepte el material/formulari que faciliti el professorat. No és permès l'ús de mòbils, smartwatch o aparells similars. Tampoc es permet l'ús de calculadores programables ni d'ordinadors.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Incropera, F. P.; DeWitt, D. P. Fundamentos de transferencia de calor. 4ª ed. México: Prentice Hall, 1999. ISBN 9701701704.
- Mills, A. F. Transferencia de calor. México: Irwin, 1995. ISBN 8480861940.
- Lienhard IV, J. H.; Lienhard V, J. H. A heat transfer textbook [en línia]. 3rd ed. Cambridge: Phlogiston Press, 2004 [Consulta: 16/10/2024]. Disponible a: <https://ahtt.mit.edu/>.
- Patankar, S. V. Numerical heat transfer and fluid flow [en línia]. 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-suh-as-patankar>. ISBN 9780891165224.
- Eckert, E. R. G.; Drake, R. M. Analysis of heat and mass transfer. Washington: Hemisphere, 1972. ISBN 0891165533.
- Nellis, Gregory; Klein, Sanford A. Heat transfer. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 2009. ISBN 9781107671379.

Complementària:

- Anderson, J. D. Modern compressible flow: with historical perspective [en línia]. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2021 [Consulta: 09/10/2024]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=6212892>. ISBN 9781260590043.
- Landau, L. D.; Lifshitz, E. M. Fluid mechanics [en línia]. 2nd ed. Oxford: Elsevier Butterworth Heinemann, 1987 [Consulta: 20/06/2024]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4088285>. ISBN 0750627670.
- Lakshminarayana, B. Fluid dynamics and heat transfer of turbomachinery [en línia]. New York: John Wiley & Sons, 1996 [Consulta: 21/06/2024]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470172629>. ISBN 0471855464.
- Cebeci, T. [et al.]. Computational fluid dynamics for engineers: from panel to navier-stokes methods with computer programs. New York: Springer, 2005. ISBN 3540244514.
- Thompson, P. A. Compressible-fluid dynamics. New York: McGraw-Hill, 1972. ISBN 0070644055.
- Shapiro, A. H. The dynamics and thermodynamics of compressible fluid flow. New York: Ronald Press Company, 1954.

RECURSOS

Material audiovisual:

- Apunts realitzats pel professorat de l'assignatura. Transparències sobre parts de teoria o problemes proposats que es faran servir a classe.

Altres recursos:

- Apunts fets pel professorat de l'assignatura.