



Guia docent

220311 - 220311 - Enginyeria Computacional

Última modificació: 02/04/2024

Unitat responsable: Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa
Unitat que imparteix: 220 - ETSEIAT - Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa.
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AERONÀUTICA (Pla 2014). (Assignatura obligatòria).
Curs: 2024 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: CARLOS DAVID PEREZ SEGARRA - JUAN CARLOS CANTE TERAN

Altres: Primer quadrimestre:
CARLOS DAVID PEREZ SEGARRA - Grup: 11, Grup: 12
FRANCESC XAVIER TRIAS MIQUEL - Grup: 11, Grup: 12
JUAN CARLOS CANTE TERAN - Grup: 11, Grup: 12
DAVID ROCA CAZORLA - Grup: 11, Grup: 12

CAPACITATS PRÈVIES

Pel seguiment de l'assignatura és important disposar de coneixements bàsics de dinàmica de fluids i de la mecànica de sòlids, així com d'algun llenguatge de programació (e.g. C++, C, Fortran, Matlab, Python, etc.).
Coneixements equivalents a la realització del curs d'anivellament del màster.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CE02-MUEA. MUEA/MASE: Coneixement adequat de Mecànica de Fluids Avançada, amb especial incidència en la Mecànica de Fluids Computacional i en els fenòmens de Turbulència.

CG09-MUEA. Competència en totes aquelles àrees relacionades amb les tecnologies aeroportuàries, aeronàutiques o espacials que, per la seva naturalesa, no siguin exclusives d'altres branques de l'enginyeria.

CE04. MUEA/MASE: Aplicació dels coneixements adquirits en diferents disciplines a la resolució de problemes complexos d'aeroelasticitat.

CE08. MUEA/MASE: Coneixements i capacitats per a l'Anàlisi i el Disseny Estructural de les aeronaus i els vehicles espacials, incloent l'aplicació de programes de càlcul i disseny avançat d'estructures.

CE14. MUEA/MASE: Comprensió i domini de les lleis de la Aerodinàmica Interna. Aplicació de les mateixes, juntament amb altres disciplines, a la resolució de problemes complexos d'aeroelasticitat de sistemes propulsius.

Transversals:

CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

CT5. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

Bàsiques:

CB06. Posseir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i / o aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.

CB07. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts i en contextos més amplis (o multidisciplinaris) relatius al seu camp d'estudi.

CB08. Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i enfrontar-se a la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, sent incompleta o limitada, inclogui reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.

CB09. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons últimes que les sustenten a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB10. Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autòdrida o autònoma.

METODOLOGIES DOCENTS

El curs es divideix en dos blocs principals, tots dos dedicats a les metodologies d'enginyeria computacional en la mecànica de medis continus. El primer bloc es centra en l'enginyeria computacional en el camp de la dinàmica de fluids i la transferència de calor i massa. L'altre se centra en la mecànica computacional de sòlids. Els temes principals es presenten en classes de teoria i de laboratori, amb propostes de diferents exercicis a fer pels estudiants.

L'autoaprenentatge es dedica principalment al desenvolupament de treballs pràctics, que es revisen individualment a partir d'informes i exposicions fetes pels estudiants. Aquests treballs són tutoritzats pels professors de l'assignatura.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu del curs és mostrar metodologies bàsiques i avançades al camp de l'Enginyeria Computacional de la mecànica de mitjans continus. El curs està dedicat a dues àrees principals: la dinàmica de fluids computacional i la transferència de calor (CFD) i el camp de la mecànica de sòlids computacional (CSM). S'utilitzen dues metodologies principals: mètodes de volums finits i mètodes d'elements finits.

El curs presenta les eines bàsiques d'anàlisi, considerant aspectes relacionats amb la formulació matemàtica d'aquests problemes, tècniques de discretització, algorismes per resoldre les equacions governants (equacions diferencials en derivades parcials i fortament acoblat).

Alguns aspectes importants també es poden considerar en treballs opcionals, com ara tècniques de paral·lelització, interacció sòlid-fluid, generació de malles, mètodes incrementals i iteratius per a la solució de sistemes d'equacions no lineals, eines bàsiques d'implementació informàtica vectoritzada, etc.

Objectius del procés d'aprenentatge:

- Consolidació dels coneixements fonamentals sobre dinàmica de fluids i mecànica de sòlids: definició del problema, equacions governants, condicions inicials i de contorn, etc.
- Adquirir coneixements sobre dinàmica de fluids computacional bàsica i transferència de calor: FVM, esquemes de discretització, algorismes per acoblar les equacions, tècniques de paral·lelització, etc.
- Adquirir coneixements sobre mecànica computacional bàsica de sòlids: FEM, equacions d'equilibri no lineal, tensió inicial, rigidesa tangent i secant, rigidesa geomètrica, tècniques de control incremental, mètodes de Newton i quasi-Newton (secant), acceleració i cerca de línia, etc.
- Adquirir una primera experiència pràctica en CFD i CSM, programant codis propis en el llenguatge escollit (C++, C, Fortran, Matlab, Python, etc.).

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	15,0	12.00
Hores grup petit	30,0	24.00



Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

MÒDUL 0: Introducció a l'Enginyeria Computacional

Descripció:

Introducció a l'Enginyeria Computacional en el camp dels medis continus.

Objectius específics:

Introducció a l'Enginyeria Computacional al camp de la mecànica del medi conitnu.

Formulació matemàtica de les equacions governants en dinàmica de fluids i mecànica de sòlids.

Breu repàs de les metodologies numèriques utilitzades per resoldre aquestes equacions.

Presentació i objectius del curs.

Dedicació: 4h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 2h



MÒDUL 1: Dinàmica de Fluids Computacional. Mètodes de Volums Finites

Descripció:

Mètodes computacionals aplicats a la dinàmica de fluids i la transferència de calor i massa. L'atenció se centra especialment en metodologies de volums finits (FVM).

Objectius específics:

Revisió de la formulació matemàtica en dinàmica de fluids i transferència de calor i massa. Fluxos incompressibles i compressibles en règim laminar o turbulent. (Classes: 1h)

Resolució numèrica de fluxos potencials. Tècniques de discretització dels termes de difusió i termes font. Proposta d'exercicis: flux a través de cilindres fixos o giratoris, flux a través de perfils aerodinàmics. (Classes: 3 h)

Discretització de l'equació genèrica de convecció-difusió. Esquemes numèrics per als termes transitoris i convectius. Revisió de solvers directes i iteratius per solucionar grans sistemes d'equacions lineals (amb coeficients constants o variables). Tècniques de verificació de codi. Proposta de problemes benchmark. (Classes: 4 h)

Fluxos turbulents. Equació de Burger: anàlisi computacional i fenomenològica. Simulació numèrica directa (DNS) de fluxos turbulents utilitzant mètodes explícits. Esquemes de discretització que preserven la simetria de les equacions diferencials i control dels passos de temps. Anàlisi estadística dels resultats. Introducció als models de Large Eddy Simulation (LES). Proposta d'exercicis. (Classes: 8 h)

Resolució de les equacions de Navier-Stokes (massa i momentum) per a fluxos incompressibles. Mètodes explícits i implícits. Generalització considerant l'equació de l'energia. Proposta d'exercicis considerant fluxos confinats i oberts. (Classes: 4 h)

Anàlisi de fluxos compressibles. Esquemes de discretització de Godunov. Solver de Riemann per a l'anàlisi de discontinuïtats de flux. Resolució de les equacions governants (massa, momentum, energia, equació d'estat). Proposta d'exercicis. (Classes: 4 h)

Temes a presentar en seminaris optatius: a) Tècniques de paral·lelització: MPI vs. OpenMP; b) Generació de malles (tècniques de bloqueig, tècniques de contorn submergit, malles adaptables als contorns, malles no estructurades); c) Discretització de volums finits en malles no ortogonals (estructurades o no estructurades) i solvers; d) Interacció sòlid-fluid. (Conferències: 2,5 h cadascuna)

Dedicació: 60h 30m

Grup gran/Teoria: 6h 30m

Grup petit/Laboratori: 15h

Aprenentatge autònom: 39h



MÒDUL 2: Mecànica del Sòlid Computacional. Mètodes d'Elements Finites.

Descripció:

Mètodes computacionals aplicats a la mecànica dels sòlids. L'atenció es centra especialment en les metodologies d'elements finits.

Objectius específics:

Descripció general dels problemes lineals i no lineals. Fonts de no-linealitat en problemes estructurals: el material, la geometria, les forces aplicades i les condicions de contorn. Característiques generals de la resposta no lineal (classes teòriques: 3h).

Barres i bigues estructurals. Teories d'Euler-Bernoulli i Timoshenko. Manufactures de laminats compostos. Bigues 3D sota torsió i tallant. Formes febles i la seva discretització. Modes de deformació (classes teòriques: 3h).

Components estructurals de plaques. Models Kirchhoff i Reissner-Mindlin. Elements Q4, discretització, algorismes d'integració numèrica i anàlisi de convergència. (Classes teòriques: 3h).

Descripció general del MEF aplicat a les estructures de làmines. Selecció d'elements per a làmines planes primes, configuracions axisimètriques, models de làmines doblement corbades (Classes teòriques: 3,5h)

Anàlisi d'estructures amb no-linealitat geomètrica. Grans deformacions i desplaçaments. Configuració espacial i de referència.

Deformació de Green-Lagrange, primer i segon tensor de Piola-Kirchhoff. Sistema no lineal d'equacions, mètode de NR. Càlcul de forces residuals i convergència. (Classes teòriques: 3h)

Descripció general de l'optimització topològica. Funció objectiu, conceptes de rigidesa i flexibilitat, restriccions de volum, derivada topològica, minimització, problema dual, multiplicadors de Lagrange, aplicacions estructurals 2D i 3D (Classes teòriques: 3h).

Anàlisi d'estructures amb no-linealitat material: introducció a la plasticitat i visco-plasticitat. Regles d'integració, projecció del punt més proper (Classes teòriques: 3h)

Dedicació: 60h 30m

Grup gran/Teoria: 6h 30m

Grup petit/Laboratori: 15h

Aprenentatge autònom: 39h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'avaluació consisteix en un mínim de dos exàmens orals basats en la presentació i defensa dels diferents treballs realitzats, individualment o en grup, al llarg del curs en ambdós mòduls, CFD i CSM.

La part CFD representa el 50% de la qualificació final i la part CSM en representa l'altre 50%.

La presentació i defensa dels treballs és individual. Es proposaran dates i horaris a escollir per l'alumne al finalitzar el primer bimestre i al finalitzar el segon bimestre.

En els casos d'avaluació inferior a 5, existirà la possibilitat de fer un nou examen de presentació i defensa dels treballs fets.



BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Patankar, Suhas 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-suhas-patankar>. ISBN 0070487405.
- Pope, Stephen B. Turbulent flows. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 2000. ISBN 0521591252.
- LeVeque, Randall, J. Finite volume methods for hyperbolic problems. New York: Cambridge University Press, 2002. ISBN 9780521009249.
- Oñate, Eugenio. Structural analysis with the finite element method: linear statics [en línia]. Barcelona: [London]: CIMNE; Springer, 2009-2012 [Consulta: 14/11/2022]. Disponible a : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4020-8733-2>.
- Belytschko, T.; Liu, W. K.; Moran, B. Nonlinear finite elements for continua and structures [en línia]. 2nd ed. Chichester [etc.]: John Wiley & Sons, 2014 [Consulta: 03/05/2022]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pg-origsite=primo&docID=1501634>. ISBN 9781118700051.
- Simo, J. C.; Hughes, T. J. R. Computational inelasticity [en línia]. New York: Springer, 1998 [Consulta: 03/05/2022]. Disponible a : <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98904>. ISBN 0387975209.
- Bonet, J.; Wood, R. D. Nonlinear continuum mechanics for finite element analysis. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. ISBN 9780521838702.

Complementària:

- Garnier, E.; Adams, N.; Sagaut, P. Large eddy simulation for compressible flows. [s.l.]: Springer, 2009. ISBN 9789048128181.
- Ferziger, J. H.; Peric, M. Computational methods for fluid dynamics. 3rd rev. ed. Berlin [etc.]: Springer, 2002. ISBN 3540420746.
- Babinsky, H.; Harvey, J. Shock wave-boundary-layer interactions. New York: Cambridge University Press, 2014. ISBN 9781107646537.
- Roache, Patrick J. Fundamentals of verification and validation. Hermosa Publishers, 2009. ISBN 9780913478127.

RECURSOS

Altres recursos:

A més de la bibliografia bàsica que s'ofereix en aquesta guia, a Atenea hi ha disponible material específic desenvolupat pel professorat.