

Universitatea Politehnica din Bucuresti
Spl. Independentei 313
060042 Bucuresti
Romania



Facultatea de Inginerie Aerospaciala
str. Gh. Polizu 1-5
tel. +40 21 402 3812

www.upb.ro

www.aero.pub.ro
inginerie.aerospaciala@upb.ro

„Elie Carafoli” Aerospace Sciences Department - Departamentul de Științe Aerospațiale “Elie Carafoli”

Aerospace Structures MEng in Aerospace Engineering

Curriculum and Syllabus

Programul de studii de master în ingineria aerospațială ”Structuri aeronautice și spațiale”

Planul de învățământ și programa analitică

4 august 2016 - Versiunea 1.02 – nefinalizată

Conf. dr. ing. Octavian Thor Pleter
Decan

Prof. dr. ing. Sterian Dănăilă
Director departament
Responsabil program de studii

MAA	Advanced Mathematics	2C 1L E	4CP
	Matematici avansate	UPB.09.S.09.O.001	
Course director: Dr. Teodor Stih (UPB-Mathematics)			
<p>Elemente de calcul tensorial. Marimi tensoriale. Tensori cartezieni de ordinul al II-lea. Operatii cu tensori. Elemente de teoria ecuatiilor diferentiale de ordinal al II-lea. Solutia problemei la limita (bilocale) pentru ecuatia diferentia liniara de ordinal al II-lea, exprimata cu functia Green. Conditii de existenta. Problema cu valori si vectori proprii pentru operatorul Sturm – Liouville. Ecuatii cu derivate parțiale (e.d.p.) de ordinal al II-lea. Tipuri de e.d.p. liniare de ordinul al II-lea. Ecuatia Laplace si ecuatia Poisson: problema Dirichlet si problema Neumann. Discretizare prin metoda diferentelor finite pentru cazul 1-dimensional. Discutie algebrica. Complemente de teoria e.d.p. de ordinal al II-lea: solutii generalizate, formule integrale, dependenta de domeniu, cazul neliniar. Ecuatii integrale. Legatura intre problemele bilocale pentru ecuatiile diferentiale de ordinal al II-lea si ecuatiile integrale.</p>			

MMM	Mathematical Models in Continuous Environment Mechanics	2C 1S 1L E	4CP
	Modele matematice în mecanica mediilor continue	UPB.09.S.09.O.002	
Course director: Conf. dr. ing. Marius Stoia-Djeska			
<p>Teoria miscarii si deformarii. Mediul continuu. Tensorul viteza de deformatie si derivate materiale. Modele matematice. Principii de conservare. Conservarea masei. Tensorul tensiune al lui Cauchy. Ecuatiile de miscare. Conservarea energiei. Principiul al doilea al termodinamicii. Legi constitutive. Ipoteze curențe. Principii generale ale legilor constitutive. Fluide ideale. Fluide reale. Medii elastice izotrope. Medii termoelastice. Ecuatiile fluidelor ideale. Fluide incompresibile. Solutii simple pentru curgeri irrotationale stationare. Solutii integrale bi- si tri-dimensionale. Fluide compresibile. Unde simple. Teoria propagarii undelor. Problema Riemann. Solutii fundamentale. Unde de soc. Ecuatiile fluidelor reale. Tensiuni in fluidul newtonian. Ecuatiile Navier-Stokes. Teoreme fundamentale. Solutii simple. Teoria echilibrului elastic. Ecuatiile de echilibru. Teorema de unicitate. Principii variationale. Teoria barelor. Bare cu pereti subtiri. Teoria incovoierii placilor. Membrane. Dinamica mediilor elastice. Ecuatiile Lagrange. Principiul Hamilton. Teoreme de unicitate. Unde elastice. Termoelasticitate. Ecuatiile termoelasticitatii. Solutii simple. Solutii fundamentale. Vibratii termoelastice. Interactiune fluid-structura. Formularea problemei. Modele matematice simple.</p>			

DVA	Aircraft and Spacecraft Dynamics	2C 1S 1L E	4CP
	Dinamica vehiculelor aeronautice și spațiale	UPB.09.S.09.O.003	
Course director: Conf. dr. ing. Petrișor Pârvu			
Definirea zborului atmosferic și spațial. Modelare și simulare. Sisteme de referință. Sisteme de axe și			

matrice de rotație. Unghiurile Euler și axe principale. Quaternioni. Vectori Gibbs. Cinematica atitudinii. Descrierea atracției gravitaționale și forme planetare. Legea lui Newton a atracției universale. Asimetrie planetară. Anomalii gravitaționale. Mișcarea de translație a vehiculului Aerospațial. Cinematica punctului material. Legile lui Newton. Energie și moment cinematic. Problema celor două corpuri. Mecanica orbitală. Sistemul celestial și elemente orbitale. Coordonate sferice și Orizontul local. Manevre orbitale impulsive. Mișcarea orbitală relativă. Problema Lambert. Perturbații orbitale Accelerația perturbată. Orbite sincrone solare. Orbite Molnya. Efectele frecării în atmosferă. Problema celor trei corpuri. Problem celor trei corpuri Ecuțiile mișcării. Soluția Lagrange. Problema celor trei corpuri restrânsă. Stabilitate punctelor Lagrange. Integrale Jacobi. Propulsia rachetelor Motorul rachetă. Motoare rachetă cu mai multe trepte. Analiza misiunii. Optimizarea rachetei. Atmosfera planetară Echilibrul hidrostatic. Atmosfera standard. Modelul exponențial. Elemente de aerodinamică Concepte de bază. Dinamica fluidelor. Coeficienții forțelor și momentelor aerodinamice. Propulsia aeroreactoare Teoria ideală. Motoare cu elici. Motoare aeroreactoare. Traiectorii atmosferice și transatmosferice. Ecuții de mișcare. Traiectorii de zbor ale aeronavelor. Traiectorii de reintrare. Traiectorii de lansare pe orbită. Dinamica atitudinii. Ecuțiile Euler. Energia cinetică. Axe pricipale. Rotația liberă a vehiculului aerospațial. Vehicule spațiale cu motoare de atitudine. Vehicule spațiale cu rotori. Dinamica atitudinii în zborul atmosferic. Sisteme de control al atitudinii Sisteme liniare. Sistem de bază în buclă închisă. Senzori giroscopici. Controlul atitudinii pe o singură axă. Controlul atitudinii pe mai multe axe.

ADC	Computational aerodynamics	2C 2L E	4CP
	Aerodinamică computațională	UPB.09.S.09.O.004	
Course director: Prof. dr. ing. Sterian Danaila			
Finite volume method for fluid dynamic: Conservative forms; Computing grids; Numerical flux estimation; Upwind methods : decomposition of flux vector; Riemann problem; The propagation of disturbances; Numerical Methods for the Euler equations: Mathematical formulation Euler model; Eigenvalues and compatibility relations; Simple Solutions for one-dimensional flow; Lax - Wendroff type Methods; Explicit first order schemes; Second order explicit schemes ; Implicit schemes; Artificial viscosity; Boundary conditions; Extrapolation methods ; Upwind schemes; Godunov type schemes ; Second-order upwind schemes. Solving Navier-Stokes equations by finite volume method: SIMPLE algorithm for scalar equations ; Computational grid; Momentum equations discretization; Discretization of the continuity equation; Pressure equation; Boundary and initial conditions; The coupling between the velocity field and pressure field; Diffusive terms and source terms; Conditions for stability; Convergence conditions; Boundary conditions			
Metoda volumelor finite in dinamica fluidelor. Principiul metodei; Forme conservative; Grile de calcul; Estimarea fluxului numeric; Metode upwind: descompunerea vectorului flux; Problema Riemann; Propagarea perturbațiilor; Metode numerice pentru ecuatiile Euler. Formularea matematica a modelului Euler; Valori proprii si relatii de compatibilitate; Solutii simple exacte pentru curgeri unidimensionale; Metode numerice de tip Lax-Wendroff; Scheme explicite de primul ordin; Scheme explicite de ordin doi; Scheme implicite; Viscositate artificială; Condiții la limita. relații de compatibilitate. metode de extrapolare; Scheme upwind pentru ecuțiile Euler; Scheme de tip Godunov; Scheme upwind de ordin doi. Rezolvarea ecuațiilor Navier-Stokes prin metoda volumelor finite. Algoritmul SIMPLE pentru ecuații scalare; Grila de calcul; Discretizare ecuațiilor de impuls; Discretizarea ecuației de continuitate; Ecuația presiunii; Condiții la limită și inițiale; Cuplajul dintre câmpul de viteze și câmpul de presiuni; Discretizarea termenilor difuzivi și a termenilor sursă; Condiții de stabilitate; Condiții convergență, condiții la limită			

LUB	Hydrodynamic Lubrication	2C 2L V	4CP
	Lubrificația hidrodinamică	UPB.09.S.09.O.005	
Course director: Conf. dr. ing. Laurențiu Moraru			
<p>Mecanisme de lubrificație. Introducere în lubrificația cu gaze. Ecuațiile lubrificației cu gaze. Simplificarea ecuațiilor generale (Navier Stokes) în cazul lubrificației cu gaze. Soluții elementare sau aproximative. Stabilitatea dinamică a lagărelor cu gaze. Lagăre cu gaze de tip hidrodinamic și hidrostatic. Lagăre circulare hidrodinamice. Lagăre axial hidrostatice. Lagăre radial hidrostatice. Efecte secundare. Efectul forțelor de inerție. Influența caracterului molecular al gazului. Lubrificația în regim turbulent. Lubrificația elastohidrodinamică a suprafețelor cu geometrie neconformă. Curgerea în geometria plan-cilindru nedeformată. Deformația suprafețelor corpurilor în contact de tip hertzian. Efecte de presiune-viscozitate. Grosimea filmului de ulei. Amortizoare de tip squeeze film pentru rotoare de turbomotoare. Lubrificația cu efect de expulzare. Tipuri de amortizoare squeeze film. Soluții analitice. Efectul forțelor de inerție și al cavitației.</p>			

CST	Scientific Research	10P V	10CP
	Cercetare științifică	UPB.09.S.09.O.006	
Course director: the research supervisor			
Research activity			
Activitate de cercetare			

PAS	Computer Aided Structural Design	2C 2L V	4CP
	Proiectarea asistată a structurilor	UPB.09.S.10.O.001	
Course director: Conf. dr. ing. Florin Frunzulică			
<p>Proiectarea si modelarea. Introducere în proiectarea structurilor aerospațiale. Concepte de proiectare. Fazele etapei de proiectare. Proiectarea asistată de calculator. Elementele și etapele unui sistem de proiectare asistată. Etapele unui proces de proiectare asistată. Principalele programe de proiectare asistată în domeniul aerospațial. Principalele teorii de reprezentare geometrică utilizate de programele de proiectare. Prezentare program Catia. Module. Exemplu de ansamblu structural. Analiza structurala si optimizarea. Analiza structurală a reperului/ansamblului proiectat folosind Metoda elementului finit. Metoda elementului finit (MEF). Concepte fundamentale. Surse de erori. Interpretarea rezultatelor – decizii. Etapele analizei structurale cu MEF folosind programul ANSYS. Rolul optimizării în procesul de proiectare al structurii. Metode de optimizare utilizate de programele CAD/CAE. Variabilele de proiectare și funcția obiectiv. Selectarea celui mai bune soluții: optimizarea dimensiunilor, optimizarea formei sau optimizarea topologiei? Optimizarea unei structuri folosind programul ANSYS.</p>			

NFE	Non-linear Finite Elements in Aeronautics	2C 1S 1L E	4CP
	Elemente finite neliniare în aeronautică	UPB.09.S.10.O.002	
Course director: Conf. dr. ing. Ștefan Sorohan (UPB – Strength of Materials)			
<p>Introducere. Concepte de bază în MEF. Aspecte fundamentale în analiza structurală. Elemente de teoria elasticității în formă matriceală. Fundamentarea teoretică a metodei. Elementul finit CST și elemente finite izoparametrice plane. Ecuațiile generale (de mișcare) în formă matriceală. Modalități de rezolvare pe tipuri de analize. Matrice de rigiditate pentru elementele finite uzuale: solide, plăci și învelișuri, bare. Matrice de masă pentru elementele finite uzuale și modelarea amortizării. Rezolvarea ecuațiilor (de mișcare) neliniare. Metoda incrementală și iterativă Newton-Raphson. Aspecte neliniare uzuale și legi de materiale. Variația proprietăților mecanice cu temperatura și analize termice. Tipuri de neliniarități. Deplasări mari, materiale cu comportate neliniară: curgere, fluaj. Tipuri de elemente finite neliniare. Modelarea contactului în modelele cu elemente finite. Elemente fundamentale în modelare. Modelarea conceptuală, modelarea cu elemente finite, interpretarea și validarea modelelor. Analiza prin substructurare și submodelarea. Alegerea judicioasă a tipurilor de analize, ipoteze, forma și prezentarea rezultatelor.</p>			

SMC	Structures of composite materials	2C 1L E	4CP
	Structuri din materiale compozite	UPB.09.S.10.O.003	
Course director: Prof. dr. ing. Ion Fuiorea (Straero)			
<p>New technologies for composite materials. Classical technologies inside autoclave and out of autoclave. RTM and VARTM technologies. Mechanics of composite materials. Anisotropic solid</p>			

mechanics. Micromechanics of lamina. Laminated mechanics. Failure criteria. Composite structures calculus. Composite finite element models. Structures modeling by using composite finite elements. Pre and post processing of finite element models. Composite structures testing. Mechanical tests for composite material characterization. Methods for aircraft composite structures testing.

Tehnologii pentru materiale compozite. Tehnologii clasice, în autoclavă și în afara autoclavei. Tehnologii RTM și VARTM. Mecanica materialelor compozite. Mecanica solidului anizotrop. Micromecanica laminei. Mecanica laminatului. Criterii de rupere. Calculul structurilor compozite. Modele de elemente finite compozite. Modelarea structurilor cu elemente compozite. Pre și post procesarea modelării cu elemente finite compozite. Încercarea structurilor compozite. Teste mecanice pentru caracterizarea materialelor compozite. Tehnici de încercare a structurilor compozite de aviație.

CST	Scientific Research	18P V	18CP
	Cercetare științifică	UPB.09.S.10.O.004	
Course director: the research supervisor			
Research activity			
Activitate de cercetare			

AEL	Aircraft Aeroelasticity	2C 1L E	4CP
	Aeroelasticitatea aeronavelor	UPB.09.S.11.O.001	
Course director: Conf. dr. ing. Marius Stoia-Djeska			
<p>Problemele moderne de aeroelasticitate, aeroservoelasticitate si nteractiune fluid-structura. Modelarea matematica a problemelor de aeroelasticitate, aeroservoelasticitate si interactiune fluid-structura. Ecuatiile Lagrange. Ecuatiile curgerilor. Conditii initiale si la limita. Probleme in bucla inchisa si deschisa. Solutii clasice din aeroelasticitatea liniara. Modele de servocomenzi. Modele aeroservoelastice. Analiza Fourier a semnalelor continue si discrete. Transformata Fourier rapida (FFT). Functii de transfer. Solutii de tip ciclu limita. Prelucrarea si interpretarea rezultatelor numerice si experimentale in aeroelasticitate. Discretizarea spatiala a ecuatiilor curgerii. Cuplajul prin conditiile la limita. Algoritmi decuplati si cuplati de integrare in timp. Metoda timpului dual pentru algoritmi cuplati impliciti. Probleme liniare in bucla inchisa (flutter). Sisteme oscilatorii periodice. Probleme neliniare in aeroelasticitate. Solutionarea numerica a problemelor de interactiune fluidstructura si aeroelasticitate. Analiza sistemelor dinamice liniare. Reprezentarea in spatiul starilor, stabilitate, controlabilitate, observabilitate. Reductie dimensionala. Control optimal linear (plasarea polilor, regulator linear-patratric). Estimatori de stare si utilizarea lor.</p>			

VSM	Vibrations of Mechanical Systems	2C 2L E	4CP
	Vibrațiile sistemelor mecanice	UPB.09.S.11.O.002	
Course director: Prof. dr. ing. Ion Stroe (UPB – Mechanics)			
<p>Vibratii cu un grad de libertate. Cinematica vibrațiilor. Vibrația armonică. Vibrația modulată în amplitudine. Vibrația modulată în frecvență. Compunerea vibrațiilor armonice paralele. Reprezentarea vectorială a vibrației armonice. Compunerea vibrațiilor armonice ortogonale. Analiza armonică. Studiul vibrațiilor cu ajutorul variabilei complexe. Vibrații liniare ale sistemelor cu un grad de libertate. Vibrația liniară liberă, neamortizată. Vibrația liniară liberă, amortizată. Vibrația liniară forțată, neamortizată. Vibrația liniară forțată, amortizată. Cazul forței perturbatoare oarecare. Transmisibilitatea. Vibrațiile mașinilor cu mase neechilibrate în rotație. Noțiuni de teoria instrumentelor seismice. Stabilitatea mișcării. Stabilitatea în prima aproximație. Stabilitatea sistemelor neliniare. Vibrații neliniare. Metoda exactă de determinare a perioadei. Metode aproximative. Autovibrații. Autovibrații produse de frecarea ucată. Autovibrațiile arborilor. Autovibrații produse de acțiunea combinată a rezistenței la înaintare și portanței. Sisteme cu numar finit de grade de libertate si sisteme continue. Vibrațiile sistemelor liniare cu numar finit de grade de libertate. Ecuatii de mișcare. Metoda modală. Vibrațiile liniare libere, neamortizate. Vibrațiile liniare libere, cu amortizare proporțională. Vibrațiile liniare forțate, neamortizate. Cazul general al vibrațiilor liniare forțate, amortizate. Metoda bimodală. Metode aproximative în studiul vibrațiilor sistemelor liniare cu numar finit de grade de libertate. Metoda Rayleigh. Metoda iterației matriceale. Oscilațiile vehiculelor. Vibrațiile arborilor. Absorbitorul dinamic. Vibrațiile mediilor continue. Vibrațiile longitudinale ale barelor drepte de secțiune constantă. Vibrațiile de torsiune ale barelor drepte de secțiune constantă. Vibrațiile de încovoiere ale barelor drepte de secțiune constantă. Metode aproximative în studiul vibrațiilor barelor de secțiune constantă. Metoda Rayleigh. Metoda Ritz. Vibrațiile barelor drepte de secțiune variabilă în trepte. Vibrațiile barelor drepte de secțiune variabilă continuu. Vibrațiile membranelor. Vibrațiile plăcilor.</p>			

MEA	Experimental Methods in Aerodynamics and Structural Analysis	2C 2L E	4CP
	Metode experimentale în aerodinamică și analiza structurală	UPB.09.S.11.O.003	
Course director: Conf. dr. ing. Nicolae-Șerban Tomescu			
<p>Cerințe experimentale în aerodinamică. Elemente privind similitudinea în aeromecanică. Facilități experimentale de ultimă generație în dinamica fluidelor și aerodinamică. Instrumentație de ultimă generație utilizată în experimentările aerodinamice. Prelucrarea datelor experimentale de aerodinamică și metode de corecție a acestora. Facilități experimentale pentru încercarea statică și dinamică a structurilor aerospațiale. Instrumentație de ultimă generație utilizată în experimentările structurilor aeronautice. Prelucrarea datelor obținute din experimentarea structurilor aerospațiale și metode de corecție a acestora.</p>			

CIS	Controls, Installations and Airborne Systems	2C 1L E	4CP
	Comenzi, instalații și sisteme la bord	UPB.09.S.11.O.004	
Course director: Prof. dr. ing. Adrian-Mihail Stoica			
<p>Funcțiile sistemelor de comandă automată a zborului (AFCS); specificații de proiectare; tipuri de sisteme de comandă. Modele matematice ale dinamicii aeronavelor, elementelor de acționare și ale senzorilor utilizate pentru proiectarea sistemelor de comandă automată a zborului. Proiectarea convențională a sistemelor de comandă automată a zborului: stabilizarea dinamică prin alocarea polilor; problematica estimării stărilor; stabilizarea prin compensare dinamică; problema reglării. Principii ale proiectării avansate a sistemelor de comandă automată a zborului: sinteza optimă a AFCS; stabilizarea robustă în raport cu incertitudini de modelare; elemente de inteligență artificială; rețele neuronale și logică fuzzy. Proiectarea neliniară a sistemelor de comandă automată a zborului: stabilitatea sistemelor dinamice neliniare; determinarea soluțiilor periodice: prevenirea și detecția oscilațiilor induse de pilot; inversiunea dinamică neliniară. Sisteme complexe de navigație: navigația inerțială și GPS; filtrarea datelor de navigație.</p>			

VSP	Spacecraft	2C 2L V	4CP
	Vehicule spațiale	UPB.09.S.11.O.005	
Course director: Prof. dr. ing. Teodor-Viorel Chelaru			
<p>Racheta purtătoare. Sub sisteme funcționale, Infrastructura de lansare; Forța de atracție a Pământului, accelerația greutateii, accelerația Coriolis. Legătura dintre triedrul Pământ și triedrul mobil al rachetei purtătoare; Ecuațiile generale de mișcare ale rachetei purtătoare, modelarea Zborului. Dinamică orbitală. Sisteme de control a orientării și orbitei, Secvențele misiunii. Principii</p>			

fizice de bază, Legile lui Kepler și Newton, Lucrul mecanic și energia, Problema celor două corpuri, Momentul cinetic. Ecuțiile de mișcare ale corpului într-un câmp central de forțe; Ecuțiile generale de mișcare a corpului pe orbita Kepleriană; Analiza orbitelor Kepleriene. Timpul și orbitele Kepleriene; Anomalia excentrică și anomalia adevărată; Legea a doua a lui Kepler (legea ariilor) și legea a treia; Ecuția timpului a lui Kepler. Orbita Kepleriană în spațiu; Transformarea între sisteme de sisteme de coordonate Cartesiene. Orbita perturbată: Orbita ne Kepleriană; Ecuțiile mișcării perturbate; Ecuțiile planetare ale lui Gauss; Ecuțiile planetare ale lui Lagrange. Forțele perturbatoare și influența lor asupra orbitei; Definiția forțelor perturbatoare de bază; Neomogenitatea și turtirea Pământului; Forța perturbatoare a celui de al treilea corp; Radiația solară și vântul solar. Cinematica și dinamica orientării. Momentul cinetic și matricea momentelor de inerție; Energia cinetică de rotație a corpului rigid; Matricea momentelor de inerție; alegerea triedrului de referință; Momentele de inerție în sistemul de axe legat de corp; Axele principale de inerție; elipsoidul de inerție. Ecuțiile de moment ale lui Euler; Soluția ecuației omogene; Stabilitatea la rotație în jurul axelor principale pentru corpuri asimetrice ; Soluție ecuației omogene pentru momente de inerție inegale; Caracteristicile mișcării de rotație pentru corpuri cu rotație proprie; Nutația corpurilor cu rotație proprie; Destabilizarea nutației cauzată de disiparea energiei; Ecuțiile cinematice de atitudine pentru mișcarea vehiculelor fără rotație; Ecuțiile mișcării pentru atitudinea vehiculelor spațiale; Liniarizarea ecuațiilor de mișcare.

CST	Scientific Research	10P V	10CP
	Cercetare științifică	UPB.09.S.11.O.006	
Course director: the research supervisor			
Research activity			
Activitate de cercetare			

DIS	Dissertation Paper	28P V	30CP
	Lucrare de disertație	UPB.09.S.12.O.001	
Course director: the dissertation supervisor			
Dissertation preparation.			
Pregătirea dizertației.			

DIE	Dissertation Exam	E	10CP
	Examen de disertație	UPB.09.S.12.O.002	
Course director: the examination board			
Dissertation exam.			
Examenul de dizertație.			