



FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA din București
1.2 Facultatea	Inginerie Aerospațială
1.3 Departamentul	Științe Aerospațiale „Elie Carafoli”
1.4 Domeniul de studii universitare	Inginerie Aerospațială
1.5 Programul de studii universitare	Sisteme de Propulsie
1.6 Ciclul de studii universitare	Licență
1.7 Limba de predare	Română
1.8 Locația geografică de desfășurare a studiilor	București

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Dinamica gazelor						
2.2 Titularul	Conf. Dr. Ing. Mat. Alina BOGOI						
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator/proiect	Conf. Dr. Ing. Mat. Alina BOGOI						
2.4 Anul de studiu	3	2.5 Semestrul/	II	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Statutul disciplinei	Ob
2.8 Categoria formativă/	DS	2.9 Codul disciplinei	UPB.09.S.06.O.009				

3. Timpul total (ore pe semestru al activităților didactice)

3.1 Număr de ore pe săptămână	4	Din care: curs	2	seminar/laborator/proiect	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	56	Din care: curs	28	seminar/laborator/proiect	28
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					7
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					2
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					10
Tutorat					1
Examinări					2
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	19				
3.8 Total ore pe semestru	75				
3.9 Numărul de credite	3				

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Analiza Matematica, Algebră liniară, geometrie analitică și diferențială, Ecuații diferențiale, Programarea calculatoarelor și limbaje de
-------------------	---



	programare 1, Bazele Termotehnicii, Mecanica Fluidelor, Bazele Aerodinamicii., Metode numerice, Metode cu diferențe finite.
4.2 de rezultate ale învățării	MATLAB, FORTRAN

5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților didactice (acolo unde este cazul)

5.1 de desfășurare a cursului	Prelegere tablă, videoproiector, dialog interactiv
5.2 de desfășurare a seminarului/laboratorului/proiectului	Prelegere interactivă la tablă cu prezentarea sintetică a modelelor de analiză ce urmează a fi utilizate la aplicații concrete, numerice.

6. Obiectiv general

Studentii să se familiarizeze cu proprietățile fluidelor și cu aplicațiile dinamicii fluidelor. Să rezolve probleme care sunt modelate folosind principiile de conservare ale dinamicii gazelor Să identifice diferitele tipuri de formulări integrale și diferențiale ale ecuației de continuitate, ale ecuației Navier-Stokes și ale ecuației de conservare a energiei.

Studentul să fie capabil să înțeleagă și să aprofundeze noțiunile predate la curs, după care să fie capabil să rezolve probleme care sunt modelate folosind principiile de conservare ale dinamicii gazelor.

7. Rezultatele învățării

Cunoștințe	La finalul disciplinei, studenții vor înțelege cadrul matematic al cursului: calcul tensorial și vectorial, operatorii ∇ (gradient, divergență, rotor, Laplace) și exprimarea lor în coordonate carteziane, cilindrice și sferice. Vor cunoaște conceptele fundamentale ale mediului continuu, mărimile de stare și criteriile adimensionale și vor explica clasificarea curgerilor (mono/multifazic, omogen/heterogen, intern/extern). Vor stăpâni ecuațiile generale de transport: continuitate, impuls (Euler/Navier–Stokes), energie și entropie (Crocco), în forme integrală și locală. Vor recunoaște regimurile compresibile izentropice, numărul Mach, mărimile statice și frânate, undele de șoc și de expansiune, precum și principiile ajutoarelor și ale curgerilor supersonice 2D/axialsimetrice; vor avea baze solide despre stratul limită laminar incompresibil.
Abilități	Studentii vor ști să aplice operatorii și schimbările de coordonate pentru a deduce relații diferențiale și integrale în rezolvarea problemelor. Vor ști să formuleze și să manipuleze modelele Euler/Navier–Stokes, să aleagă ipotezele potrivite și să treacă între forme integrală și locală. Vor ști să determine parametrii izentropici și Mach, să evalueze stări înainte/după șocuri și expansiuni și să estimeze debite maxime și pierderi în conducte și ajutoare (inclusiv Laval). Vor ști să utilizeze metoda caracteristicilor și ecuația Taylor–Maccoll pentru regimuri supersonice și să aplice metodele Blasius, Kármán–Pohlhausen și Thwaites pentru analiza stratului limită. Vor ști să folosească instrumente digitale (MATLAB/Python) pentru calcul, vizualizare și validare cu tabele/diagrame standard.



Responsabilitate și autonomie	Selectează și analizează surse bibliografice potrivite. Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate. Studenții vor trebui să participe activ la prelegeri, să își actualizeze notițele și să folosească materialele postate pe MOODLE pentru învățare continuă. Manifestă colaborare cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice. Demonstrează autonomie în organizarea activității de învățare sau a problemelor de rezolvat. Manifestă responsabilitate socială prin implicarea activă în viața socială studențească/implicare în evenimentele din comunitatea academică. Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate, pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale. Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei
--------------------------------------	---

8. Metode de predare

Curs: În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri susținute prin prezentări PowerPoint și materiale video, puse la dispoziția studenților. Fiecare curs va începe cu o recapitulare a capitolelor parcurse, cu accent pe temele discutate la ultima întâlnire. Expunerea va îmbina slide-urile proiectate cu demonstrații la tablă (formule și ecuații) și cu exemple suplimentare care nu se regăsesc în prezentări.

Seminar: Dialog interactiv cuprinzând clarificări ale cursului și ale temelor de casă/proiectelor.

9. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
I	CALCUL TENSORIAL ȘI VECTORIAL. OPERATORI. 1.1. Noțiuni de calcul tensorial 1.1.1. Noțiuni de calcul vectorial 1.1.2. Tensori de ordinul p 1.1.3. Proprietăți ale tensorilor de ordinul p 1.2. Operatori 1.2.1. Gradientul unui tensor 1.2.2. Divergența unui tensor 1.2.3. Rotorul unui tensor 1.2.4. Operatorul lui Laplace Δ 1.3. Operatorii în coordonate curbilinii 1.4. Coordonate curbilinii particulare 1.4.1. Coordonatele cilindrice 1.4.2. Coordonatele sferice 1.5. Formule cu operatori 1.6. Formule integrale 1.6.1. Formule diferențiale 1.6.2. Derivata totală a unei mărimi oarecare	2
II	CONCEPTE, DEFINIȚII, CLASIFICĂRI. 2.1. Generalități 2.2. Mărimi fundamentale 2.3. Criterii adimensionale	2



	2.3.1. Conceptul de mediu continuu 2.3.2. Clasificarea mediilor continue 2.3.3. Clasificarea curgerilor 1.3.3.1. Curgerile monofazice vs. curgerile multifazice 1.3.3.2. Curgerea omogenă vs. curgerea heterogenă. 1.3.3.3. Curgeri, interne, externe	
III	ECUAȚIILE GENERALE DE TRANSPORT ALE DINAMICII GAZELOR 3.1. Teorema de transport Reynolds 3.2. Ecuatiile generale ale dinamicii gazelor 3.2.1. Ecuația generală de transport sub formă integrală și local 3.3. Ecuația conservării masei totale (ecuația de continuitate) 3.3.1. Forma integrală 3.3.2. Forma locală 3.4. Ecuația de transport a impulsului sau ecuația Navier-Stokes 3.4.1. Forma integrală 3.4.2. Ecuația constitutivă a tensorului Cauchy 3.4.3. Forma locală sau ecuația Navier-Stokes 3.4.4. Teorema impulsului în a doua formă integrală 3.4.5. Cazul mișcărilor incompresibile 3.5. Ecuația de transport a masei pentru o componentă 3.5.1. Forma integrală 3.5.2. Forma locală 3.6. Ecuația de transport a energiei 3.6.1. Forma integrală 3.6.2. Forme locale ale ecuației energiei 3.7. Procese ireversibile. Formularea locală a principiului al doilea al termodinamicii. 3.7.1. Ecuația entropiei pentru mișcări reversibile verifică ecuația generală de transport 3.7.2. Ecuația lui Crocco	6
IV	FORMULAREA CONSERVATIVĂ ȘI PRIMITIVĂ A ECUAȚIILOR GENERALE ALE DINAMICII GAZELOR 4.1. FORMULAREA CONSERVATIVĂ A ECUAȚIILOR DE MIȘCARE 4.1.1. Modelul Navier-Stokes 4.1.2. Modelul Euler 4.2. FORMULAREA PRIMITIVĂ 4.2.1. Ecuatiile lui EULER în 2D 4.2.2. Determinarea valorilor și vectorilor proprii ale matricelor 4.2.3. Ecuatiile lui EULER în 1D 4.2.4. Determinarea valorilor și vectorilor proprii ale matricelor 4.3. Variabile caracteristice	3
V	MIȘCĂRI COMPRESIBILE IZENTROPICE 5.1. Mișcări compresibile ale gazelor ideale 5.1.1. Gaz perfect 5.1.2. Legile termodinamice 5.1.3. Curgere izentropică 5.1.4. Determinarea vitezei sunetului 5.1.5. Numarul Mach	2



	5.1.6. Mărimi statice și frânate 5.2. Propagarea perturbațiilor unidimensionale de mică intensitate 5.3. Ecuația energiei (sau ecuația presiunii) 5.4. Relații între mărimile de stare ale gazului 5.5. Viteza critică Exprimarea parametrilor de stare în funcție de numărul lui Ceaplăghin	
VI	CURGERI COMPRESIBILE UNIDIMENSIONALE 6.1. Undele de șoc plane 6.2. Unda de șoc normală 6.3. Variația entropiei, pierderea de presiune prin unda de șoc 6.4. Unda de șoc oblică 6.5. Expansiunea unui curent supersonic 6.6. Familii de unde. Reflexia și interacțiunea undelor de șoc și a undelor de expansiune 6.7. Curgerea prin conducte 6.8. Ajutaje convergente 6.9. Determinarea debitului maxim 6.10. Ajutaje Laval	6
VII	CURGERI COMPRESIBILE PLANE SI AXIAL-SIMETRICE 7.1. Unda de șoc conică 7.2. Ecuația Taylor-Maccoll 7.2.1. Aproximația de ordinul zero 7.3. Metoda caracteristicilor pentru studiul mișcărilor supersonice	3
VIII	FLUIDE VÂSCOASE INCOMPRESIBILE 8.1. Similitudinea în mecanica fluidelor vâskoase. 8.2. Mișcarea în stratul limită laminar 8.3. Mișcarea vâscoasă în jurul plăcii plane fără incidență (Soluția lui Blasius). 8.3.1. Ecuația integrală a lui Karman 8.3.2. Desprinderea stratului limită. 8.3.3. Metodă aproximativă pentru studiul stratului limită pe placa plană fără incidență. 8.4. Metoda polinoamelor (metoda lui Karman și Polhausen). Metoda Thwaites	4
Total:		28

Bibliografie:

1. Suport de curs electronic. Cursurile complete in pdf pe Moodle.
2. Bogoi. A., Dănăilă S. , Isvoranu D., Ecuațiile generale de transport ale dinamicii fluidelor, Editura Monitorul Oficial, 2021. (563 pag), ISBN:978-973-0-34559-9
3. Berbente C., Constantinescu N.V., "Dinamica gazelor", Ed. U.P.B., 1977.
4. Dănăilă S., Berbente C., "Metode numerice în dinamica fluidelor", Ed. Acad. Rom, 2003.
5. Lai W.M., Rubin D., Krempel E., "Introduction to continuum mechanics", Butterworth Heinemann, 1993.
6. Mase G.E., Continuum mechanics, McGraw Hill, 1970.
7. Zucker R.D., Biblarz, O., "Fundamentals of gas dynamics", John Wiley & Sons, 2002
8. Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E. N., Transport phenomena, John Wiley & Sons, 2002
9. Dragoș L., Mecanica mediilor continue, Ed. Tehnică, 1983.
10. Bejan A., Termodinamică tehnică avansată, Ed. Tehnică, 1996
11. White F.M., Fluid mechanics, McGraw Hill Book Co., 1979.
12. Anderson, J.D., "Modern Compressible Flow With Historical Perspective, Mc Graw Hill, 2nd edition, 2003
13. Lipmann, H.W., Roshko, A., Elements of gas dynamics, John Wiley & Sons Inc. (1957), Dover Publications (2002). • Thompson, P. A., Compressible fluid dynamics, Mc Graw Hill, 1972.
14. Fox, R.W. and Mc Donald, A.T., Introduction to Fluid Mechanics, 6 th ed., John Wiley, 2003.



15. C. Berbente, N.V. Constantinescu – “Dinamica Gazelor și Aerotermochimie” (Vol.1 și 2), Lit. UPB, București, 1980
16. E. Carafoli, V.N. Constantinescu – “Dinamica Fluidelor Compresibile”, Ed. Academiei, București, 1984

LABORATOR/ SEMINAR/PROIECT		
Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1.	Calcul tensorial și vectorial. Operatori Probleme de calcul al gradientului, divergenței, rotorului și lui Laplace în cartezian/cilindric/sferic (cu verificarea identităților vectoriale). Probleme de transformare a componentelor tensorilor între sisteme de coordonate și de stabilire a ordinului unui tensor. Probleme cu formule integrale (Gauss–Ostrogradski, Stokes) și derivata totală/materială a unei mărimi.	2
2.	Concepte, definiții, clasificări Probleme de identificare a mărimilor fundamentale și de alegere a scărilor de referință. Probleme de clasificare a curgerilor (mono vs. multifazic; omogen vs. heterogen; intern vs. extern) pe scenarii tehnice.	1
3.	Ecuațiile generale de transport Probleme de aplicare a teoremei de transport Reynolds pentru volume de control fixe/mobile. Probleme de deducere și utilizare a formelor integrală și locală pentru continuitate, impuls (Navier–Stokes) și energie. Probleme de bilanț de căldură și lucru, forțe de volum/suprafață (tensorul Cauchy) și producție de entropie; verificarea relației Crocco în cazuri simple.	7
4.	Formularea conservativă și primitivă Probleme de conversie între forme conservative și primitive ale ecuațiilor. Probleme de eigen-analiză pentru Euler 1D/2D (valori/vect. proprii, variabile caracteristice). Probleme de tip Riemann elementare (șoc/rarefacție) și discuții de condiții la frontieră.	2
5.	Mișcări compresibile izentropice Probleme de viteza sunetului, numărul Mach, mărimi statice și frânate și viteza critică . Probleme de relații izentropice (raport presiune–temperatură–densitate, Mach–arie). Probleme de perturbații mici 1D (ecuația presiunii/acustică) și parametrul Ceaplâghin .	4
6.	Curgeri compresibile unidimensionale Probleme cu unda de șoc normală/plană : determinarea stărilor înainte/după și a variației entropiei . Probleme cu șoc oblic (diagrame θ – β – M) și cu ventilatoare de expansiune Prandtl–Meyer . Probleme de curgere prin conducte (pierderi, regimuri limită) și ajutaje : convergente/Laval, înec, debit maxim, adaptarea la contrapresiune . Simulări numerice pentru determinarea caracteristicilor termodinamice și cinematice pentru diferite tipuri de unde.	6



7.	Curgeri plane și axial-simetrice Probleme cu unda de șoc conică: unghiul șocului pentru con la Mach dat. Probleme de integrare a ecuației Taylor–Maccoll (aproximația de ordinul zero și ref. numerică). Probleme prin metoda caracteristicilor pentru proiectarea câmpurilor supersonice (ex.: rețea MOC pentru o duză).	3
8.	Fluide vâscoase incompresibile Probleme de similitudine și scalare (Reynolds, ordini de mărime). Probleme de strat limită laminar pe placă plană: soluția Blasius, coeficient de frecare, grosimi. Probleme cu ecuația integrală a lui Kármán, desprinderea stratului limită și metode Kármán–Pohlhausen / Thwaites pentru estimarea forțelor și rezistenței.	3
Total:		28

Bibliografie:

1. Suport de curs electronic. Cursurile complete in pdf pe Moodle.
2. Bogoi. A., Dănăilă S., Isvoranu D., Ecuațiile generale de transport ale dinamicii fluidelor, Editura Monitorul Oficial, 2021. (563 pag), ISBN:978-973-0-34559-9
3. Berbente C., Constantinescu N.V., “Dinamica gazelor”, Ed. U.P.B., 1954.
4. Dănăilă S., Berbente C., “Metode numerice în dinamica fluidelor”, Ed. Acad. Rom, 2003.
5. Lai W.M., Rubin D., Krempel E., “Introduction to continuum mechanics”, Butterworth Heinemann, 1993.
6. Mase G.E., Continuum mechanics, McGraw Hill, 1970.
7. Zucker R.D., Biblarz, O., “Fundamentals of gas dynamics”, John Wiley & Sons, 2002
8. Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E. N., Transport phenomena, John Wiley & Sons, 2002
9. Dragoș L., Mecanica mediilor continue, Ed. Tehnică, 1983.
10. Bejan A., Termodinamică tehnică avansată, Ed. Tehnică, 1996
11. White F.M., Fluid mechanics, McGraw Hill Book Co., 1979.
12. Anderson, J.D., “Modern Compressible Flow With Historical Perspective, Mc Graw Hill, 2nd edition, 2003
13. Lipmann, H.W., Roshko, A., Elements of gas dynamics, John Wiley & Sons Inc. (1957), Dover Publications (2002). • Thompson, P. A., Compressible fluid dynamics, Mc Graw Hill, 1972.
14. Fox, R.W. and Mc Donald, A.T., Introduction to Fluid Mechanics, 6 th ed., John Wiley, 2003.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	Rezolvarea subiectelor date la lucrarea scrisă (Lucrare scrisă cuprinde întrebări de sinteză, cu caracter aplicativ și care necesită calcule concrete).	Examen final	50%
	Rezolvarea subiectelor date la lucrarea scrisă (Lucrare scrisă cuprinde întrebări din primele 4 capitole, cu caracter aplicativ și care necesită calcule concrete).	Testare pe parcurs în a 7 sau 8 săptămână	20%
10.5 Seminar/laborator/proiect	Activitate la seminar/lucrările de laborator (simulări numerice) în timpul semestrului	Teste tip quizz, rezolvare de	15%



		exerciții la tablă sau calculator.	
	Temă de casă pe echipe.	Prezentare scrisă docx /pptx și/sau pe calculator împreună cu o scurtă susținere orală.	10%
	Susținere temă de casă pe echipe.	Prezentare orală în echipă	5%

10.6 Condiții de promovare

Punctajul final:

50% din punctajul obținut în urma rezolvării subiectelor de examen și

50% din punctajul aferent activității pe parcursul semestrului

Punctajul final se face prin adunarea punctajelor din evaluări. Condiția de promovare este de minim 50 de puncte.

Data completării

Titular de curs

Titular(ii) de aplicații

Conf. Dr. Ing. Mat. Alina BOGOI

Conf. Dr. Ing. Mat. Alina BOGOI

Data avizării în
departament

Director de departament

Data aprobării în
Consiliul Facultății

Decan