

FIȘA DISCIPLINEI

Numerical analysis in problems of fluid-structure interaction
2018-2019

1. Date despre program

1.1	Instituția de învățământ superior	Universitatea din Pitești
1.2	Facultatea	Mecanică și Tehnologie
1.3	Departamentul	Autovehicule și Transporturi
1.4	Domeniul de studii	Ingineria Autovehiculelor
1.5	Ciclul de studii	Master
1.6	Programul de studiu / calificarea	IAMD / Inginer IAMD

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei					Numerical analysis in problems of fluid-structure interaction						
2.2 Titularul activităților de curs					Conf. univ. dr. Loredana BĂLILESCU						
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator					Conf. univ. dr. Loredana BĂLILESCU						
2.4 Anul de studii		I	2.5 Semestrul		II	2.6 Tipul de evaluare		E	2.7 Regimul disciplinei		O

3. Timpul total estimat

3.1	Număr de ore pe săptămână	2	3.2	din care curs	1	3.3	S / L / P	1
3.4	Total ore din planul de învăț.	28	3.5	din care curs	14	3.6	S / L / P	14
Distribuția fondului de timp alocat studiului individual								ore
Studiu după manual, suport de curs, bibliografie și notițe								9
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren								4
Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii, eseuri								3
Tutorat								2
Examinări								3
Alte activități								
3.7	Total ore studiu individual	21						
3.8	Total ore pe semestru	49						
3.9	Număr de credite							

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1	De curriculum	-
4.2	De competențe	Cunoștințe legate de: Operația de derivare a funcțiilor de mai multe variabile. Rezolvarea ecuațiilor cu derivate parțiale. Metoda elementului finit.

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1	De desfășurare a cursului	Sală dotată cu videoproiector și tablă.
5.2	De desfășurare a laboratorului	Sală dotată cu videoproiector, tablă și calculatoare.

6. Competențe specifice vizate

Competențe profesionale	CP2 – modeling and numerical simulation of various components, subassemblies and assemblies of vehicles, in the context of minimizing the number of physical prototypes
Competențe transversale	CT1 – documentation and capitalization of information

7. Obiectivele disciplinei

7.1	Obiectivul general al disciplinei	Să asimileze noțiunile de bază ale matematicii superioare necesare integrării disciplinelor fundamentale ale viitorului inginer.
7.2	Obiectivele specifice	<i>Obiective cognitive</i> Cunoașterea noțiunilor de bază privind cinematica, dinamica fluidelor, structurile mecanice și interacțiunea fluid-structură; cunoașterea ecuațiilor Navier-Stokes, cazul fluidului incompresibil; discretizarea ecuațiilor cu derivate parțiale; <i>Obiective procedurale</i>

	Aplicarea corectă a metodelor și tehnicilor utilizate în matematică: pentru rezolvarea ecuațiilor cu derivate parțiale, a ecuațiilor Navier-Stokes, a problemelor de interacțiune fluid-structură; , probleme la limită, probleme de discretizare în variabila timp și spațiu. <i>Obiective atitudinale</i> Crearea deprinderilor practice în efectuarea unei lucrări, a unor calcule, demonstrații și aplicații matematice specifice, dar și de a interpreta corespunzător rezultatele obținute.
--	--

8. Conținuturi

8.1. Curs		Nr. ore	Metode de predare	Observații Resurse folosite
1	Introducere: motivația studierii problemelor de interacțiune fluid-structură, metoda elementului finit.	2	Prelegerea Expunerea cu material suport Explicația Descrierea și exemplificarea Demonstrația Conversația euristică Problematizarea Exercițiul	Videoproiector. Tabla.
2	Problema Stokes cu condiții la limită de tip Dirichlet. 1. Formularea mixtă a problemei. 2. Condiția "inf-sup" continuă. 3. Aproximarea prin elemente finite și condiția "inf-sup" discretă. Analiza convergenței.	2		
3	Problema Navier-Stokes cu condiții la limită de tip Dirichlet. 1. Formularea problemei. 2. Discretizarea completă a formulării mixte a problemei Navier-Stokes. 3. Metode de descompunere a operatorilor (metoda proiecției, metoda lui Glowinski, etc). Metoda caracteristicilor (semidiscretizare în timp, stabilitate, estimarea erorii).	2		
4	Problema de interacțiune fluid-solid rigid cu condiții la limită de tip Dirichlet. 1. Descrierea sistemului de ecuații: Navier-Stokes pentru fluid și legea Newton pentru solidul rigid. 2. Semi-discretizare în timp a formulării mixte a problemei. 3. Discretizarea completă prin metoda Lagrange-Galerkin. 4. Definiții și proprietăți ale schimbării de variabilă. 5. Estimarea erorii de convergență în cazul în care densitatea fluidului este diferită de cea a solidului. 6. Metoda caracteristicii modificată în cazul densităților diferite.	2		
5	Problema de interacțiune fluid-solid deformabil cu condiții la limită de tip Dirichlet.	2		
6	Problema Navier-Stokes și probleme de interacțiune fluid-structură cu condiții la limită de tip Coulomb.	4		

Bibliografie

1. L. Băilescu, J. San Martín, T. Takahashi, Fluid-rigid structure interaction system with Coulomb's law, SIAM Journal on Mathematical Analysis (SIMA) (2017), 49(6), 4625-4657 (33 pages).
2. L. Băilescu, J. San Martín, T. Takahashi, On the Navier-Stokes equation with Coulomb friction law boundary condition, Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik (2017) 68:3.
3. S.C. Brenner, L.R. Scott, The mathematical theory of finite element methods. Texts in Applied Mathematics, 15. Springer-Verlag, 1994.
4. P.G. Ciarlet, The finite element method for elliptic problems. Studies in Mathematics and its Applications, North-Holland, 1978.
5. L. Formaggia and F. Nobile. A stability analysis for the Arbitrary Lagrangian Eulerian formulation with finite elements. East-West J. Numer. Math., 7(1):105-132, 1999.
6. G. P. Galdi. "An introduction to the mathematical theory of the Navier-Stokes equations", volume I, Linearised Steady Problems. Springer, 1994.
7. G. P. Galdi. "An introduction to the mathematical theory of the Navier-Stokes equations", volume II, Nonlinear Steady Problems. Springer, 1994.
8. L. Gastaldi. A priori error estimates for the Arbitrary Lagrangian Eulerian formulation with finite elements. East-West J. Numer. Math., 9(2):123-156, 2001.
9. V. Girault, P.-A. Raviart, Finite element approximation of the Navier-Stokes equations, Springer-Verlag, 1981.
10. G. Legendre, T. Takahashi, Convergence of a Lagrange-Galerkin method for a fluid-rigid body system in ALE formulation, ESAIM Math. Model. Numer. Anal., 42(4), p. 609-644, (2008).
11. J. San Martín, J.-F. Scheid, T. Takahashi, M. Tucsnak, Convergence of the Lagrange-Galerkin method for the equations modelling the motion of a fluid-rigid system. SIAM J. Numer. Anal., 43(4):1539-1571, 2005.
12. J. San Martín, L. Smaranda, T. Takahashi, Convergence of a finite element/ALE method for the Stokes equations in a domain depending on time, Journal of Computational and Applied Mathematics 230, Issue 2, pp. 521-545, 2009.
13. J. San Martín, J.-F. Scheid, L. Smaranda, A modified Lagrange-Galerkin method for a fluid-rigid system with discontinuous density, Numerische Mathematik 122, No. 2 (2012), pp.341-382.

14. J. San Martín, J.-F. Scheid, L. Smaranda, A time discretization scheme of a characteristics method for a fluid-rigid system with discontinuous density, *Comptes Rendus Mathématique* 348, No. 15-16 (2010), pp. 935-939.
15. J. San Martín, J.-F. Scheid, L. Smaranda, The Lagrange–Galerkin method in fluid–structure interaction problems, *Boundary Value Problems* 2013:246.
16. E. Suli, Convergence and nonlinear stability of the Lagrange-Galerkin method for the Navier-Stokes equations, *Numer. Math.*, 53(4):459-483, 1988.
17. R. Temam, *Navier-Stokes equations*, North-Holland, 1984.
18. A. Quarteroni, A. Valli, *Numerical approximation of partial differential equations*. Springer Series in Computational Mathematics, 23. Springer-Verlag, Berlin, 1994.
19. <https://freefem.org/>

8.2. Aplicații: Seminar / Laborator / Teme de casă		Nr. ore	Metode de predare	Observații Resurse folosite
1	Descrierea metodei ALE (Arbitrary Lagrangian Eulerian Method).	2	Explicația Descrierea și exemplificarea Demonstrația Conversația euristică Problematizarea Exercițiul Programare	Calculator. Videoproiector. Tabla.
2	Convergența metodei ALE în cazul problemei Stokes.	2		
3	Convergența metodei Lagrange-Galerkin pentru un sistem fluid-solid rigid în formularea ALE.	2		
4	Programare în FreeFEM.	8		

Bibliografie

1. L. Băilescu, J. San Martín, T. Takahashi, Fluid–rigid structure interaction system with Coulomb’s law, *SIAM Journal on Mathematical Analysis* (SIMA) (2017), 49(6), 46254657 (33 pages).
2. L. Băilescu, J. San Martín, T. Takahashi, On the Navier–Stokes equation with Coulomb friction law boundary condition, *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik* (2017) 68:3.
3. S.C. Brenner, L.R. Scott, *The mathematical theory of finite element methods*. Texts in Applied Mathematics, 15. Springer-Verlag, 1994.
4. P.G. Ciarlet, *The finite element method for elliptic problems*. Studies in Mathematics and its Applications, North-Holland, 1978.
5. L. Formaggia and F. Nobile. A stability analysis for the Arbitrary Lagrangian Eulerian formulation with finite elements. *East-West J. Numer. Math.*, 7(1):105-132, 1999.
6. G. P. Galdi. “An introduction to the mathematical theory of the Navier-Stokes equations”, volume I, *Linearised Steady Problems*. Springer, 1994.
7. G. P. Galdi. “An introduction to the mathematical theory of the Navier-Stokes equations”, volume II, *Nonlinear Steady Problems*. Springer, 1994.
8. L. Gastaldi. A priori error estimates for the Arbitrary Lagrangian Eulerian formulation with finite elements. *East-West J. Numer. Math.*, 9(2):123-156, 2001.
9. V. Girault, P.-A. Raviart, *Finite element approximation of the Navier-Stokes equations*, Springer-Verlag, 1981.
10. G. Legendre, T. Takahashi, Convergence of a Lagrange-Galerkin method for a fluid-rigid body system in ALE formulation, *ESAIM Math. Model. Numer. Anal.*, 42(4), p. 609-644, (2008).
11. J. San Martín, J.-F. Scheid, T. Takahashi, M. Tucsnak, Convergence of the Lagrange-Galerkin method for the equations modelling the motion of a fluid-rigid system. *SIAM J. Numer. Anal.*, 43(4):1539-1571, 2005.
12. J. San Martín, L. Smaranda, T. Takahashi, Convergence of a finite element/ALE method for the Stokes equations in a domain depending on time, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 230, Issue 2, pp. 521-545, 2009.
13. J. San Martín, J.-F. Scheid, L. Smaranda, A modified Lagrange-Galerkin method for a fluid-rigid system with discontinuous density, *Numerische Mathematik* 122, No. 2 (2012), pp.341-382.
14. J. San Martín, J.-F. Scheid, L. Smaranda, A time discretization scheme of a characteristics method for a fluid-rigid system with discontinuous density, *Comptes Rendus Mathématique* 348, No. 15-16 (2010), pp. 935-939.
15. J. San Martín, J.-F. Scheid, L. Smaranda, The Lagrange–Galerkin method in fluid–structure interaction problems, *Boundary Value Problems* 2013:246.
16. E. Suli, Convergence and nonlinear stability of the Lagrange-Galerkin method for the Navier-Stokes equations, *Numer. Math.*, 53(4):459-483, 1988.
17. R. Temam, *Navier-Stokes equations*, North-Holland, 1984.
18. A. Quarteroni, A. Valli, *Numerical approximation of partial differential equations*. Springer Series in Computational Mathematics, 23. Springer-Verlag, Berlin, 1994.
19. <https://freefem.org/>

9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori din domeniul aferent programului

În vederea actualizării și îmbunătățirii conținutului disciplinei am participat la următoarele activități: workshop-uri cu participarea unor specialiști în domeniu, schimb de bune practici cu colegi din alte centre universitare.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
----------------	---------------------------	-------------------------	------------------------------

10.4 Curs	Participarea activă la curs. Frecvența intervențiilor orale. Capacitatea de a opera cu cunoștințele asimilate. Capacitatea de a corela cunoștințe și de a le aplica în cazuri particulare. Corectitudinea și complectitudinea cunoștințelor. Înțelegerea și aplicarea corectă a problematicei specifice. Capacitatea de analiză și sinteză.	Examen scris	50%
10.5 Seminar / Laborator / Referat	Frecvența și corectitudinea intervențiilor orale și scrise. Capacitatea de a opera cu cunoștințele asimilate. Capacitatea de a corela cunoștințe și de a le aplica în cazuri particulare. Corectitudinea și complectitudinea cunoștințelor. Corectitudinea, calitatea și complectitudinea referatului.	Proiect Activitate laborator	40% 10%
10.6 Standard minim de performanță	Rezolvarea unei probleme complet definite, de complexitate medie, din domeniul fundamental al științelor ingineresti		

Data completării
21.09.2018

Titular de curs,
Conf. univ.dr. Loredana Bălilescu

Titular de laborator,
Conf.univ.dr. Loredana Bălilescu

Data avizării în departament

Director de departament DMI,
(prestator)
Conf.univ.dr. Doru Constantin

Director departament DAT,
(beneficiar)
Conf.univ.dr.ing. Adrian Clenci