



Universitatea Națională de Știință și Tehnologie

POLITEHNICA București

Școala doctorală de Inginerie Aerospațială

FIȘA DISCIPLINEI/ SYLLABUS

1. Date despre program/Program information

1.1 Instituția de învățământ superior/ Higher Education Institution	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA din București/ National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest
1.2 Școala doctorală/ Doctoral school	Inginerie Aerospațială/ Aerospace Engineering
1.3. Domeniul de studii universitare	Inginerie Aerospațială/ Aerospace Engineering
1.4. Ciclul de studii universitare	Doctorat
1.5. Limba de predare	Română/ English (if it is the case for foreign students)
1.6. Locația geografică de desfășurare a studiilor	București/ Bucharest

2. Date despre disciplină/ Course data

2.1 Denumirea disciplinei/ Course title (ro) (en)	Mecanisme compliante cu aplicatii in domeniul aerospațial Compliant mechanisms with applications in the aerospace field						
2.2 Titularul/ii activităților de curs/ Course holder	Conducătorul de doctorat/ PhD coordinator						
2.3. Anul de studiu/ Academic year	1	2.4. Semestrul/ Semester	I	2.5. Forma de evaluare/ Evaluation type	V	2.6 Tipul/ regimul disciplinei/ Course regime	Ob ¹
2.7. Categoria formativă/ Formative category	S ²		2.8. Codul disciplinei/ Discipline code				

3. Timpul total (ore pe semestru al activităților didactice)/ Total estimated time (hours per semester of teaching activities)

3.1 Total ore pe semestru/ Total hours of per semester	200 ³ (28 curs si proiect /172 studiu individual) 28 hours (course and project) / 172 hours (individual study)
3.2 Numărul de credite/ Number of ECTS	8 ⁴

4. Precondiții (acolo unde este cazul)/ Preconditions (where applicable)

4.1 de curriculum/ for curriculum	Parcursarea disciplinelor: Rezistența materialelor, Proiectarea asistată de calculator, Tehnologii de fabricație, Mecanisme și organe de mașini, Introducere în ingineria materialelor, Modelare și simulare numerică, Controlul calității. Completion of the following courses: Strength of Materials, Computer-Aided Design (CAD), Manufacturing Technologies, Mechanisms and Machine Elements, Introduction to Materials
-----------------------------------	--

¹ Obligatorie / Opțională / Facultativă – Se va completa conform planului de învățământ.

² Fundamentală / de specialitate/ complementare – Se va completa conform planului de învățământ.

³ Se va calcula ținând cont că se acordă un credit pentru volumul de muncă care îi revine unui student cu frecvență la zi pentru a echivala 25/30 de ore de pregătire pentru dobândirea rezultatelor învățării.

⁴ Se va completa conform planului de învățământ.



	Engineering, Numerical Modeling and Simulation, Quality Control.
4.2 de rezultate ale învățării/ for learning outcomes	Cunoașterea principiilor mecanicii solide, noțiuni de deformabilitate a materialelor, abilități de proiectare CAD/CAE, înțelegerea metodelor de fabricație tradiționale și neconvenționale, capacitatea de a interpreta desene tehnice și rezultate de simulare mecanică. Knowledge of solid mechanics principles, understanding of material deformability concepts, CAD/CAE design skills, comprehension of traditional and non-conventional manufacturing methods, and the ability to interpret technical drawings and mechanical simulation results.

5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților didactice (acolo unde este cazul)/
Necessary conditions for the optimal performance of teaching activities (where applicable)

5.1 de desfășurare a cursului/ for the course	Laborator dotat cu software CAD (SolidWorks/Fusion 360), software FEA (ANSYS/COMSOL) Laboratory equipped with CAD software (SolidWorks/Fusion 360) and FEA software (ANSYS/COMSOL).
---	--

6. Obiectiv general/ General objective of the course

Disciplina "Mecanisme compliant cu aplicații în domeniul aerospațial" este integrată în cadrul domeniului de doctorat INGINERIE AEROSPAȚIALĂ și are ca scop familiarizarea studenților cu conceptele fundamentale și avansate referitoare la mecanismele compliant și aplicabilitatea acestora în sisteme și structuri utilizate în ingineria aerospațială. Cursul își propune să ofere o viziune de ansamblu asupra comportamentului elastic controlat al structurilor fără îmbinări rigide și să dezvolte capacitatea studenților de a înțelege, proiecta și analiza astfel de mecanisme în contexte specifice aviației, spațiului și roboticii aerospațiale.

Printre temele abordate se numără:

- Principiile de funcționare ale mecanismelor compliant și diferențele față de mecanismele clasice;
- Comportamentul elastic și deformabilitate controlată în structuri flexibile;
- Rolul mecanismelor compliant în aplicații aerospațiale: actuatori, structuri reconfigurabile, elemente de absorbție a vibrațiilor;
- Noțiuni de fiabilitate, durabilitate și integrare în sisteme complexe;
- Analiza performanței și influența parametrilor constructivi asupra funcționalității;
- Exemple de aplicații reale: sateliți cu structuri pliante, elemente flexibile pentru drone, sisteme de poziționare fină.

Toate aceste teme contribuie la transmiterea și formarea unei viziuni de ansamblu asupra reperelor metodologice, tehnologice și procedurale specifice fabricării mecanismelor compliant.

The course "Compliant Mechanisms with Applications in the Aerospace Field" is integrated within the PhD domain of AEROSPACE ENGINEERING and aims to familiarize students with the fundamental and advanced concepts related to compliant mechanisms and their applicability in systems and structures used in aerospace engineering.



Universitatea Națională de Știință și Tehnologie

POLITEHNICA București

Școala doctorală de Inginerie Aerospațială

The course provides a comprehensive perspective on the controlled elastic behavior of structures without rigid joints and develops students' ability to understand, design, and analyze such mechanisms in specific contexts related to aviation, space systems, and aerospace robotics.

The main topics addressed include:

- The operating principles of compliant mechanisms and their differences compared to classical rigid mechanisms;
- Elastic behavior and controlled deformability in flexible structures;
- The role of compliant mechanisms in aerospace applications: actuators, reconfigurable structures, vibration-absorbing elements;
- Reliability, durability, and integration into complex systems;
- Performance analysis and the influence of constructive parameters on functionality;
- Real-world application examples: deployable satellite structures, flexible elements for drones, precision positioning systems.

All these topics contribute to developing a comprehensive understanding of the methodological, technological, and procedural frameworks specific to the design and manufacturing of compliant mechanisms in aerospace applications.

7. Rezultatele învățării/ Learning outcomes



La finalizarea disciplinei, doctorandul va fi capabil să:

- Explică fundamentele teoretice ale mecanismelor compliante și diferențele față de mecanismele rigide clasice.
- Descrie principiile comportamentului elastic neliniar aplicabile structurilor flexibile aerospațiale.
- Analizează criteriile de selecție a materialelor pentru aplicații compliante în condiții aerospațiale.
- Interpretează modelele matematice utilizate în analiza mecanismelor deformabile.
- Înțelege metodele avansate de modelare și simulare (FEM) pentru structuri compliante.
- Identifică parametrii constructivi care influențează performanța mecanismelor compliante.
- Explică mecanismele de concentrare și distribuție a tensiunilor în structuri flexibile.
- Analizează integrarea mecanismelor compliante în sisteme aerospațiale complexe.
- Evaluează implicațiile fiabilității și durabilității în proiectarea structurilor deformabile.
- Înțelege tendințele actuale și direcțiile de cercetare emergente în domeniul mecanismelor compliante aerospațiale.

Upon completion of the course, the doctoral candidate will be able to:

- Explains the theoretical foundations of compliant mechanisms and the differences compared to classical rigid mechanisms.
- Describes the principles of nonlinear elastic behavior applicable to flexible aerospace structures.
- Analyzes the material selection criteria for compliant applications under aerospace operating conditions.
- Interprets the mathematical models used in the analysis of deformable mechanisms.
- Understands advanced modeling and simulation methods (FEM) for compliant structures.
- Identifies the constructive parameters that influence the performance of compliant mechanisms.
- Explains stress concentration and distribution mechanisms in flexible structures.
- Analyzes the integration of compliant mechanisms into complex aerospace systems.
- Evaluates reliability and durability implications in the design of deformable structures.
- Understands current trends and emerging research directions in aerospace compliant mechanisms



La finalizarea disciplinei, doctorandul va fi capabil să:

- Modelează comportamentul elastic al unui mecanism compliant utilizând instrumente CAD/CAE.
- Aplică metode numerice pentru analiza neliniară a structurilor deformabile.
- Proiectează concepte preliminare de mecanisme compliante pentru aplicații aerospațiale specifice.
- Optimizează parametrii geometrici și materiali pentru îmbunătățirea performanței funcționale.
- Corelează rezultatele simulărilor numerice cu date experimentale.
- Identifică soluții inovative pentru reducerea masei și creșterea fiabilității structurilor.
- Integrează mecanisme compliante în arhitecturi aerospațiale adaptive sau reconfigurabile.
- Evaluează critic performanța unei soluții constructive în raport cu cerințele aplicației.
- Utilizează literatura științifică de specialitate pentru fundamentarea deciziilor tehnice.
- Argumentează și susține soluții tehnice într-un cadru științific avansat..

Upon completion of the course, the doctoral candidate will be able to:

- Models the elastic behavior of a compliant mechanism using CAD/CAE tools.
- Applies numerical methods for the nonlinear analysis of deformable structures.
- Designs preliminary concepts of compliant mechanisms for specific aerospace applications.
- Optimizes geometric and material parameters to improve functional performance.
- Correlates numerical simulation results with experimental data.
- Identifies innovative solutions for mass reduction and increased structural reliability.
- Integrates compliant mechanisms into adaptive or reconfigurable aerospace architectures.
- Critically evaluates the performance of a constructive solution in relation to application requirements.
- Uses specialized scientific literature to substantiate technical decisions.
- Argues for and defends technical solutions within an advanced scientific framework.



La finalizarea disciplinei, doctorandul va fi capabil să:

- Selectează și analizează surse bibliografice relevante pentru cercetare.
- Respectă principiile de etică academică și deontologie profesională.
- Citează corect sursele utilizate în lucrările științifice.
- Demonstrează autonomie în organizarea activităților de învățare și cercetare.
- Formulează concluzii proprii pe baza analizei critice a datelor.
- Evaluează corectitudinea și relevanța rezultatelor obținute.
- Identifică puncte tari și slabe ale soluțiilor propuse.
- Argumentează decizii și opțiuni metodologice.
- Manifestă responsabilitate socială în activitățile academice și de cercetare.
- Colaborează eficient cu colegi și cadre didactice.
- Gestionează responsabil timpul și resursele alocate cercetării.
- Demonstrează receptivitate față de contexte noi de învățare.
- Aplică principii etice în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse asupra mediului.
- Interpretează implicațiile sociale și economice ale soluțiilor ingineresti.
- Conștientizează rolul și contribuția proprie în dezvoltarea domeniului Ingineriei Aerospațiale.
- Integrează criteriile de sustenabilitate în proiectarea structurilor aérospațiale.

Upon completion of the course, the doctoral candidate will be able to:

- Select and critically analyze bibliographic sources relevant to their research.
- Adhere to the principles of academic ethics and professional deontology.
- Correctly cite sources used in scientific work.
- Demonstrate autonomy in organizing learning and research activities.
- Formulate independent conclusions based on the critical analysis of data.
- Assess the validity and relevance of obtained results.
- Identify the strengths and limitations of proposed solutions.
- Justify methodological decisions and choices with sound arguments.
- Demonstrate social responsibility in academic and research activities.
- Collaborate effectively with peers and faculty members.
- Manage time and research resources responsibly.
- Show openness to new learning contexts and academic environments.
- Apply ethical principles in evaluating the technological impact of proposed solutions on the environment.
- Interpret the social and economic implications of engineering solutions.
- Recognize their role and contribution to the advancement of Aerospace Engineering.
- Integrates sustainability criteria into the design of aerospace structures.

8. Metode de predare

Pornindu-se de la analiza caracteristicilor de învățare ale studenților și de la nevoile lor specifice, procesul de predare va integra metode expositive (prelegerea, expunerea), metode conversative și interactive (dezbateră, brainstorming), precum și metode de învățare prin descoperire (experimentul, demonstrația, modelarea). Accentul se va pune și pe metode practice bazate pe acțiune: exercițiul, lucrul aplicativ în laborator, studiile de caz și rezolvarea de probleme.

Fiecare curs va debuta cu o recapitulare activă a conținuturilor anterioare și o introducere clară a obiectivelor noii sesiuni. Vor fi utilizate prezentări multimedia, filmulețe demonstrative, animații, modele CAD, diagrame și scheme pentru susținerea vizuală a conceptelor discutate.

Demonstrațiile vor include simulări în softuri CAD/CAE și prototipări virtuale pentru a exemplifica modul de funcționare al structurilor compliant. Studenții vor fi implicați în completarea și dezvoltarea progresivă a acestor simulări.



Vor fi încurajate activitățile colaborative și participative, proiectele în echipă și implicarea în rezolvarea unor teme practice relevante. De asemenea, studenții vor fi stimulați să redacteze rapoarte, prezentări sau postere științifice pentru a-și exersa abilitățile de comunicare tehnică și de sinteză a informațiilor.

Activitățile vor urmări și dezvoltarea capacității de autoevaluare și de acordare a feedbackului constructiv în cadrul lucrului în echipă, contribuind la crearea unui climat educațional centrat pe student și pe învățarea activă.

Based on the analysis of students' learning characteristics and their specific needs, the teaching process will integrate expository methods (lecture, presentation), conversational and interactive methods (debate, brainstorming), as well as discovery-based learning approaches (experimentation, demonstration, modeling). Emphasis will also be placed on action-based practical methods, including exercises, laboratory work, case studies, and problem-solving activities.

Each lecture will begin with an active review of previously covered content and a clear presentation of the objectives of the new session. Multimedia presentations, demonstrative videos, animations, CAD models, diagrams, and schematic representations will be used to visually support and clarify the discussed concepts.

Demonstrations will include simulations performed in CAD/CAE software and virtual prototyping in order to illustrate the functional behavior of compliant structures. Students will be actively involved in the progressive development and refinement of these simulations.

Collaborative and participatory activities will be encouraged, including team-based projects and engagement in solving relevant practical problems. Students will also be stimulated to prepare scientific reports, presentations, or posters to enhance their technical communication and information synthesis skills.

The activities will further aim to develop students' capacity for self-assessment and constructive peer feedback within teamwork contexts, thereby contributing to the creation of a student-centered and active learning environment.

9. Conținuturi/ Course Contents

CURS		
Capitolul/ Chapter	Conținutul/ Course Contents	Nr. ore No. of hours
I	Introducere în mecanisme compliante <ul style="list-style-type: none">• Concept, definiții, istoric;• Clasificare și diferențiere de mecanismele clasice;• Domenii de utilizare în aerospațial. Introduction to Compliant Mechanisms <ul style="list-style-type: none">• Concept, definitions, and historical background;• Classification and differentiation from classical rigid mechanisms;• Areas of application in aerospace engineering.	1
II	Materiale și proprietăți <ul style="list-style-type: none">• Comportament elastic și proprietăți relevante;• Materiale polimerice, metalice, compozite;• Materiale cu memorie de formă în spațiu	2



	<p>Materials and Properties</p> <ul style="list-style-type: none"> Elastic behavior and relevant mechanical properties; Polymeric, metallic, and composite materials; Shape memory materials in space applications. 	
III	<p>Principii funcționale și tipologii</p> <ul style="list-style-type: none"> Concentratori de deformare; Mecanisme de transmisie compliant; Exemplificare: balamale flexibile, cleme, sisteme bistabile. <p>Functional Principles and Typologies</p> <ul style="list-style-type: none"> Deformation concentrators; Compliant transmission mechanisms; Examples: flexure hinges, compliant clamps, bistable systems. 	3
IV	<p>Aplicabilitate în domeniul aerospațial</p> <ul style="list-style-type: none"> Elemente de structură flexibilă pentru UAV și nanosateliți; Sisteme reconfigurabile și actuatori integrați; Exemple de implementări reale. <p>Applications in the Aerospace Field</p> <ul style="list-style-type: none"> Flexible structural elements for UAVs and nanosatellites; Reconfigurable systems and integrated actuators; Examples of real-world implementations. 	2
V	<p>Analiză și simulare</p> <ul style="list-style-type: none"> Modele simplificate de calcul; Principii FEM pentru structuri deformabile; Testare comparativă simulare vs. Realitate <p>Analysis and Simulation</p> <ul style="list-style-type: none"> Simplified analytical models; FEM principles for deformable structures; Comparative testing: simulation versus experimental validation. 	3
VI	<p>Tendințe și inovație</p> <ul style="list-style-type: none"> Cercetări recente și perspective de dezvoltare; Aplicații emergente în robotică soft aerospațială; Etică și sustenabilitate în proiectarea structurilor compliant <p>Trends and Innovation</p> <ul style="list-style-type: none"> Recent research and development perspectives; Emerging applications in aerospace soft robotics; Ethics and sustainability in the design of compliant structures. 	3
	Total:	14

Bibliografie/ References:

- Howell, L.L. (2001). "Compliant Mechanisms". Wiley-Interscience.
- Kota, S., et al. (2006). "Design and Fabrication of Compliant Mechanisms". ASME Journal of Mechanical Design.
- Jensen, B.D., et al. (1997). "Design of Compliant Mechanisms Using Topology Optimization".



PROIECT/PROJECT

Nr. crt. No.	Conținutul/ Content	Nr. ore No. Of hours
1.	<p>Analiza unui mecanism compliant utilizat într-un sistem aerospațial</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificarea aplicației; Evaluarea principiului de funcționare; Propuneri de îmbunătățire. <p>Analysis of a Compliant Mechanism Used in an Aerospace System</p> <ul style="list-style-type: none"> Identification of the application; Evaluation of the operating principle; Proposals for improvement. 	9
2.	<p>Proiectarea unui mecanism compliant nou cu aplicație specifică</p> <ul style="list-style-type: none"> Alegerea materialului și geometriei; Simulare funcțională; Prezentare și susținere orală. <p>Design of a New Compliant Mechanism for a Specific Application</p> <ul style="list-style-type: none"> Selection of material and geometry; Functional simulation; Presentation and oral defense. 	5
Total:		14

Bibliografie/References:

- Howell, L.L. (2001). "Compliant Mechanisms". Wiley-Interscience.
- Kota, S., et al. (2006). "Design and Fabrication of Compliant Mechanisms". ASME Journal of Mechanical Design.
- Jensen, B.D., et al. (1997). "Design of Compliant Mechanisms Using Topology Optimization". ASME Journal of Mechanical Design.
- L. L. Howell, S. P. Magleby, B. Y. Sigmund (2013). "Handbook of Compliant Mechanisms". Wiley.

10. Evaluare/Assessment

Tip activitate Type of activity	10.1 Criterii de evaluare 10.1 Assessment criteria	10.2 Metode de evaluare 10.2 Assessment methods	10.3 Pondere din nota finală 10.3 Weight in final grade
10.4 Curs/Course	Rezolvarea subiectelor de examen Solving the exam topics	Examen oral. Întrebări din tematica cursului (teoretice și aplicative). Oral examination. Questions from the course syllabus (theoretical and applied).	50%
	Cunoașterea conceptelor fundamentale privind		



Universitatea Națională de Știință și Tehnologie

POLITEHNICA București

Școala doctorală de Inginerie Aerospațială

	mecanismele compliant Knowledge of the fundamental concepts regarding compliant mechanisms		
10.5 Proiect/Project	Parcurgerea și înțelegerea etapelor proiectului: Completion and understanding of the project stages	Evaluare proiect si alte notari Project evaluation and additional grading components	50%
	Capacitatea de a justifica alegerile făcute, corelarea între simulare și testare, claritatea și calitatea materialului prezentat. Ability to justify the choices made, correlation between simulation and testing, clarity and quality of the presented materia		
10.6 Condiții de promovare/ Passing requirements			
Obținerea a 50% din punctajul total./ Obtaining at least 50% of the total score.			

Data completării /Date of completion

Comisia de evaluare/ Evaluation Committee

Data aprobării în Consiliul Școlii doctorale
/Date of approval in the Doctoral school
Council

Director SD - IA
Prof.dr.ing. Teodor Lucian Grigorie