

FIȘA DISCIPLINEI
Anul universitar 2024-2025

Decan,
Conf.dr.ing. Gelu IANUȘ

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
1.2 Facultatea	Mecanică
1.3 Departamentul	Inginerie Mecanică, Mecatronică și Robotică
1.4 Domeniul de studii	Mecatronică și Robotică
1.5 Ciclul de studii ¹	Master
1.6 Programul de studii	Mecatronică Avansată

2. Date despre disciplină

2.1.1 Denumirea disciplinei	Microsisteme electromecanice (MEMS) <i>Electromechanical Systems</i>						
2.1.2 Codul disciplinei	MA.IA.103						
2.2 Titularul activităților de curs	Conf.dr.ing. Vasile-Ciprian STAMATE						
2.3 Titularul activităților de aplicații	Conf.dr.ing. Vasile-Ciprian STAMATE						
2.4 Anul de studii ²	1-M	2.5 Semestrul ³	1	2.6 Tipul de evaluare ⁴	E	2.7 Tipul disciplinei ⁵	DS

3. Timpul total estimat al activităților zilnice (ore pe semestru)

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	3.2 din care curs	2	3.3a sem.	-	3.3b laborator	-	3.3c proiect	1
3.4 Total ore din planul de învățământ ⁶	42	3.5 din care curs	28	3.6a sem.	-	3.6b laborator	-	3.6c proiect	14
Distribuția fondului de timp ⁷									Nr. ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe:									40
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren:									15
Pregătire seminarii/laboratoare/proiecte, teme, referate și portofolii:									15
Tutoriat ⁸ :									7
Examinări ⁹ :									3
Alte activități:									3
3.7 Total ore studiu individual ¹⁰	83								
3.8 Total ore pe semestru ¹¹	125								
3.9 Numărul de credite	5								

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum ¹²	Prelucrarea datelor experimentale; Bionică; Actuatori neconvenționali; Diagnosticare vibroacustică; Mecatronica în domeniul serviciilor; Arhitectura sistemelor robotizate.
4.2 de competențe	- Microtehnologii; Electronică; Bionică; Actuatori neconvenționali; Vedere artificială; Inteligență artificială; Microrobotică; Sisteme de control ale roboților; - Cunoașterea simbolurilor și a codurilor componentelor electronice, a reprezentărilor grafice și a schemelor electrice.

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1 de desfășurare a cursului ¹³	- Tablă, videoproiector, tablă interactivă, notebook, internet. - Prezentă la minim 50% din cursuri.
5.2 de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului ¹⁴	- Calculatoare desktop; microscop digital AIGO GE-5; Datalogger COMMETER D4141 – termometru, higrometru, barometru; tribometru CETR UMT-2; profilometru INTRA TALYSURF Taylor Hobson; multimetre analogice și digitale. - Efectuarea tuturor lucrărilor de laborator. - Întocmirea referatului și prezentarea proiectului final.

6. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

6.1 Obiectivul general al disciplinei	- Însușirea de către studenți a conceptelor referitoare la microsistemele electromecanice, a metodelor de analiză și de sinteză a structurii acestora; - Familiarizarea cu tehnologia și arhitectura microsistemelor electromecanice (MEMS). Explicarea funcționării principalelor microstructuri și posibilitățile de proiectare ale acestora. Prezentarea arhitecturii și principiilor celor mai importante aplicații ce utilizează microsisteme. Cunoașterea elementelor de bază privind construcția și funcționarea microsistemelor electromecanice MEMS în structuri tipice.
---------------------------------------	--

6.2 Obiective specifice	• Însușirea de informații și cunoștințe privind: automatizarea microsistemelor; locul și rolul microsistemelor electromecanice în producția modernă; comportamentul, structura; logica proiectării microsistemelor electromecanice și sinteza lor; modularizarea componentelor; organizarea și dotarea microsistemelor electromecanice; • Însușirea de principii și deprinderi de proiectare și organizare a unor microsistemelor electromecanice și dezvoltarea lor în vederea trecerii la fabricația integrată cu ajutorul calculatorului; • Formarea unor deprinderi de documentare în domeniul microsistemelor electromecanice.
-------------------------	---

7. Rezultatele învățării

Cunoștințe	• cunoaște principiile fundamentale ale microsistemelor electromecanice (MEMS) și domeniile lor de aplicare în mecatronică; • înțelege arhitectura și funcționarea senzorilor și actuatorilor MEMS (piezoelectrice, electrostatice, termice, magnetice); • cunoaște materialele și tehnologiile de fabricație utilizate în realizarea MEMS-urilor (CVD, PVD, epitaxy, litografie, corodare etc.); • înțelege fenomenele fizice implicate la scară micro (forțe de adeziune, forțe van der Waals, frecare, tensiuni și deformări în microstructuri); • cunoaște metode de ambalare, asamblare și integrare a MEMS-urilor în sisteme mecatronice; • este familiarizat cu aplicațiile moderne ale MEMS-urilor în domeniile biomedical, auto, telecomunicații și robotică.
Aptitudini	• identifică, selectează și utilizează tipuri de senzori și actuatori MEMS în funcție de cerințele unei aplicații mecatronice; • aplică metode de modelare matematică și simulare pentru analiza comportamentului dinamic al microsistemelor (ex. frecare de rostogolire, oscilații libere); • analizează influența parametrilor de mediu (ex. umiditate) asupra performanțelor funcționale ale componentelor MEMS; • utilizează instrumente de analiză (tribometre, profilometre, dataloggere, giroscopae, accelerometre, senzori de presiune etc.) pentru caracterizarea MEMS-urilor; • elaborează proiecte aplicative ce implică integrarea unor dispozitive MEMS în structuri mecatronice funcționale; • realizează documentarea tehnică și susține lucrări proiective care implică selecția, integrarea și justificarea utilizării componentelor MEMS.
Responsabilitate și autonomie	• formulează decizii tehnice privind alegerea și integrarea senzorilor și actuatorilor MEMS în sisteme mecatronice complexe; • își asumă responsabilitatea pentru calitatea, funcționalitatea și viabilitatea soluțiilor tehnice propuse în proiectele cu MEMS; • integrează cunoștințele dobândite pentru a propune soluții inovative la scară micro în aplicații interdisciplinare; • justifică și susține în mod profesionist alegerile tehnologice în cadrul prezentărilor de proiecte sau activităților de cercetare aplicată; • își gestionează în mod autonom procesul de învățare, documentare și aplicare în domeniul microsistemelor; • respectă standardele etice și profesionale în activitatea de cercetare și dezvoltare în domeniul mecatronicii.

8. Conținuturi

8.1 Curs ¹⁵	Metode de predare ¹⁶	Obs.
1. Introducere: istoricul MEMS-urilor, micro și nanotehnologii, micro senzori, micro actuatori, micro traductori, privire generală privind fabricația MEMS-urilor, piața de desfacere a MEMS-urilor	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	2 ore
2. Fundamente de biomimetică - bionică: micro sisteme biologice ca sursă de inspirație pentru micro și nano tehnologii	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	2 ore
3. Materiale și tehnologii de fabricație a MEMS-urilor: tehnologia siliciului, plăcuțele de siliciu, materiale pentru substrat și materiale de adaos, microfabricația de suprafață, microfabricația în volum, tehnologiile de depunere CVD și PVD, tehnologiile de tip :epitaxy, litografie, corodare, tehnologiile de obținere a structurilor multi strat MUMPS	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	4 ore
4. Ambalarea și asamblarea MEMS-urilor	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	2 ore
5. Forțe în MEMS - uri: forțe de suprafață- forțe capilare, adeziunea, forțe van der Wals, forțe electrostatice , forțe de frecare	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	2 ore
6. Tensiuni și deformări în elementele mecanice ale MEMS-urilor:	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	2 ore
7. Principiile traductorilor mecanici: piezorezistivitatea, efectul piezoelectric, efecte capacitive, tehnici optice, tehnici de rezonanță	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	2 ore

8. Principii de acțiune: electrostatice, piezoelectrice, termice, magnetice	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	2 ore
9. Micro senzori: de presiune, de forțe și de momente, micro senzori inerțiali, micro senzori pentru fluide, micro senzori termici	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	4 ore
10. Micro actuatori: micro actuatori electrostatici, micro actuatori cu materiale cu memoria formei, microactuatori polimerici	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	4 ore
11. Perspective de viitor pentru MEMS-uri: aplicații medicale și biologice, aplicații spațiale, construcția de automobile, comunicații, industria casnică, etc.	Expunere ONLINE. Prelegere. Discuții.	2 ore
TOTAL		28 ore
Bibliografie curs:		
1. Stamate C.: <i>Aplicații MEMS în domeniul biomedical</i>. Editura PIM, Iași, 2024, 101 p., ISBN:978-606-13-8119-7 2. Ianuș G., Măteș V., Prisăcaru Gh., Bujoreanu C., Știrbu C., Bălan M.R., Tufescu A., Stamate C., Cârlescu V.: <i>Mecanică fină și mecatronică. Vol. 2. Mecatronică</i>. Chișinău, 2022, 384 p., ISBN 978-5-88554-129-9. Cap.5 MEMS-uri utilizate în mecatronică, pp.176-225. (50 pag.) (autor: șef lucrări dr.ing Vasile Ciprian Stamate). 3. Olaru D., Stamate C.: <i>Aplicații ale cursului de Microsisteme mecatronice: STUDIUL FRECARII DE ROSTOGOLIRE PRIN METODA OSCILAȚIILOR LIBERE</i>. 8 pg., 2016, http://www.mec.tuiasi.ro/diverse/STUDIUL_FRECARII_DE_ROSTOGOLIRE_PRIN_METODA_OSCILATIILOR_LIBERE.pdf 4. Olaru D., Stamate C.: <i>MICROSISTEME MECATRONICE. Principii de bază, tehnologii de fabricație și soluții constructive</i>, Iași 2021, (85 pag.): http://www.mec.tuiasi.ro/diverse/MICROSISTEME%20MECATRONICE.pdf 5. Olaru D., Stamate C.: <i>PREZENTARE PPT MICROFABRICATIE MICROMOTOR</i>. 16 pg., 2016, http://www.mec.tuiasi.ro/diverse/PREZENTARE_PPT_MICROFABRICATIE_MICROMOTOR.ppt 6. Ianuș G., Olaru D.N., Stamate C.: <i>Procese micro și macrotribologice în sisteme mecatronice</i>, Editura Politehnicum, Iași, ISBN (13) 978-973-621-141-6, pp. 165-191, 2009. 7. S. Beeby, et. Al., <i>MEMS Mechanical Sensors</i>, Artech House, Inc., 2004 8. <i>PolyMUMS Design Handbook</i>, MEMSCAP INC., Revision 11.0, 2005 9. N. Lobontiu, E. Garcia, <i>Mechanics of Micromechanical Systems</i>, Kluber Academic Publishers, 2004 10. Mohamed Gad –el-Hak, editor, <i>The MEMS Handbook</i>, CRC Press, 2002		
8.2a Seminar	Metode de predare ¹⁷	Obs.
8.2b Laborator	Metode de predare ¹⁸	Obs.
8.2c Proiect	Metode de predare ¹⁹	Obs.
1. Studiul frecării de rostogolire la scara micro prin metoda oscilațiilor libere	Descriere metodă și prelucrare date.	
a. Modelarea matematică a oscilațiilor libere ale microbilei;	Prelegere. Discuții.	2 ore
b. Forțele tangențiale și normale ce acționează asupra bilei. Rezultate numerice privind influența umidității asupra coeficientul de frecare la rostogolire pentru microsisteme;	Prelegere. Discuții.	2 ore
2. Determinarea momentului de frecare de rostogolire dintre o microbilă și o suprafață sferică	Descriere metodă și prelucrare date.	
a. Determinarea frecării de rostogolire într-un microtribometru inerțial cu 3 microbile și disc de sticlă	Prelegere. Discuții.	1 oră
b. Studii experimentale privind frecarea în microsisteme cu rezemări pe microrulmenți.	Prelegere. Discuții.	1 oră
3. Sisteme de lăgăruire utilizate în structurile de tip MEMS. Tehnologii. Soluții constructive. Procese de frecare	Descriere metodă și prelucrare date.	2 ore
4. Dispozitive MEMS de tip giroscop și accelerometru:		
a. giroscopul AGD1 2022 FP6AQ utilizat în telefoane smart	Prelegere. Discuții. Aplicații ONLINE.	1 oră
b. accelerometrul LIS344ALH utilizat în Lego Mindstorms	Prelegere. Discuții. Aplicații ONLINE.	1 oră
5. Dispozitive MEMS de tip senzor de presiune:		
a. senzorul digital de presiune BMP08 utilizat în telefoane SMART	Prelegere. Discuții. Aplicații ONLINE.	1 oră
b. senzorul digital de presiune BMP180 utilizat cu interfața Arduino	Prelegere. Discuții. Aplicații ONLINE.	1 oră
6. Dispozitiv MEMS cu 10-axede tip MPU6050 integrat cu modul de comunicație Bluetooth	Prelegere. Discuții. Aplicații ONLINE.	2 ore
TOTAL		14 ore
Bibliografie aplicații (seminar / laborator / proiect):		
1. Stamate C.: <i>Zeppelin RC cu controller de zbor Matek F411-WTE</i>, Iași 2023, (69 pag.). Suport de curs - pentru disciplina Microsisteme electromecanice (MEMS), master anul I, programul de studii Mecatronică Avansată. (https://mec.tuiasi.ro/studenti/informatii-utile/manuale-electronice/) 2. Stamate C.: <i>Microsisteme electromecanice (MEMS). Principii de bază, tehnologii de fabricație și soluții constructive</i>, Iași 2021, (85 pag.). Suport de curs - pentru disciplina Microsisteme electromecanice (MEMS), master anul I, programul de studii Mecatronică Avansată. (https://mec.tuiasi.ro/studenti/informatii-utile/manuale-electronice/)		

3. **Stamate C.:** *Dronă FPV implementată pe șasiu tip hexacopter*, Iași 2021, (112 pag.). Suport de curs - pentru disciplina Microsisteme Electromecanice (MEMS), master anul I, programul de studii Mecatronică Avansată. (<https://mec.tuiasi.ro/studenti/informatii-utile/manuale-electronice/>)
4. **Stamate C.:** *Dronă tip aripă zburătoare parte de comandă și control*, Iași 2020, (10 pag.). Suport de curs - pentru disciplina Proiectarea Sistemelor Mecatronice (PSM), master anul I, programul de studii Licență Mecatronică. (<https://mec.tuiasi.ro/studenti/informatii-utile/manuale-electronice/>)
5. **Stamate C.:** *Imprimantă 3D. Componente și construcție*, Iași 2020, (18 pag.). Suport de curs - pentru disciplina Proiectarea Sistemelor Mecatronice (PSM), master anul I, programul de studii Licență Mecatronică. (<https://mec.tuiasi.ro/studenti/informatii-utile/manuale-electronice/>)
6. http://www.uta.edu/faculty/jcchiaio/class/ee6345_2006_spring.html
7. <http://www.memscap.com/>
8. <http://www.mems-exchange.org/>
9. <http://mems.uta.edu/>
10. <http://arri.uta.edu/acs/jmireles/MEMSclass/MAINpage.htm>
11. <http://www-ee.uta.edu/Online/cbutler/MEMSWebpage/index.html>
12. <http://mems.sandia.gov/>
13. <http://www.memsnet.org/material/>

9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori reprezentativi din domeniul aferent programului²⁰

- Conținutul disciplinei este adaptată și satisface cerințele impuse de piața muncii, fiind agreat de parteneri sociali, asociații profesionale și angajatori din domeniul aferent programului de studii la masterul de Mecatronică Avansată.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	• Cunoștințe teoretice însușite (cantitatea, corectitudinea, acuratețea)	Teste pe parcurs ²¹ :	%
		Teme de casă:	%
		Evaluare finală:	50%
10.5a Seminar	• Frecvența/relevanța intervențiilor sau răspunsurilor	• Evidența intervențiilor, portofoliu de lucrări (referate, sinteze științifice)	%
10.5b Laborator	• Cunoașterea aparaturii, a modului de utilizare a instrumentelor specifice; evaluarea unor instrumente sau realizări, prelucrarea și interpretarea unor rezultate	• Chestionar scris • Răspuns oral • Caiet de laborator (lucrări experimentale, referate) • Demonstrație practică	%
10.5c Proiect	• Calitatea proiectului realizat, corectitudinea documentației proiectului, justificarea soluțiilor alese	• Autoevaluarea, prezentarea și/sau susținerea proiectului • Evaluarea critică a unui proiect	50%
10.5d Alte activități ²²	•	•	%

10.6 Standard minim de performanță²³

- Înțelegerea principiilor de funcționare ale MEMS-urilor, micro și nanotehnologii, micro senzori, micro actuatori, micro traductori, privire generală privind fabricația MEMS-urilor.
- Cunoașterea materialelor și a tehnologiilor de fabricație a MEMS-urilor: tehnologia siliciului, plăcuțele de siliciu, materiale pentru substrat și materiale de adaos, microfabricația de suprafață, microfabricația în volum, tehnologiile de depunere CVD și PVD, tehnologiile de tip: epitaxy, litografie, corodare, tehnologiile de obținere a structurilor multi strat MUMPS.
- Calculul forțelor ce apar în MEMS-uri: forțe de suprafață- forțe capilare, adeziunea, forțe van der Waals, forțe electrostatice, forțe de frecare; Tensiuni și deformări în elementele mecanice ale MEMS-urilor.
- Comunicația cu dispozitive MEMS de tip giroscop și accelerometru cu 10-axede tip MPU6050 integrat cu modul de comunicație Bluetooth; senzorii digitali de presiune BMP08, BMP180.

Data completării,
4.09.2024

Semnătura titularului de curs,

Conf.dr.ing. Vasile-Ciprian STAMATE

Semnătura titularului de aplicații,

Conf.dr.ing. Vasile-Ciprian STAMATE

Data avizării în departament,

12.09.2024

Director departament,

Prof.dr.ing. Ioan DOROFTEI

¹ Licență / Master

² 1-4 pentru licență, 1-2 pentru master

³ 1-8 pentru licență, 1-3 pentru master

⁴ Examen, colocviu sau VP A/R – din planul de învățământ

⁵ DF - disciplină fundamentală, DID - disciplină în domeniu, DS – disciplină de specialitate sau DC - disciplină complementară - din planul de învățământ

⁶ Este egal cu 14 săptămâni x numărul de ore de la punctul 3.1 (similar pentru 3.5, 3.6abc)

⁷ Liniile de mai jos se referă la studiul individual; totalul se completează la punctul 3.7.

⁸ Între 7 și 14 ore

⁹ Între 2 și 6 ore

¹⁰ Suma valorilor de pe liniile anterioare, care se referă la studiul individual.

¹¹ Suma dintre numărul de ore de activitate didactică directă (3.4) și numărul de ore de studiu individual (3.7); trebuie să fie egală cu numărul de credite alocate disciplinei (punctul 3.9) x 24 de ore pe credit.

¹² Se menționează disciplinele obligatorii a fi promovate anterior sau echivalente

¹³ Tablă, videoproiector, flipchart, materiale didactice specifice etc.

¹⁴ Tehnică de calcul, pachete software, standuri experimentale, etc.

¹⁵ Titluri de capitole și paragrafe

¹⁶ Expunere, prelegere, prezentare la tablă a problematicii studiate, utilizare videoproiector, discuții cu studenții (pentru fiecare capitol, dacă este cazul)

¹⁷ Discuții, dezbateri, prezentare și/sau analiză de lucrări, rezolvare de exerciții și probleme

¹⁸ Demonstrație practică, exercițiu, experiment

¹⁹ Studiu de caz, demonstrație, exercițiu, analiza erorilor etc.

²⁰ Legătura cu alte discipline, utilitatea disciplinei pe piața muncii

²¹ Se va preciza numărul de teste și săptămânile în care vor fi susținute.

²² Cercuri științifice, concursuri profesionale etc.

²³ Se particularizează la specificul disciplinei standardul minim de performanță din grila de competențe a programului de studii, dacă este cazul.