ZIENTZIA
ETA TEKNOLOGIA
FAKULTATEA
FACULTAD
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

50 URTE AÑOS
1968 - 2018
Biba Zientzia!
Ciencia Viva

MATEMATIKAKO GRADUA

3. MAILAKO IKASLEAREN GIDA
(31 TALDEA - EUSKARA)

2026-27 IKASTURTEA

Edukien taula

1.- Matematikako Graduari buruzko informazioa 3
Aurkezpena 3
Titulazioaren gaitasunak 3
Graduko ikasketen egitura 3
Hirugarren mailako irakasgaiak graduaren testuinguruan 4
Egin beharreko jarduera motak 4
Gradu Amaierako Lana (GrAL) 4
Mugikortasuna 5
Kanpoko praktika akademikoak 5
Tutoretza akademikoak 5
Tutoretza Plana (TP) 5
Matematika Saileko liburutegia 6
Koordinazioa 6
Bestelako informazio interesgarria 6
2.- Mailari buruzko informazio espezifikoa 7
Ikasleen banaketa irakaskuntza taldeetan 7
Egutegia, ordutegia eta azterketak 7
Irakasleak 7
3.- Ikasturteko irakasgaien irakaskuntza gidak 7

Gida hau Matematikako Graduko Ikasketa Batzordeak (MATGIB) egin du

1.- Matematikako Graduari buruzko informazioa

Aurkezpena

Matematikako Graduko ikasketekin matematikako prestakuntza orokorra lortu nahi da, diziplina zientifiko gisa, eta laneko jarduerak egiteko prestakuntza eskuratzera eta hainbat eremutan hartutako trebetasunak aplikatzeko gaitasuna garatzera bideratuta dago. Eremu horiek zientifikoak izan daitezke (haien bi alderdiekin: irakaskuntza eta ikerketa), edo industria, enpresa eta administrazioko goi mailetan aplikatzeari lotutakoak.

Beraz, Matematikan Graduatu Tituluaren helburua hainbat eremutako arazoen formulazio matematikoa, analisia, ebazpena eta, kasu batzuetan, tratamendu informatikoa egitea da. Hauek izan daitezke eremu horietako batzuk: oinarrizko zientziak, gizarte eta bizitzako zientziak, ingeniaritza, finantzak, aholkularitza, etab.

Titulazioaren gaitasunak

Matematikako Graduak honako hauetarako gaitzen du:

- T1. Matematika-arloen helburua, metodoak eta baliagarritasuna ezagutzea, eta haien oinarrizko kontzeptuak eta emaitzak zein diren jakitea.
- T2. Matematikaren hainbat arlotako teorema klasiko batzuen frogapen zehatzak ezagutzea.
- T3. Objektu matematikoen, behatutako errealitatearen eta beste eremu batzuen egitura-propietateen abstrakzioa egiten eta noizbehinkako propietate hutsetatik bereizten jakitea, eta testuinguru abstraktu horretan arrazoiketa matematikoa erabiltzen jakitea.
- T4. Matematikako problemak oinarrizko kalkuluko eta bestelako abilezien bidez ebaztea, eta ebazpena eskuragarri dauden tresnen eta denbora- eta baliabide-mugen arabera planifikatzea.
- T5. Eskuratutako ezagutzak eta analisirako eta abstrakziorako gaitasuna problemen definizio eta planteamenduan eta soluzioen bilaketan aplikatzea, testuinguru akademikoetan zein lanbide-testuinguruetan.
- T6. Tresna matematikoen erabilera eskatzen duten problema zientifiko, teknologiko edo beste eremu batzuetakoei buruzko datu, informazio edo emaitza garrantzitsuak bildu eta interpretatzea.
- T7. Esperimentatzeko eta kasu bakoitzerako konputazio-ingurune egokian problema matematikoak ebazteko aplikazio informatikoak erabiltzen jakitea.
- T8. Hizkuntza matematikoa ulertu eta erabiltzea, eta ezagutza, prozedura, emaitza eta ideia matematikoak idatziz zein ahoz komunikatzea.
- T9. Ondorengo ikasketak autonomia-maila handiarekin egiteko beharrezkoak diren ikaskuntza-trebetasunak garatzea.
- T10. Matematikan baliabide bibliografikoak bilatzeko tresnak erabiltzea.

Graduko ikasketen egitura

ECTS kredituak edo kreditu europarrak Ikasketa Planean jasotako helburuak lortzeko ikasleak egin beharreko ikasketa lanaren bolumen edo zama osoa neurtzen du. ECTS kreditu bakoitza ikaslearen 25 ordu arteko lan zamari dagokio eta horietatik 10 aurrez-aurre egin beharrekoak dira (eskola magistralen, ikasgelako praktiken, ordenagailuko praktiken edo mintegien bidez) eta 15 ordu ikasleak irakasgaietan egin behar dituen lan eta jarduerei dagozkie. Matematikako Graduak 30 kredituko 8 lauhileko izango ditu. Horrela, gradua amaitzeko 240 ECTS bete behar dira.

Matematikako Gradua urte osoko edo lauhileko irakasgaietan oinarrituta antolatzen da. Denboraren banaketa 1. taulan laburbilduta dago:

1. taula: Matematikako Graduko Egitura

	Lehenengo lauhilekoa	Bigarren lauhilekoa
1. maila (60 ECTS oinarrizko irakasgaietan)	Aljebra Lineala eta Geometria I (12 ECTS)	
	Fisika Orokorra (12 ECTS)	
	Kalkulu Diferentziala eta Integrala I (12 ECTS)	
	Konputaziorako Sarrera (6 ECTS)	Estatistika Deskribatzailea (6 ECTS)
	Oinarrizko Matematika (6 ECTS)	Programazioaren Oinarriak (6 ECTS)
2. maila (60 ECTS nahitaezko irakasgaietan)	Kalkulu Diferentziala eta Integrala II (15 ECTS)	
	Aljebra Lineala eta Geometria II (6 ECTS)	Egitura Aljebraikoak (6 ECTS)
	Matematika Diskretua (6 ECTS)	Kurbak eta Gainazalak (9 ECTS)
	Topologia (6 ECTS)	Probabilitateen Kalkulua (6 ECTS)
	Zenbakizko Metodoak I (6 ECTS)	
3. maila(60 ECTS nahitaezko irakasgaietan)	Ekuazio Diferentzialak (12 ECTS)	
	Aljebra Trukakorra (6 ECTS)	Ekuazio Aljebraikoak (6 ECTS)
	Analisi Konplexua (6 ECTS)	Eredu Matematikoak (6 ECTS)
	Inferentzia Estatistikoa (6 ECTS)	Kurben eta Gainazalen Geometria Globala (6 ECTS)
	Neurria eta Integrazioa (6 ECTS)	Zenbakizko Metodoak II (6 ECTS)
4. maila	Hautazko 8 irakasgai (6 ECTS) eta Gradu Amaierako Lana (12 ECTS). Bi espezialitate jaso ahal dira: "Matematika Hutsa" eta "Matematika Aplikatua, Estatistika eta Konputazioa"	

Informazio gehiago:
https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/grado-matematicas.

Hirugarren mailako irakasgaiak graduaren testuinguruan

Bigarren mailan bezala, hirugarren mailako irakasgaiak Matematikako Gradurako espezifikoak dira. Horietako batzuek bigarren mailako irakasgaiei jarraipen naturala ematen diete eta gainerakoak matematikako adarren ikasketan sakontzen dira: Aljebra, Analisi Matematikoa, Estatistika eta Ikerkuntza Operatiboa, Geometria eta Topologia, eta Matematika Aplikatua.

Egin beharreko jarduera motak

Ikasgelan ikasteko prozesua hainbat jardueraren bidez gauzatzen da: eskola magistralak, ikasgelako praktikak, ordenagailuko praktikak eta mintegiak, ikasleen parte-hartze aktiboaren mailaren arabera.

Ikasturtean zehar, ikasleak irakasgai guztietan hainbat jarduera garatu beharko ditu haren ikaste-prozesuaren barruan. Jarduera hauek irakasgaien gidetan modu orokorrean azaltzen dira, eta irakasgai bakoitzari dagokion irakaskuntza-taldeak jarduera horien inguruko informazio zehatzagoa emango du irakasgaia garatzeko orduan.

Gradu Amaierako Lana (GrAL)

Gradu Amaierako Lana (GrAL) ikasle bakoitzak zuzendari baten edo gehiagoren gidaritzapean banaka egin behar duen proiektu, memoria edo azterlana da. Lan horretan txertatu eta garatu beharko dira, hain zuzen, graduko ikaskuntza-prozesuan zehar jasotako prestakuntza-edukiak, gaitasunak eta trebetasunak.

Zientzia eta Teknologia Fakultateko Gradu Amaierako Lana egin eta defendetzeari buruzko arautegian ikasleek GrALa egiten hasteko ezagutu behar dituzten fase eta bete beharreko baldintzen inguruko xehetasunak azaltzen dira. Hurrengoak dira 2026-27 ikasturteko data garrantzitsuak:

Aurreinskripzioa 2026ko uztailak 08-10 (biak barne): online betetzeko formularioaren bidezko aurreinskripzioa: https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/tfg_aurreinskripzioa

Inskripzioa edo izen-ematea: GrALean izena emateko, 72 kreditu eduki daitezke gehienez egin gabe (4. mailako 60 kredituak eta bigarren edo hirugarren kurtsoetatik gehienez gera daitezkeen 12). Bi aukera daude:

- **2026ko irailak 1-4** (biak barne): irakasleek ikasleekin **adostutako lan**en izenak ematen dituzte eta, aldi berean, **adostu gabeko lan**en gaiak eskaintzen dituzte, gero ikasleek hautatu ditzaten.
- **2026ko irailak 16-18** (biak barne): **adostutako lanik ez** duten ikasleek GAURen bidez egiten dute gaien aukeraketa. Zerrendatik aukeratzen dira lehentasun ordenaren arabera.

Esleipena 2026ko irailak 21-25 (biak barne): GrALen gaien behin betiko esleipena egindakoan ikasleei posta elektroniko bidez mezua helarazten zaie.

Matrikulazioa, memoria entregatzea eta defentsa: matrikulak bi defentsa deialditarako eskubidea ematen du ikasturteko. Matrikulatzeko, ikasleak graduko kreditu guztiak gaindituta izan behar ditu, GrALarenak izan ezik. 2026-27 ikasturtean, honako hauek izango dira matrikularako eta defentsarako datak:

Deialdia	Matrikula eta Memoria entregatzea	Defentsa
Otsaila	2027ko otsailaren 10-12	2027ko martxoaren 2-4
Ekaina	2027ko ekainaren 16-18	2027ko uztailaren 6-8
Abuztua	2027ko uztailaren 20-22	2027ko irailaren 7-9

GrALari buruzko informazio gehiago:

https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado

Matematikako Graduko araudi espezifikoa:
https://www.ehu.eus/documents/19559/37321287/MAT_TFG_eus.pdf/fc692dca-fade-c460-1c1b-d26a87634c35?t=1731059659627

Mugikortasuna

Fakultateak parte hartzen duen mugikortasun programen bidez, ikasleek aukera izango dute lauhileko edo ikasturte oso bat beste unibertsitate batean ikasteko. Bete beharreko baldintzak eta kontuan izan beharreko gainerako informazioa honako esteka honetan ikus daitezke: https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/programas-intercambio-alumnado

Kanpoko praktika akademikoak

Kanpoko erakundeetan praktikak egiteak aukerak zabaltzen dizkie ikasleei lan-munduan sartzeko, eta ezagutza eta gaitasun praktikoak bereganatzeaz ez ezik, lan-eskarmentua ere eskuratzen dute. Matematikako Graduan kanpoko praktika akademikoak egin daitezke, curriculumetik kanpokoak; hau da, hautazkoak dira. Horiek egiteko, 120 ECTS gainditu behar dira. Informazio gehiago:

https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/insercion-laboral

Tutoretza akademikoak

Tutoretza akademikoa, funtsean, ikasleei aholkularitza eta orientazio akademikoa ematean datza, irakasle baten bidez. Aholkularitza honi esker ikasleak laguntza jasoko du ikasten dituen irakasgaietan. Lauhileko bakoitzaren hasieran irakasle bakoitzak bere tutoretza-ordutegien berri emango du.

Tutoretza Plana (TP)

Tutoretza Planaren (TP) bidez ikasleei irakasle tutore bat edukitzeko aukera eskaintzen zaie eta, horrela, unibertsitateko bizitzaren alderdi guztietan integratzea errazagoa izango dute. Horrez gain, irakasle tutore bakoitzak ibilbide akademiko osoan zehar orientatuko ditu bere ikasleak.

Irakasle tutoreen xedeak honako hauek dira:

- Prestakuntza integraleko prozesuan ikasleei laguntzea, ikuspegi akademikoan pertsonalean eta profesionalean.
- Ikasleei Fakultatearen jarduera akademikoan integratzen laguntzea.
- Ikasleei unibertsitatean eskuragarri dituzten zerbitzu eta jardueren berri ematea.
- Ikasketa aldian ager daitezkeen zailtasunak identifikatzea eta ikasteko gaitasunean eta estrategien garapena erraztea.
- Erabakiak hartzen laguntzea, bereziki curriculum ibilbidea aukeratu behar duenean.
- Ikasleen garapen akademikorako eta profesionalerako interesgarria izan daitekeen informazioa ematea.

Lehenengo mailaren hasieran, irakasle tutore bana esleitzen zaie Matematikako Graduko ikasleei. Esleipen hori indarrean egongo da gradua lortu arte.

Matematika Saileko liburutegia

Matematika Sailak dibulgazio matematikako eta logikako problemei buruzko liburu bilduma du interesdunen eskura.
https://www.ehu.eus/eu/web/departamento-matematicas/biblioteca
web orrian eskuragarri dauden liburuen zerrenda dago eta horiek maileguan hartzeko eskaera egiteko modua azaltzen da.

Koordinazioa

Gradu Ikasketen Batzordea (GIB) Graduko koordinazioaz arduratzen da, hau da, graduaren curriculumaren garapenaz, jarraipenaz, errebisioaz eta hobekuntzaz arduratzen da. Gida hau idazterakoan, honako hauek osatzen dute Matematikako Graduko GIB:

Mota	Koordinatzailea	Kontaktua
Gradua **TP**	**Ana María Valle Martín** Matematika Saila	anamaria.valle@ehu.eus 946015467 E.P0.19
1. maila	**Osane Oruetxebarria Fdez. de la Peña** Matematika Saila	osane.oruetxebarria@ehu.eus 946015476 E.P1.11
2. maila	**Leticia Hernando Rodríguez** Matematika Saila	leticia.hernando@ehu.eus 946015459 E.P1.17
3. maila	**Javier Canto Llorente** Matematika Saila	javier.canto@ehu.eus 946015474 E.S1.18
4. maila **GrAL**	**Miren Agurtzane Amparan Larrabaster** Matematika Saila	agurtzane.amparan@ehu.eus 946015466 E.S1.4

Matematikako Graduko GIBari buruzko informazio gaurkotua honako esteka honetan kontsultatu daiteke:
https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/comisiones-grado#GraduIkasketenBatzor8

Gainera, graduko irakasgai bakoitzerako koordinatzaile bat izendatu da, zeina irakasgai hura ematen duen irakasle-taldea koordinatzeaz arduratuko baita. Matematikako Graduko irakasgaietako koordinatzaileak honako esteka honetan kontsultatu daitezke:
https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/coordinacion-asignaturas-mat

Bestelako informazio interesgarria

Graduko irakasgaietan, irakasleek ikasgela birtuala erabiltzen dute irakaskuntza presentzialaren osagarri gisa. Ikasgela horiek eGelan daude (https://egela.ehu.eus). EGelan sartzeko LDAP erabiltzaile-izena eta pasahitza behar da, ikasle bakoitzari esleitzen zaiona ikasle berriko matrikula egitean. LDAP erabiltzaile-izena eta pasahitza ere GAURen sartzeko erabiltzen dira, zeina administrazio tramiteak eta ikasleen bizitza akademikoari lotutako datuak kontsultatzeko erabiltzen den erreminta informatikoa baita.

Matematikako Graduan matrikulatutako ikasle bakoitzak posta elektroniko korporatibo propioa dauka; kasu honetan ere, ikasle berriko matrikula egitean helbidea eta pasahitza esleitzen zaio ikasle bakoitzari. Helbide honetara iristen dira irakasleek, eGelak, dekanotza taldeak eta unibertsitateko bestelako estamentuek bidalitako mezuak. Helbide honetara iristen diren mezuak posta elektroniko pertsonalera birbideratu daitezke. Informazio gehiago honako esteka honetan: https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/bbc_alumnado
Partekatutako fitxategi gordailu-zerbitzua ere badago
https://www.ehu.eus/eu/group/ikt-tic/bildu

Posta korporatiboaren erabilerari edo UPV/EHUko zerbitzu informatikoei lotutako edozein zalantza edo arazo izanez gero, gomendagarria da EAZrekin (Erabiltzailearentzako Arreta Zerbitzua) kontaktatzea https://lagun.ehu.es/CAisd/pdmweb.exe web orriaren bidez, LDAP erabiltzaile-izena eta pasahitza erabiliz. EAZri buruzko informazio gehiago https://www.ehu.eus/eu/web/ikt-tic/eaz-cau estekan aurkitu daiteke.

Zientzia eta Teknologia Fakultateko Ikaslearentzako Arreta Zerbitzuak (ZTFIAZ) aholku ematen die ikasleei, eta enpresetako praktiketan zein akademia-elkartruke programetan parte hartzeko beharrezko izapideez ere

arduratzen da. Fakultateko Idazkaritzan kokatuta dago. ZTFIAZri buruzko informazio gehiago https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/atencion-estudiantes estekan aurkitu daiteke.

Matematikako Graduari buruzko informazio gehiago:
https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/grado-matematicas

Fakultateko web orria: https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea

2.- Mailari buruzko informazio espezifikoa

Hirugarren mailan, ikasleek "Analisi Konplexua", "Ekuazio Aljebraikoak", "Inferentzia Estatistikoa" eta "Neurria eta Integrazioa" irakasgaiak ingelesez edo euskaraz ikasi ahal dituzte. Irakasgai hauek ingelesez eta euskaraz ordutegi berdina dute talde bikoizketako kasu partikularretan izan ezik. Gomendatzen da ingeleseko B2 maila izatea gutxienez irakasgai hauek ingelesez egin nahi izanez gero, irakasgaia ondo jarraitu eta ulertu ahal izateko.

Ikasleen banaketa irakaskuntza taldeetan

Irakasgai batean talde bat baino gehiago dagoen kasuetan, ikasleei bere taldea zein den jakinaraziko zaie lauhileko bakoitzeko lehen asteetan zehar.

Egutegia, ordutegia eta azterketak

Ikastegiko eskola-egutegia webgune honetan kontsultatu daiteke:
https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/calendario

Ordutegi ofiziala, jarduera bakoitza emango den ikasgelen inguruko informazioa eta azterketen egutegi ofiziala Fakultateko web-orrian argitaratu eta eguneratuko dira. Honako esteka honetan kontsultatu daitezke: https://www.ehu.eus/eu/web/zientzia-teknologia-fakultatea/egutegia-ordutegiak

Horrez gain, aurreko estekan graduko ikasgaietarako izendatutako 5. eta 6. deialdiko tribunalak kontsultatu daitezke.

Irakasleak

Talde honetako irakasgaietako mota desberdinak (teoria, mintegiak, ...) ematen dituzten irakasleen informazioa (harremanetarako datuak, tutoretza orduak) ondoko estekan aurki daiteke:
https://www.ehu.eus/eu/web/graduak/matematikako-gradua/irakasleak

Irakasle batek aurreko estekan duen informazioa eskuratzeko, nahikoa da haren izenean klik egitea.

3.- Ikasturteko irakasgaien irakaskuntza gidak

Gidak ordena alfabetikoaren arabera ordenatuta daude. Gida bakoitza irakasgaia emango den hizkuntzan agertzen da.

COURSE GUIDE	2026/27

Faculty	310 - Faculty of Science and Technology	**Cycle**	.
Degree	GMATEM31 - Bachelor's Degree in Mathematics	**Year**	Third year

COURSE

26686 - Algebraic Equations	**Credits, ECTS:**	6

COURSE DESCRIPTION

The main goal of this course is the study of finite Galois field extensions in order to know the concept of Galois group of a polynomial, how to calculate it in simple cases, and to understand the relation of this group with the solvability by radicals of the polynomial. Before that, we introduce the basic theory of fields, algebraic extensions of fields and the splitting field of a polynomial over a field.

A level of B2 or higher is recommended to attend courses taught in English.This course belongs to the module Algebraic Structures (2nd year) + Commutative Algebra (3rd year) + Algebraic Equations (3rd year), which is devoted to developing the fundamentals of abstract algebra and its main applications. The student will learn the basic techniques in this area that will allow him to use these concepts in other areas of mathematics, as well as to embark on a deeper study of algebra in the optional courses of the 4th year, if he/she wishes to do so.

COMPETENCIES/LEARNING RESULTS FOR THE SUBJECT

SPECIFIC COMPETENCES:
M01CM10: To know how to operate in easy field extensions.
M01CM11: To know the concepts of normal and Galois field extensions and to know how to calculate the Galois group of easy Galois extensions.
M01CM12: To know how to apply the fundamental theorem of Galois theory in order to calculate the intermediate fields of easy Galois extensions.
M01Cm13: To know how to characterize the algebraic equations which are soluble by radicals.

LEARNING RESULTS:
To know the Galois group of a polynomial and how to calculate it in easy cases. To understand the relation of this group with the solvability of a polynomial by radicals.

Theoretical and Practical Contents

1. THE PROBLEM OF THE SOLVABILITY OF ALGEBRAIC EQUATIONS: What is to solve an algebraic equation? Solvability by radicals of the equations of degree at most 4. Review of polynomial rings: divisibility and irreducibility criteria. Fields, generalities. Structure of the additive and the multiplicative group of a field. Characteristic of a field and prime subfield.

2. FIELD EXTENSIONS: Field extensions. Algebraic and transcendental elements. Simple extensions, algebraic extensions, and finite extensions. Splitting field of a polynomial: existence and unicity.

3. NORMAL EXTENSIONS AND SEPARABLE EXTENSIONS: Normal extensions. Characterization of finite normal extensions. Finite separable extensions: the primitive element theorem.

4. GALOIS EXTENSIONS: Field automorphisms. Galois extensions and the Galois group. The fundamental theorem of Galois theory. Applications (finite fields, the Fundamental Theorem of Algebra).

5. SOLVABILITY OF ALGEBRAIC EQUATIONS: Solvable groups. Galois' theorem on the solvability of algebraic equations by radicals.

TEACHING METHODS

The theoretical contents will be presented in master classes following basic references in the bibliography. These lectures will be complemented with problem classes (classroom practice), in which students will apply the knowledge acquired in the theoretical lectures in order to solve problems. In the seminar sessions, exercises and representative examples will be considered. These will have been give to the students in advance, for them to have enough time to work out the solutions. Students must participate actively in the seminar sessions, and discussion of the solutions will be encouraged.

TYPES OF TEACHING

Types of teaching	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Hours of face-to-face teaching	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legend:

M: Lecture-based	S: Seminar	GA: Applied classroom-based groups
GL: Applied laboratory-based groups	GO: Applied computer-based groups	GCL: Applied clinical-based groups
TA: Workshop	TI: Industrial workshop	GCA: Applied fieldwork groups

Evaluation methods

- Continuous evaluation
- End-of-course evaluation

Evaluation tools and percentages of final mark

- See ORIENTATIONS 100%

ORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices -including artificial intelligence tools when not expressly permitted- in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

There will be two written exams, one after two thirds of the course have been covered, and another one at the end of the course. The final mark will be the weighted average of the following activities, with the indicated weights:

- 50-80%, the final exam, which could be fully a written exam or a written exam for the exercises and an oral test for the theory.
- 20-50%, the partial written exam, other types of exercises, either individual or in groups, and written or with oral exposition.

The interest and willingness of the student will also be taken into account. In order to pass the course, it is necessary to obtain at least 4,5 points out of 10 in the final written exam.

The final evaluation will consist of an exam of the entire subject. 100% weight.

EXTRAORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices -including artificial intelligence tools when not expressly permitted- in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

The final mark will be that which is obtained in the written exam corresponding to this call.

MANDATORY MATERIALS

BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography

1.- CLARK, A. Elementos de Algebra Abstracta. Alhambra, Madrid, 1979.
2.- De VIOLA-PRIOLI. A.M.; VIOLA-PRIOLI, J.E. Teoría de Cuerpos y Teoría de Galois. Reverté, Barcelona, 2006.
3.- NAVARRO, G. Un curso de Algebra. Universidad de Valencia, 2002.
4.- STEWART, I. Galois Theory. Chapman & Hall, 2nd ed., London, 1989.
5.- VERA LÓPEZ, A. Introducción al Algebra, II. Ellacuría, Bilbao, 1986.
6.- VERA, A.; VERA, J. Problemas de Algebra, I: Teorías de Grupos y de Cuerpos. AVL, 1995.

Detailed bibliography

1.-GARLING, D. J. H. A course in Galois Theory. Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
2.-HUNGERFORD, T.W. Algebra. Springer-Verlag, New York, 1984.
3.-LANG, S. Algebra. 3rd. ed. Springer, 2005.
4.-MORANDI, P. Field and Galois Theory, Springer, New York, 1996.
5.-VERA, A.; ARREGI, J.M. Problemas de Algebra, II: Teorías de Grupos, Cuerpos y Anillos. AVL, 1989.

Journals

Web sites of interest

http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Galois.html
http://mathworld.wolfram.com/topics/AlgebraicEquations.html

OBSERVATIONS

IRAKASKUNTZA-GIDA	2026/27

Ikastegia 310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea — **Zikl.** Zehaztugabea

Plana GMATEM31 - Matematikako Gradua — **Ikastaroa** 3. maila

IRAKASGAIA

26685 - Aljebra Trukakorra — **ECTS kredituak:** 6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

Irakasgai honetan eraztun trukakorraren egitura aljebraikoa aztertzen da, horretatik eratortzen diren beste batzuekin batera: aljebrak eta moduluak, alegia. Egitura horien propietate nagusiak ikusten dira, batez ere faktorizazioaren inguruko gaietan zentratuz. Horrela, faktorizazio bakarreko domeinuek garrantzi berezia izango dute eta, horien artean, gorputzen gaineko polinomioen eraztunak bereziki. Bestalde, aplikazioak ere ikusiko dira aljebraren beste alor batzuetan, gehienbat ideal nagusietako domeinuen gaineko moduluen kasuan.

Irakasgai honek modulu bat osatzen du "Egitura Aljebraikoak" eta "Ekuazio Aljebraikoak" irakasgaiekin batera. Irakasgai horietan aljebra abstraktuaren oinarriak garatzen dira eta hainbat aplikazio ere jorratzen dira. Ikasleak aljebraren oinarrizko teknikak bereganatuko ditu, matematikaren beste alor batzuetan erabili ahalko dituenak eta utziko diotenak, nahi izanez gero, aljebran gehiago sakontzen laugarren mailako hautazko irakasgaien bitartez.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

GAITASUN ESPEZIFIKOAK

M01CM04 Eraztun-teoriaren eta gorputz-teoriaren oinarrizko kontzeptuak (azpieraztunak, idealak, zatidurak, homomorfismoak, karakteristika, zatikien gorputzak...) ezagutzea.

M01CM05 Indeterminatu bateko edo anitzeko polinomioen zatigarritasunaren propietateak ezagutzea eta, bereziki, irreduzibilitaterako irizpideak aplikatzen jakitea.

M01CM06 Gröbnerren oinarriak eraikitzen jakitea, indeterminatu anitzeko polinomioen idealetarako. Oinarri horiek aplikatzen jakitea, emandako polinomio bat ideal baten barruan dagoen erabakitzeko, edo indeterminatuak eliminatzeko ekuazio polinomikoen sistemetan.

M01CM07 Eraztun trukakorren mota nagusiak (domeinuak, faktorizazio bakarrekoak, euklidearrak eta ideal nagusietakoak) eta haien arteko erlazioak ezagutzea.

M01CM08 Eraztunen gaineko moduluen teoriaren oinarrizko kontzeptuak ezagutzea.

M01CM09 Egitura-teorema ezagutzea ideal nagusietako domeinuen gaineko modulu finituki sortuetarako, eta baita horren aplikazioak ere (Jordanen forma kanonikoa eta Smithen forma).

IKASTEAREN EMAITZAK

Eraztun trukakorren inguruko oinarrizko kontzeptuak ezagutzea, bereziki, indeterminatu bateko edo anitzeko polinomioen eraztunen kasuan.

Moduluen propietate nagusiak ezagutzea, eta horien artean, ideal nagusietako domeinuen gaineko modulu finituki sortuen egitura-teorema. Teorema horren aplikazioak ezagutu eta gai izan adibide zehatzak lantzeko: Smithen forma normala, talde abeldar finituki sortuak, endomorfismoen forma kanonikoa.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

1. ERAZTUNEI BURUZKO OROKORTASUNAK: Eraztunak eta azpieraztunak. Idealak eta zatidura-eraztunak. Homomorfismoak eta isomorfismoak.

2. ZATIGARRITASUNA ETA FAKTORIZAZIOA ERAZTUNETAN: Faktorizazio bakarreko domeinuak. Ideal nagusietako domeinuak. Domeinu euklidearrak. Aplikazioak: aritmetikaren teorema klasiko batzuk.

3. INDETERMINATU ANITZEKO POLINOMIOAK: Gaussen lema. Faktorizazioa polinomioen eraztunetan. Irreduzibilitaterako irizpideak.

4. GRÖBNERREN OINARRIAK: Ordena monomialak polinomioen eraztunetan eta zatiketaren algoritmoa. Hilberten oinarriaren teorema. Gröbnerren oinarrien propietate nagusiak. Buchbergerren algoritmoa. Aplikazioak.

5. MODULUAK: Moduluak, oinarrizko propietateak eta adibideak. Azpimoduluak eta zatidura-moduluak. Modulu-homomorfismoak. Batura zuzenak. Modulu askeak.

6. MODULUAK IDEAL NAGUSIETAKO DOMEINUEN GAINEAN: Moduluak ideal nagusietako domeinuen gainean: anulatzaileak eta deskonposizio primarioa. Egitura-teorema ideal nagusietako domeinuen gaineko moduluetarako. Matrizeak ideal nagusietako domeinuen gainean: Smithen forma normala. Aplikazioak: ekuazio lineal diofantikoen sistemak, talde abeldar finituki sortuak, forma kanoniko arrazionala eta Jordanen forma kanonikoa.

METODOLOGIA

Eduki teorikoa eskola magistraletan azalduko da, nahitaez erabili beharreko materialean eta bibliografiako erreferentzietan oinarrituz. Eskola magistral horiez gain, problema-eskolak (ikasgelako praktikak) ere egongo dira. Horietan ikasleei ariketak ebazteko proposatuko zaie, eskola teorikoetan ikasitakoa aplikatuz. Bestalde, mintegietan irakasgai honetan esanguratsuak diren ariketak eta adibideak jorratuko dira, ikasleei aldez aurretik helaraziko zaizkienak. Horrela, aukera izango dute ariketa horiek behar bezala lantzeko. Mintegiaren egunean hausnarketa eta eztabaida bultzatuko dira aurkeztutako soluzioen inguruan. Azkenik, taldeka ebazteko problemak ere proposatuko dira, talde-lana bultzatzeko asmoz. Horien soluzioak idatzita emango dira, irakasleak zuzentzeko.

Ikaslearen lanaren zati handi bat pertsonala da. Irakasleek une oro orientatuko dute lan egitea eta erregulartasunez eta dedikazioz egitea sustatu. Era berean, tutoretzak erabiltzera animatuko da.Bertan, irakasgaian agertzen zaien edozein zalantza edo zailtasun argitu dezakete.

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legenda:

M: Magistrala	S: Mintegia	GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p.	GO: Ordenagailuko p.	GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra	TI: Tailer Ind.	GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema
- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikusi ORIENTAZIOAK

% 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

OHIKO DEIALDIA

Azken nota ondorengo kalifikazioen batezbesteko haztatua izango da:

O1. Azken azterketa idatzia: %70-%100
O2. Azterketa partzial idatzia: %0-%10
O3. Banakako problemak edo lanak (mintegietako parte-hartzea barne): %0-%10
O4. Taldekako lanak: %0-%10

Ikasgaia gainditu ahal izateko, idatzizko azken azterketan gutxienez 4,5 puntu lortu behar dira 10en gainean.

Ebaluazio finala irakasgai osoaren asterketaren bidez egingo da. Pisua % 100.

Derrigorrezkoa da mintegietara etortzea, ezinbesteko arrazoiren batengatik ez bada. Kasu horretan, behar den dokumentuaren bidez egiaztatu beharko da arrazoi hori.

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-. Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

EZOHIKO DEIALDIA

Ikasle baten kalifikazioa kalkulatzean bi egoera hauek bereizten ditugu:

A EGOERA. Ikaslearen ohiko deialdiko O2, O3 eta O4 ataletako noten batezbesteko ez-haztatua 5 baino handiago edo berdin denean.
B EGOERA. Gainerako ikasleak.

Ikaslea A egoeran badago, orduan ezohiko deialdiaren nota kalifikazio hauen batezbesteko haztatua izango da:

Ezohiko deialdiko azterketa idatzia: %70
Ohiko deialdiko O2, O3 eta O4 atalak: %10 atal bakoitzak

Kasu horretan, beharrezkoa izango da gutxienez 4,5 puntu izatea ezohiko deialdiko azterketa idatzian.

Bestalde, B egoeran dauden ikasleen kasuan, notaren %100 ezohiko deialdiko azterketari dagokio. Beraz, gutxienez 5 puntu lortu beharko dira azterketa horretan.

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-. Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

Ikasgelako apunteak. Ariketa-orriak eta proposatutako problema gehigarriak.

BIBLIOGRAFÍA

Oinarrizko bibliografia

- M.F. ATIYAH, I.G. MACDONALD. Introducción al Álgebra Conmutativa. Reverté, 1973.

- P. CAMERON. Introduction to algebra. Oxford University Press, segunda edición, 2008.

- D. COX, J. LITTLE, D. O'SHEA. Ideals, Varieties and Algorithms. Springer, segunda edición, 1997.

- G. NAVARRO. Un curso de Algebra. Universidad de Valencia, 2002.

Gehiago sakontzeko bibliografia

- N. JACOBSON. Basic Algebra. W.H. Freeman and Company, 1985.

- S. LANG. Undergraduate algebra. Springer, tercera edición, 2005.

- M. REID. Undergraduate Conmutative Algebra. Cambridge University Press, 1996.

- A. VERA. Introducción al Álgebra. (2 volúmenes). AVL, 1986.

Aldizkariak

Interneteko helbide interesgarriak

OHARRAK

...

IRAKASKUNTZA-GIDA	2026/27

Ikastegia	310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea	**Zikl.**	Zehaztugabea
Plana	GMATEM31 - Matematikako Gradua	**Ikastaroa**	3. maila

IRAKASGAIA

26683 - Analisi Konplexua	**ECTS kredituak:**	6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

Aldagai konplexu bateko funtzioen oinarrizko teoria aztertzen da irakasgai honetan. Aldagai erreal bat edo anitzeko funtzioen kasuan ez bezala (Kalkulu Diferentziala eta Integrala I eta II irakasgaietan ikusita), kasu interesgarriena deribagarritasunarena da, funtzio deribagarriek askoz propietate aberatsagoak dituzte. Horietako batzuk eta haien aplikazioak ikusiko ditugu Analisi Erreal eta Konplexuko arlo ezberdinetan.

Kalkulu Diferentziala eta Integrala I eta II irakasgaiekin batera modulu bat osatzen du Analisi konplexuak. Denen artean aldagai erreal edo konplexu bateko eta aldagai erreal anitzeko kalkuluaren kontzeptuak, teknikak eta oinarrizko aplikazioak ematen dituzte. Moduluaren helburua da analisi matematikoan oinarrizkoak diren irakasgai horien ezagutza nahikoa lortzea gaiak ulertzeko eta hainbat arlotan erabili ahal izateko.

Irakasgaia jarraitzeko, ezinbestekoa da lehen mailako Kalkulu Diferentziala eta Integrala I eta II irakasgaietan irakatsitako diferentziagarritasunaren kontzeptua ezagutzea. Ez da funtsezkoa baina bai lagungarria Kalkulu Diferentziala eta Integrala II irakasgaian ikusten den kurben gaineko integrazioa ezagutzea.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

GAITASUN ESPEZIFIKOAK:

M15CM18: Aldagai konplexuko funtzioen propietate nagusiak ezagutu. Funtzio analitikoak, funtzio harmonikoak eta oinarrizko funtzioak ezagutu.
M15CM19: Cauchyren teorema integral ezberdinen enuntziatuak eta aplikazioak bereganatu.
M15CM20: Funtzioak Taylor eta Laurenten serieetan garatu.
M15CM21: Hondarren teoremaren aplikazio eta ondorio nagusiak ezagutu.
M15CM22: Hondarren metodoaren bidez integralak kalkulatu. Integral inpropioen kalkulurako erabili.
M15CM23: Transformazio konformeen oinarrizko propietateak eta ezaugarri geometrikoak ezagutu.

IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK:

Aldagai konplexuko oinarrizko funtzioak ezagutu, hondarrak eta plano konplexuko eremuen gaineko integralak kalkulatu.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

1. ZENBAKI KONPLEXUAK ETA PLANO KONPLEXUA: Eragiketak zenbaki konplexuekin, modulua eta argumentua, adierazpen polarra eta forma esponentziala, erroak, proiekzio estereografikoa. Zenbaki konplexuen segidak eta serieak.
2. FUNTZIO DERIBAGARRIAK: Limiteak eta jarraitutasuna. Deribatu konplexua. Cauchy-Riemannen ekuazioak. Funtzio holomorfoak eta haien propietateak. Funtzio harmonikoak eta harmoniko konjugatuak.
3. OINARRIZKO FUNTZIOAK: Funtzio esponentziala, logaritmoak eta logaritmo funtzioaren adarrak, berretura konplexuak, funtzio trigonometrikoak, hiperbolikoak eta haien alderantzizkoak.
4. INTEGRAZIO KONPLEXUA ETA CAUCHYREN TEOREMAK: Kurben gaineko integralak, jatorrizko funtzioak, Cauchyren teorema integrala, Cauchyren formula integrala funtzioetarako eta deribatuetarako, ondorioak (Moreraren teorema, Liouvilleren teorema, modulu maximoaren printzipioa).
5. TAYLORREN ETA LAURENTEN SERIEAK. PUNTU SINGULARRAK: Funtzio-segidak eta funtzio-serieak, berretura serieak, Taylorren serieak, Laurenten serieak, puntu singular isolatuen sailkapena eta karakterizazioa.
6. HONDARRAK ETA HAIEN APLIKAZIOAK: Hondarrak. Cauchyren hondarren teorema. Funtzio trigonometrikoen integral errealen kalkulua hondarren bidez. Zuzen errealaren gaineko integral inpropioen kalkulua, argumentuaren printzipioa, Rouchéren teorema.
7. TRANSFORMAZIO KONFORMEAK: Deribatuaren modulu eta argumentuaren esanahi geometrikoa, transformazio konformeak, zenbait transformazioren analisi geometrikoa.

METODOLOGIA

Klase magistralak: teoriako gaiak azalduko dira, bibliografia gomendatuan oinarrituta.

Gelako praktikak: ikasleei proposaturiko ariketa eta galderak gelan ebatziko dira, klase magistraletan ikusitako gaiak ulertzeko eta lantzeko.

Mintegiak: irakasleak, irakasgaiaren edukiekin erlazionatutako lanak proposatuko dizkie ikasleei. Ikasleek, egindako lana erakutsiko dute mintegietan, haien lana aurkeztuz eta egindakoa argudiatuz.

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legenda:

M: Magistrala	S: Mintegia	GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p.	GO: Ordenagailuko p.	GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra	TI: Tailer Ind.	GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema
- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikusi ORIENTAZIOAK % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-. Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.
EBALUAZIO JARRAITUA: AZTERKETAK ETA MINTEGIAK

1.- Teoria eta problemez osatutako azterketa idatziak: nota finalaren %80, gehienez.

Ebaluazio-irizpideak:

-Arrazonamenduetan eta definizioetan zehaztasuna.
-Lengoai matematikoaren doitasuna.
-Argudio-metodoak argiak eta ordenatuak pausuak azalduz.
-Ariketen emaitzak zuzenak.

2.- Mintegietan parte-hartzea, banakako edo taldekako lanak, aurkezpenak (ez aukera guztiak derrigorrean): nota finalaren %50, gehienez.

Ebaluazio-irizpideak:

-Erantzun zuzenak eta lengoai matematikoaren erabilpen ona.
-Argitasuna argudioetan.
-Ahozko eta idatzizko azalpenetan, ordena eta zehaztasuna.
-Asistentzia.

Ebaluazio jarraituaren errenuntzia kurtsoko 9garren astera arte egin daiteke, irakasgaiaren arduradunari idazki bat bidaliz.

EBALUAZIO FINALA: AZTERKETA FINALA

Ebaluazio finala irakasgai osoaren azterketaren bidez egingo da. Pisua % 100.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-. Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

EBALUAZIO FINALA: AZTERKETA FINALA

- Teoria eta problemez osatutako azterketa idatzia: nota finalaren %100.

Ebaluazio-irizpideak:

-Arrazonamenduetan eta definizioetan zehaztasuna.
-Lengoai matematikoaren doitasuna.
-Argudio-metodoak argiak eta ordenatuak pausuak azalduz.
-Ariketen emaitzak zuzenak.

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

eGela plataformaren bidez eskainitako materiala:

* Ariketak
* Mintegiak
* Apunteak

BIBLIOGRAFÍA

Oinarrizko bibliografia

AGARWAL R. P., PERERA K., PINELAS S. An Introduction to Complex Analysis. Springer, 2011.
APARICIO E. Teoría de funciones de variable compleja. UPV-EHU, 1998.
BROWN J.W., CHURCHILL R.V. Variable compleja y aplicaciones, 7a ed. McGraw-Hill, 2007.
CONWAY J. B., Functions of One Complex Variable. Springer-Verlag, 1986.
DUOANDIKOETXEA, J., RIVAS, J. Analisi Konplexua, EHUko Argitalpen Zerbitzua, 2017.
PALKA, B.P. An introduction to Complex Function Theory. Springer-Verlag ,1991.
STEIN, E.M., SHAKARCHI, R. Complex Analysis, Princeton University Press, 2003.
VOLKOVYSKI I, LUNTS G, ARAMANOVICH I. Problemas de la teoría de funciones de Variable Compleja. MIR, 1972.

Gehiago sakontzeko bibliografia

AHLFORS L. V., Complex Variables. McGraw-Hill, 1978.
LANG S. Complex Analysis. Springer, 1999.
LEVINSON N., REDHEFFER R. M., Curso de variable compleja. Reverté, 1990.
MARSDEN J. E., HOFFMANN M. J., Basic Complex Analysis. W.H. Freeman and Co. USA, 1987.
RUDIN W., Análisis real y complejo. McGraw-Hill / Interamericana de España, 1987.
SHAKARCHI R. Problems and Solutions for Complex Analysis. Springer, 1999.

Aldizkariak

Interneteko helbide interesgarriak

Martín Rivasen oinarrizko apunte egoki batzuk (UPV/EHU):
http://tp.lc.ehu.es/documents/problemas.pdf .
Ikastaro idatziak, pdf formatuan, asko aurki daitezke. Adibidez: George Cainena
http://people.math.gatech.edu/~cain/winter99/complex.html edo o Russell W. Howell eta John H. Mathews-ena
https://complexanalysis.org/#textbook
Terry Taoren ikastaro bat hemen:
http://www.math.ucla.edu/~tao/resource/general/132.1.00w/.
Edukien laburpena Physics Forums web orrialdean:
https://www.physicsforums.com/insights/an-overview-of-complex-differentiation-and-integration/ .
Mathematics Stack Exchange web orrialdea:
https://math.stackexchange.com.

OHARRAK

COURSE GUIDE	2026/27		
Faculty	310 - Faculty of Science and Technology	**Cycle**	.
Degree	GMATEM31 - Bachelor's Degree in Mathematics	**Year**	Third year

COURSE

26683 - Complex Analysis	**Credits, ECTS:**	6

COURSE DESCRIPTION

The theory of functions of one complex variable is studied in this subject. Unlike the case of the functions of one or several real variables (studied Differential and Integral Calculus I and II), the focus here is fully on the differentiable case, since complex differentiable functions have much richer properties. Some of these properties and their applications to different fields of real and complex analysis are studied.

Complex Analysis, together with Differential and Integral Calculus I and II form a module. These three subjects systematically present together the basic concepts, techniques and applications of single variable differential calculus, both real and complex, or several real variables. This module aims to allow students to acquire sufficient knowledge to enable them to understand the topics taught and apply them in various fields.

Students are required to know the general concept of differentiability taught in Differential and Integral Calculus I and II in order to follow this subject. Knowledge of the line integration along curves taught in Differential and Integral Calculus II is strongly recommended.

COMPETENCIES/LEARNING RESULTS FOR THE SUBJECT

SPECIFIC SKILLS

M15CM18: Know the main properties of functions of complex variables. Recognize analytic functions, harmonic functions and elementary functions.
M15CM19: Assimilate the statements and applications of the different Cauchy integral theorems.
M15CM20: Expand functions in Taylor and Laurent series.
M15CM21: Know the main applications and consequences of the Residue Theorem.
M15CM22: Calculate complex integrals by the method of residues. Apply it to the calculation of improper real integrals.
M15CM23: Know the basic properties of conformal mappings and their geometric properties.

LEARNING OUTCOMES

Know the main functions of one complex variable, calculate the residues and the integrals over domains of the complex plane.

Theoretical and Practical Contents

1. COMPLEX NUMBERS. COMPLEX PLANE. Binomial and exponential form of complex numbers. Operations with complex numbers. Nth roots of complex numbers. Distance in the complex plane. The extended complex plane and the stereographic projections. Sequences and series of complex numbers.

2. FUNCTIONS OF COMPLEX VARIABLE. Limits and continuity. Complex derivative. Cauchy-Riemann equations. Holomorphic functions and their properties. Harmonic functions and harmonic conjugates.

3. ELEMENTARY FUNCTIONS OF COMPLEX VARIABLE. Exponential function, logarithms and branches of the logarithm function, complex exponentiations, trigonometric functions, hyperbolic functions and their inverses.

4. COMPLEX INTEGRATION AND CAUCHY'S THEOREMS. Contour integrals along curves. Primitive functions. Cauchy Integral Theorem, Cauchy Integral Formula and Generalized Cauchy Integral Formula. Consequences of Cauchy Theorem (Morera's Theorem, Liouville's Theorem. Maximum Modulus Principle).

5. TAYLOR AND LAURENT SERIES. SINGULAR POINTS. Sequences of functions and series of functions. Power series. Taylor series. Laurent series. Classification of isolated singular points and their characterization.

6. RESIDUES AND APPLICATIONS. Residues. Residue Theorem. Methods to calculate residues. Calculation of real integrals of trigonometric functions by means of residues. Calculation of improper integrals and principal values along the real line by means of residues. Argument Principle. Rouché's Theorem.

7. CONFORMAL MAPPINGS. Geometric meaning of the modulus and the argument of the derivative. Conformal

mappings. Geometric study of some mappings.

TEACHING METHODS

Lectures: theoretical topics will be presented, following the recommended bibliography.

Classroom practices: problems and exercises proposed to the students will be solved in class, to understand, develop and work with the topics of the lectures.

Seminars: the lecturer will propose works related to the topics of the subject to the students. The students will show the work carried out in the seminar, presenting it and arguing what has been done.

TYPES OF TEACHING

Types of teaching	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Hours of face-to-face teaching	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legend:

M: Lecture-based
S: Seminar
GA: Applied classroom-based groups
GL: Applied laboratory-based groups
GO: Applied computer-based groups
GCL: Applied clinical-based groups
TA: Workshop
TI: Industrial workshop
GCA: Applied fieldwork groups

Evaluation methods

- Continuous evaluation
- End-of-course evaluation

Evaluation tools and percentages of final mark

- See the guidelines below 100%

ORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices -including artificial intelligence tools when not expressly permitted- in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

CONTINUOUS ASSESSMENT: WRITTEN EXAMS AND SEMINARS

1.- Written exams covering theory and problems: up to 80% of the final mark.

Assessment criteria:
- Precision in the reasonings and definitions.
- Correctness of mathematical language.
- Clear and correctly ordered argumentation methods, explaining the steps.
- Accuracy in the results of the exercises.

2.- Participation in seminars, individual or group works, presentations (not necessarily all possibilities): up to 50% of the final mark.

Assessment criteria:
- Correct answers and proper use of mathematical language.
- Clarity in reasoning.
- Order and precision in oral and written explanations.
- Attendance.

Withdrawal from continuous assessment may be requested up to week 9 of the academic year, by writing to the lecturer of the subject.

FINAL ASSESSMENT: written exam.

The final assessment will consist of a comprehensive exam covering the whole subject. Weight 100%.

EXTRAORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices -including artificial intelligence tools when not expressly permitted- in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

FINAL ASSESSMENT: written exam (% 100)

Assessment criteria:

- Precision in the reasonings and definitions.
- Correctness of mathematical language.
- Clear and correctly ordered argumentation methods, explaining the steps.
- Accuracy in the results of the exercises.

Non-attendance of the exam will be sufficient to withdraw from the examination assessment.

MANDATORY MATERIALS

Material distributed through the eGela platform:

* Problems
* Seminars
* Course notes

BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography

AGARWAL R. P., PERERA K., PINELAS S. An Introduction to Complex Analysis. Springer, 2011.
APARICIO E. Teoría de funciones de variable compleja. UPV-EHU, 1998.
BROWN J.W., CHURCHILL R.V. Variable compleja y aplicaciones, 7a ed. McGraw-Hill, 2007.
CONWAY J. B., Functions of One Complex Variable. Springer-Verlag, 1986.
DUOANDIKOETXEA, J., RIVAS, J. Analisi Konplexua, EHUko Argitalpen Zerbitzua, 2017.
PALKA, B.P. An introduction to Complex Function Theory. Springer-Verlag ,1991.
STEIN, E.M., SHAKARCHI, R. Complex Analysis. Princeton University Press, 2003.
VOLKOVYSKI I, LUNTS G, ARAMANOVICH I. Problemas de la teoría de funciones de Variable Compleja. MIR, 1972.

Detailed bibliography

AHLFORS L. V., Complex Variables. McGraw-Hill, 1978.
LANG S. Complex Analysis. Springer, 1999.
LEVINSON N., REDHEFFER R. M., Curso de variable compleja. Reverté, 1990.
MARSDEN J. E., HOFFMANN M. J., Basic Complex Analysis. W.H. Freeman and Co. USA, 1987.
RUDIN W., Análisis real y complejo. McGraw-Hill / Interamericana de España, 1987.
SHAKARCHI R. Problems and Solutions for Complex Analysis. Springer, 1999.

Journals

Web sites of interest

Some very appropriate notes by Martín Rivas (UPV/EHU):
http://tp.lc.ehu.es/documents/problemas.pdf.
There are many written courses in pdf format to be found. For example: George Cain's (http://people.math.gatech.edu/~cain/winter99/complex.html), or one by Russell W. Howell and John H. Mathews https://complexanalysis.org/#textbook
A course by Terry Tao:
http://www.math.ucla.edu/~tao/resource/general/132.1.00w/.
A summary of the contents on the web page Physics Forums:
https://www.physicsforums.com/insights/an-overview-of-complex-differentiation-and-integration/.
The Mathematics Stack Exchange page:

https://math.stackexchange.com.

OBSERVATIONS

IRAKASKUNTZA-GIDA	2026/27

Ikastegia	310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea	**Zikl.**	Zehaztugabea
Plana	GMATEM31 - Matematikako Gradua	**Ikastaroa**	3. maila

IRAKASGAIA

26686 - Ekuazio Aljebraikoak	**ECTS kredituak:**	6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

Irakasgai honen helburu nagusia Galoisen hedadurak diren gorputz hedadura finituak ikastea da. Honela polinomio baten Galoisen talde ezagutuko ditugu. Talde hau lortuko dugu kasu berezi batzuetan eta ulertuko dugu ze lotura duen talde honek polinomioaren ebazgarritasunarekin. Aldez aurretik, gorputz hedadurei buruzko teoria orokorra, hedadura aljebraikoak eta polinomio baten deskonposizio gorputzak ikusiko ditugu.

Irakasgai hau hurrengo moduluari dagokio: Egitura Aljebraikoak (2. Maila)+ Aljebra Trukakorra(3. Maila)+Ekuazio aljebraikoak(3.Maila). Modulo honek Aljebra Abastraktuaren oinarriak eta aplikazio nagusiak lantzen ditu. Ikasleak modulo honetako oinarrizko tresnak eskuratuko ditu matematikaren beste arlo batzuetan erabilgarriak izango dituenak. Gainera, tekinak hauei esker, laugarren mailako aljebrako irakasgaietan aurrera egiteko prest izango da.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

GAITASUN BEREZIAK

M01CM10: Gorputz hedadura errezenetan eragiketak egiten jakitea.
M01CM11: Hedadura normal eta Galoisen hedaduraren propietateak ezagutzea eta hedadura errezenetan Galoisen taldea kalkulatzen jakitea.
M01CM12: Galoisen teoriaren oinarrizko teorema erabiliz hedadura errezenen tarteko azpigorputzak kalkulatzen jakitea.
M01CM13: Erradikalen bitartez ebazgarriak diren ekuazio aljebraikoak bereizten jakitea.

EMAITZAK:

Polinomio baten Galoisen taldea ezagutzea eta kasu errezenetan kalkulatzen jakitea. Ulertu talde honek duen erlazioa polinomioaren erradikalen bitarteko ebazgarritasunarekin.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

1. EKUAZIO ALJEBRAIKOEN EBAZGARRITASUNAREN ARAZOA: Zer da ekuazio aljebraiko bat ebaztea?. Maila lau baino txikiagoa edo berdina duten ekuazio aljebraikoen ebazpena erradikalak erabiliz. Eraztun Polinomioen berrikuspena: zatigarritasun eta irreduzibilitate irizpideak. Gorputzak, orokortasunak. Gorputz baten talde batukorra eta biderkakorraren egitura. Gorputzaren karakteristika eta azpigorputz lehena.
2. GORPUTZ HEDADURAK: Gorputz hedadurak. Elementu aljebraikoak eta elementu traszendenteak. Hedadura aljebraikoak eta hedadura finituak. Polinomio baten deskonposizio gorputza: existentzia eta bakartasuna.
3. HEDADURA NORMALAK ETA HEDADURA BAKUNAK: Hedadura normalak. Hedadura finitu eta normalen karakterizazioa. Hedadura finituak eta banangarriak: Jatorrizko elementuaren teorema.
4. GALOISEN HEDADURAK: Gorputz baten automorfismoak. Galoisen hedadurak eta Galoisen taldea. Galoisen teoriaren Oinarrizko teorema. Aplikazioak (Gorputz finituak, Algebraren oinarrizko teorema).
5. EKUAZIO ALJEBRAIKOEN EBAZGARRITASUNA: Talde ebazgarriak. Galoisen teorema ekuazio aljebraikoen ebazgarritasunari buruzkoa erradikalak erabiliz.

METODOLOGIA

Irakasgaiaren teoria klase magistraletan emango da. Teoriako apunteak osatzeko Bibliografian aipatutako liburuak erabiliko ditugu. Klase magistralak ariketa saioekin osatuko dira, bertan ikasleari zenbait ariketa proposatuko zaizkio. Ariketa hauen bitartez ikasleak teoriako klaseetan lortutako ezagupenak zakonduko dira. Mintegietan irakasgaiaren oinarrizko elementuak landuko dira, ariketak irakasleari ezagutaraziko zaizkio aldez aurretik lan egin dezan. Mintegian ikasleak izan dituen arazoak aztertuko dira.

Ikasleak partu hartu beharko dute problemen ebazpenean.

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legenda: M: Magistrala — S: Mintegia — GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p. — GO: Ordenagailuko p. — GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra — TI: Tailer Ind. — GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema
- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikusi ORIENTAZIOAK % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-.Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

EBALUAZIO-SISTEMA. Bi idatzizko proba egongo dira, bat partziala, eta bestea finala. Azken notan ikasle bakoitzaren interesa eta jarrera kontuan hartuko dira.
- %50-80 Azterketa finala, idatzizko azterketa finala izan daieteke edota idatzizko azterketa ariketentzako eta ahozkoa teoriarako.
- %20-50 Idatzizko azterketa partziala, beste ariketa mota batzuk (bakarkakoa edo taldekoa) idatzitakoa edo ahozkoa izan ahal dena.

Irakasgaia gainditu ahal izateko, ezinbestekoa da azterketa finalean gutxienez 4,5 puntu ateratzea 10ren gainean.

Ebaluazio finala irakasgai osoaren asterketaren bidez egingo da. Pisua % 100.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-.Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

Ez ohizko deialdian (Uztaila), ikasleen kalifikazioa idatzizko azterketan lortutako nota izango da.

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

BIBLIOGRAFÍA

Oinarrizko bibliografia

1.- CLARK, A. Elementos de Algebra Abstracta. Alhambra, Madrid, 1979.
2.- De VIOLA-PRIOLI. A.M.; VIOLA-PRIOLI, J.E. Teoría de Cuerpos y Teoría de Galois. Reverté, Barcelona, 2006.
3.- NAVARRO, G. Un curso de Algebra. Universidad de Valencia, 2002.
4.- STEWART, I. Galois Theory. Chapman & Hall, 2nd ed., London, 1989.
5.-VERA LÓPEZ, A. Introducción al Algebra, II. Ellacuría, Bilbao, 1986.
6.- VERA, A.; VERA, J. Problemas de Algebra, I: Teorías de Grupos y de Cuerpos. AVL, 1995.

Gehiago sakontzeko bibliografia

1.-GARLING, D. J. H. A course in Galois Theory. Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
2.-HUNGERFORD, T.W. Algebra. Springer-Verlag, New York, 1984.
3.-LANG, S. Algebra. 3rd. ed. Springer, 2005.
4.-MORANDI, P. Field and Galois Theory, Springer, New York, 1996.
5.-VERA, A.; ARREGI, J.M. Problemas de Algebra, II: Teorías de Grupos, Cuerpos y Anillos. AVL, 1989.

Aldizkariak

Interneteko helbide interesgarriak

http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Galois.html
http://mathworld.wolfram.com/topics/AlgebraicEquations.html

OHARRAK

IRAKASKUNTZA-GIDA	2026/27

Ikastegia	310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea	**Zikl.**	Zehaztugabea
Plana	GMATEM31 - Matematikako Gradua	**Ikastaroa**	3. maila

IRAKASGAIA

26690 - Ekuazio Diferentzialak	**ECTS kredituak:**	12

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

AZALPENA
Irakasgai honetan lehen ordenako ekuazio diferentzial arruntak ebazteko oinarrizko metodoak (analitikoak eta kualitatiboak) aurkezten dira. Goi-ordenako ekuazio diferentzial linealen eta sistema diferentzial linealen azterketa sakona azaltzen da. Cauchyren problemaren soluzioen existentziaren eta bakartasunaren teoria azaltzen da. Sistema autonomoak estudiatzen dira. Sturm-Liouvilleren mugalde-problema aztertzen da. Lehen eta bigarren ordenako deribatu partzialetako ekuazioak tratatzen dira karakteristikoen metodoaren eta aldagaien banantze-metodoaren bidez.

TESTUINGURUA
Ekuazio diferentzialak irakasgaia eta Deribatu partzialetako ekuazioak irakasgaia elkarrekin erlazionatzen dira. Ekuazio diferentzialak irakasgaiaren lehen zatian ekuazio diferentzial arrunten emaitzak eta teknikak aurkezten dira; bigarren zatian eta Deribatu partzialetako ekuazioak irakasgaian deribatu partzialetako ekuazioei buruzko kontzeptuak eta ebazteko teknika bereziak landuko dira, eta haien aplikazio interesgarrienak Geometrian eta Fisikan.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

GAITASUNAK
M04CM01 - Ekuazio diferentzial arruntak ebazteko metodo nagusiak aplikatu.
M04CM02 - Ekuazio diferentzialen soluzioen existentziaren eta bakartasunaren teoriako oinarrizko kontzeptuak bereganatu eta funtsezko emaitzak enuntziatu zehaztasunez analisi matematikoaren aurretiko kontzeptuak erabiliz. Baita ere, hasierako balioekiko menpekotasunari buruzko teoremak.
M04CM03 - Ekuazio diferentzialei buruzko emaitzen froga zorrotzak ezagutu eta proposatutako emaitzen froga berriak asmatu.
M04CM04 - Ekuazio diferentzial batzuen ebazpenerako metodo analitikoak, grafikoak eta konputazionalak erabili.
M04CM05 - Ekuazio diferentzial arrunten sistema linealak ebatzi.
M04CM06 - Geometriako, Fisikako eta mundu errealeko problemak ekuazio diferentzialekin erlazionatu.
M04CM07 - Ekuazio diferentzial arrunten soluzioei buruz informazio kualitatiboa lortu, ekuazioa ebatzi gabe.
M04CM08 - Ekuazio diferentzialak ebatzi eta lengoaia matematiko egokiaren bidez ebazpen metodoak azaldu ahoz zein idatziz.
M04CM10 - Problema errealak ekuazio diferentzial arrunt edo deribatu partzialetako ekuazio bihurtu.
M04CM11 - Ekuazio diferentzialen portaera puntu erregularren edo singularren inguruneetan eta oreka-puntuen egonkortasunaren kontzeptua ulertu.

IKASTEAREN EMAITZAK
Ekuazio diferentzial arruntak edo deribatu partzialetako ekuazioak ebazteko metodo nagusiak aplikatu.
Ekuazio diferentzial arrunten sistema linealak ebatzi.
Problema erreal batzuk ekuazio diferentzialen bidez adierazi.
Ekuazio diferentzialen soluzioei buruzko informazio kualitatiboa lortu.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

1. EKUAZIO DIFERENTZIALAK. Ekuazio diferentzialen sailkapena. Ekuazio diferentzialen soluzioaren kontzeptua. Kurba familiak eta ibilbide ortogonalak. Jatorri zientifiko-teknologikoko problemak.
2. EBAZPEN-METODO ELEMENTALAK. Lehen ordenako ekuazio diferentzialak ebazteko metodo analitikoak: aldagai bananduetako ekuazioak, ekuazio homogeneoak, ekuazio zehatzak eta integrazio faktoreak, ekuazio diferentzial linealak, Bernouilliren ekuazioak, Riccatiren ekuazioak, ekuazio diferentzial inplizituak. Bigarren ordenako ekuazio diferentzial batzuk ebazteko metodoak. Lehen ordenako ekuazio diferentzialen ebazpenarako metodo kualitatiboak.
3. EKUAZIO DIFERENTZIAL LINEALAK. Lehendabiziko definizioak. Ekuazio diferentzial lineal homogeneoak: Liouvilleren formula, ordenaren beherapenaren metodoa. Ekuazio diferentzial lineal ez-homogeneoak: ordenaren beherapenaren metodoa eta koefizienteen aldakuntzaren edo Lagrangeren metodoa. Koefiziente konstanteetako ekuazio diferentzial linealak. Eulerren ekuazio diferentzialak. Bigarren ordenako ekuazio diferentzial linealak: soluzioen propietate kualitatiboak.
4. EKUAZIO DIFERENTZIALEN EBAZPENA BERRETURA-SERIEEN BIDEZ. Berretura-serieak eta funtzio analitikoak. Lehen ordenako ekuazio diferentzialen ebazpena berretura-serieen bidez. Bigarren ordenako ekuazio diferentzialak: puntu erregularrak eta puntu singular erregularrak. Ekuazio erakuslea eta Frobeniusen serieak. Besselen ekuazioa. Infinituaren inguruko garapenak.
5. SISTEMA DIFERENTZIAL LINEALAK. Sistema diferentzial lineal homogeneoak: oinarrizko matrizea eta Jacobiren formula. Sistema diferentzial lineal ez-homogeneoak. Koefiziente konstanteetako sistema lineal homogeneoak: bektore

propioen metodoa eta funtzio esponentzial matriziala.
6. HASIERAKO BALIOETAKO PROBLEMA. EXISTENTZIA-TEORIA. Cauchyren problema: problema diferentziala eta problema integrala. Lipschitzen baldintza. Picarden hurbilketak. Cauchyren problemaren soluzio globalak. Cauchyren problemaren soluzio lokalak. Soluzioen luzapena eta soluzio maximalak. Soluzioen menpekotasuna hasierako balioekiko.
7. SISTEMA AUTONOMOAK. Sistema autonomo lauak: fase-planoa, orbitak. Sistema autonomoen puntu kritikoak eta haien egonkortasuna. Sistema autonomo linealen puntu kritikoen egonkortasuna eta sailkapena. Sistema ez-linealak: linealizazioa eta Liapunoven metodo zuzena.
8. STURM-LIOUVILLEREN PROBLEMAK. Sturm-Liouvilleren problema homogeneo erregularrak: balio propioak, funtzio propioak eta haien propietateak. Funtzio propioen ortogonalitatea eta Fourierren serieak Sturm-Liouvilleren problemen funtzio propioekiko. Sturm-Liouvilleren problema periodikoa. Sturm-Liouvilleren problema erregular ez-homogeneoak: ebazpena funtzio propioen menpe, Greenen funtzioa.
9. DERIBATU PARTZIALETAKO EKUAZIOAK. KARAKTERISTIKOEN METODOA. Ordena bateko Deribatu Partzialetako Ekuazioak. Soluzioen existentzia. Karakteristikoen metodoa. Bi ordenako DPEak. Sailkapena. Laburketa forma kanonikora karakteristikoen metodoaren bidez. Uhin-ekuazioaren ebazpena planoerdian eta koadrantean.
10. DERIBATU PARTZIALETAKO EKUAZIOAK. ALDAGAIEN BANANTZE-METODOA. Bero-banaketa haga finitu baten problemaren ebazpena. Hari bibratzailearen problemaren ebazpena. Laplace-ren ekuazioaren ebazpena errektangeluan eta zirkuluan.

METODOLOGIA

METODOLOGIA
Eduki teorikoa klase magistraletan azalduko da Bibliografian agertzen diren oinarrizko erreferentziak eta nahitaezko materialak jarraituz. Klase magistralak ariketa-klaseekin (gela-praktikekin) osatuko dira; klase horietan ikasleei proposatuko zaie teoriako klaseetan ikasitakoa problemak ebazteko erabiltzea.
Mintegietan ikasleek aurkeztu eta azalduko dituzte, idatziz edo ahoz, irakasgaiaren galdera edo adibide adierazgarriak irakasleak mintegia baino lehen, oro har, ikasleei proposatutakoak; horrela, ikasleek mintegi egunerako pentsatuta izanez gero, galderak hobeto eztabaidatuko dituzte eta ondorio egokiak aterako dituzte. Ikasleei banakako edo taldeko lanak teoriari buruz edo problemei buruz proposatuko zaizkie. Ikaslearen lanen zati nagusia lan pertsonala izango da. Irakasleak ikasleak orientatuko ditu bidalitako lanetan. Ikasleek irakasgaian aurkitzen dituzten zailtasunak edo zalantzak irakaslearen tutoretzetan argitu ahal izango dituzte.

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	72	12	36						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	108	18	54						

Legenda:

M: Magistrala	S: Mintegia	GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p.	GO: Ordenagailuko p.	GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra	TI: Tailer Ind.	GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema
- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikusi ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

OHIKO DEIALDIA:
Azterketa idatziak bai teoriaz bai ariketetaz.
Pisua: % 80 - % 100 (azterketetan nota minimoak 4 izan behar du mintegietako nota kontuan izateko)
Irizpideak:
-Arrazonamenduetan eta definizioetan zehaztasuna.
-Lengoai matematikoaren doitasuna.
-Argudio-metodoak argiak eta ordenatuak pausuak azalduz.
-Ariketen emaitzak zuzenak.

Mintegietako lanak (idatzizkoak edo ahozkoak).

Pisua:% 0 - % 20 (azterketetan nota minimoak 4 izan behar du mintegietako nota kontuan izateko)
Irizpideak:
-Erantzun zuzenak eta lengoai matematikoaren erabilpen ona

-Argitasuna argudioetan
-Ahozko azalpenetan, ordena eta zehaztasuna
-Problemen ebazpenetan ordena eta zehaztasuna
-Asistentzia

Ebaluazio jarraituaren errenuntzia kurtsoko 18garren astera arte egin daiteke, irakasgaiaren arduradunari idazki bat bidaliz.
Ebaluazio finala irakasgai osoaren azterketaren bidez egingo da. Pisua % 100.

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere --adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-.Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Azterketa idatzia. Pisua % 100.

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere --adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-.Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

eGela plataforma baldin badago.

BIBLIOGRAFÍA

Oinarrizko bibliografia

BIBLIOGRAFÍA
*N. ARRIZABALAGA, J. RIVAS, Ekuazio diferentzialak, UPV/EHUko Euskararen Arloko Errektoreordetza, 2020.
*W.E. BOYCE, R.C. DIPRIMA, Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera, Limusa, 2016.
* O. CIAURRI, Instantáneas diferenciales, Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Rioja, 2013.
*A. DOU, Ecuaciones en derivadas parciales, Dossat, 1970.
*A. KISELIOV, M. KRASNOW Y G. MAKARENKO, Problemas de ecuaciones diferenciales ordinarias, MIR, 1984.
*R. K. NAGGLE, E. B. SAFF, Fundamentos de Ecuaciones Diferenciales, 2ª edición, Addison-Wesley Iberoamericana, 1992.
*I. PERAL ALONSO, Primer curso de ecuaciones en derivadas parciales, Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid,1995.
*F. SIMMONS, Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones y Notas Históricas, McGraw Hill, 1977.
*D.G. ZILL, W.S. WRIGHT, Ecuaciones diferenciales con problemas con valores en la frontera, Cengage Learning, 2015

Gehiago sakontzeko bibliografia

*M. BRAUN, Differential Equations and Their Applications, Springer Verlag, New York 1978.
*M. W. HIRSCH, S. SMALE, Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y álgebra lineal, Alianza Editorial, Alianza Universidad, Textos nº 61, 1983.

Aldizkariak

Interneteko helbide interesgarriak

OHARRAK

IRAKASKUNTZA-GIDA	2026/27

Ikastegia 310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea **Zikl.** Zehaztugabea

Plana GMATEM31 - Matematikako Gradua **Ikastaroa** 3. maila

IRAKASGAIA

26681 - Eredu Matematikoak **ECTS kredituak:** 6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

Ikasgaiaren helburua hauxe da, zenbait zientzi arlotan zein egungo informazio-gizartean garatu diren teknika berrietarako matematikako eredugintzak eman ditzaken soluzioei buruzko hausnarketa egitea. Besteak beste, ikasgai honetan erakutsiko da nola eraiki eredu matematikoak fisikan, biologian zein egungo informazio eta irudiko gizartean baliozkoak direnak eta fenomenoak eta prozesuak ulertzeko eta hobetzeko balioko dutenak. Ikasgaiak alde teorikoa izango du eredu motak ikasteko eta haien baliagarritasuna, sinpletasuna eta doitasuna aztertzeko eta baita alde praktikoa tresna informatikoen erabilera problema batzuen soluzioa aurkitzeko.
Hemen eredugintza matematikoaren eta modelo eraginkorreko analisiaren kontzeptu orokorrak eta eredu eraikuntzaren eta analisiaren kontzeptuak nahasten dira. Proposatutako ereduek fenomenoa deskribatzen duten datu esperimentalen egokitzapena bermatzea eskatzen da edota baliozkoak izatea bete behar duten beharrarekin ados egoteko.
Ikasgai honetan aurkeztutako eredu matematikoak sustatu zuten aspektu historikoak arretaz aztertuko dira ere.
Ikasgai honetan aurkezten diren eredu matematikoak ebazteko edo soluzioen hurbilketak bilatzeko tresnak ondoko ikasgaietan sakonki aztertzen dira: Zenbakizko Metodoak I eta II, Ekuazio Diferentzialak, Kodeak eta Kriptografia, Zenbakizko Metodoen Hedapena eta Programazio Matematikoa.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

M07CM01 - Problema praktikoak ebazteko zein arlo ezberdinetan aplikazioak eraikitzeko Matematikak daukan ahalmenaren eta indarraren ikuspegia hartzea.
M07CM02 - Zenbait zientzietarako eta ingeniaritzetarako eraginkorrak diren metodoak proposatzeko, soluzioak emateko eta erabaki egokiak hartzeko gaitasuna garatzea.
M07CM03 - Matematikak erabiltzen ikastea. Matematika zientzia izateaz gain, baita erabiltzeko tresna da, eta horren arabera, erabiltzen ikasi behar da.

- Helburu komun baterako Matematikaren zati batzuen elkarrekintza ezagutzea.
- Egoera errealak, problema praktikoak eta haien modelizazioa ezagutzea.
- Modelizazio ereduak eta haien jatorria eta historia ezagutzea.
- Egoera praktiko bat bideratzeko orduan erabakiak hartzerakoan eta eredua onartzerakoan esperientzia eskuratzea.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

1. EREDUGINTZA MATEMATIKORAKO SARRERA.

2. MATEMATIKA INFORMAZIOAN ETA IRUDIAN OINARRITUTAKO EGUNGO GIZARTEAN.
Kode zuzentzaileak. Programazio lineala. Perronen teoremaren aplikazioak. Automata zelularrak.

3. EREDUAK BIOLOGIAN.
Populazio hazkunde ereduak. Espezieen interakzioko ereduak. Osasun-zaintzari buruzko ereduak.

4. EREDUAK FISIKAN.
Kontrol teoria. Grafoak eta molekulak.

5. PRAKTIKAK.

PRAKTIKA PROGRAMA: Ikasgaiaren zati teorikoan ikasten eta analizatzen diren zenbait algoritmoak aplikatzen dituen ordenagailu praktikak egin behar dira.

METODOLOGIA

Eskola magistraletan ikasgaiaren eduki teorikoak garatuko dira bibliografian agertzen diren oinarrizko erreferentziei jarraituz. Eskola teorikoekin batera ariketa saioak eskainiko dira ere (gelako praktikak), azken hauetan ikasleei erantzuteko galderak proposatuko zaie, non eskola teorikoan garatutako kontzeptuak aplikatzen diren. Mintegietan ikasgaiaren edukiari lotutako galdera eta adibidea esangarriak garatuko dira. Mintegia burutu baino lehenago ikasleei galdera eta adibideak bideratuko zaie saioan bertan hausnarketa eta eztabaidaketa sustatzeko. Hortaz gain ikasgaiaren gaitasunetaz jabetzeko ordenagailu praktikak egingo dira.

Ikasleei teoriari eta ariketei buruzko banakako lanak proposatuko zaizkie eta lan hau burutzeko eta aurkezteko irakaslearen laguntza jasoko du mintegi saioetan.

Ikaslearen bakarkako lana funtsezkoa da. Irakasleek lan hori bideratuko eta sustatuko dute, lana arretaz eta jarraitutasunez burutzeko. Baita banakako tutoretzetara joatea sustatuko da ikasgaian sortzen diren zalantzak eta

zailtasunak argitzen laguntzeko.

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	30	6	9		15				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	45	9	13,5		22,5				

Legenda:

M: Magistrala	S: Mintegia	GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p.	GO: Ordenagailuko p.	GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra	TI: Tailer Ind.	GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema
- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikusi orientazioak % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-. Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

EBALUAZIO JARRAITURAKO IRIZPIDEAK

Idatzizko azterketa: % 60a.

Konputazio ariketak: %20a. Azterketa baten bidez edo ordenagailuko praktiketako saioetako errendimenduaren bidez ebaluatu ahal izango dira.

Metodologia aktiboak: % 20a. Jarduera hauetako bat edo batzuk kontuan hartuko dira: gelatik kanpo egin beharreko lanak, gelan aurkeztutako edukiak, eztabaidak irakaslearekin eta e-gelako galdetegiak. Jarduera horiek banakakoak edo taldekoak izan daitezke.

Xehetasun zehatzen berri lehen eskola-egunean emango da.

Irakasgaia gainditzeko 10etik 4,5 lortu behar da gutxienez, bai idatzizko azterketan, bai konputazio ariketetan.

AZKEN EBALUAZIORAKO IRIZPIDEAK

Etengabeko ebaluazioan parte hartu nahi ez duten ikasleek ofizialki uko egin ahal izango diote, irakasle arduradunei zuzendutako idazki baten bidez. Idazki hori gehienez ere 9 asteko epean entregatu beharko dute, lauhilekoaren hasieratik zenbatzen hasita. Ebaluazio hori idatzizko azterketa (% 60-% 80) eta konputazio-ariketen azterketa (% 20) izango dira. Irakasgaia gainditzeko, proba bakoitzean 10etik 4,5 atera beharko da. Era berean, azterketa-aldian lan bat entregatzeko eta ahozko azalpen bat egiteko eskatu ahal izango zaie, metodologia aktiboen bidez landutako gaitasunak ebaluatzeko (% 0-% 20).

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-. Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

Ezohiko deialdian ohiko deialdian aplikatutako azken ebaluazioko irizpide berdinak erabiliko dira. Ohiko deialdian lortutako kalifikazioak gorde ahal izango dira.

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

E-gela atariaren bidez ikasleari eskeinitako materiala.

Interneten bitartez lortutako informazioa.

Microsoft Excel, Wolfram Mathematica, MatLab, eta Python bezalako software zientifikoa.

BIBLIOGRAFÍA

Oinarrizko bibliografia

F. BRAUER Y C. CASTILLO-CHÁVEZ: Mathematical Models in Population, Biology and Epidemiology, Text in Applied Mathematics, Springer, 2001
M. BRAUN: Differential Equations and Their Applications: An Introduction to Applied Mathematics, 4th ed, Springer, 1992.
J. M. CORON, Control and Nonlinearity, American Mathematical Society, 2007 (honako estekan aurki daiteke: https://www.ljll.fr/~coron/Documents/Coron-book.pdf)
L. EDELSTEIN-KESHET: Mathematical Models in Biology, SIAM, 2005.
R. HABERMAN: Mathematical Models: Mechanical Vibrations, Population Dynamics, and Traffic Flow, SIAM, 1998.
K. P. HADELER, Topics in Mathematical Biology, Springer, 2017
M. MARTCHEVA, An Introduction to Mathematical Epidemiology, Springer, 2015
J.D. MURRAY: Mathematical Biology,Springer-Verlag, 1989
O. PAPINI Y J WOLFMAN: Algèbre discréte et codes correcteurs, Springer-Verlag, 1995.
C. ROBINSON. Dynamical systems: stability, symbolic dynamics, and chaos. CRC press, 1998.
E. TRÉLAT, Contrôle optimal: théorie & applications, Vuibert, Collection "Mathématiques Concrètes", 2005 (honako estekan aurki daiteke: https://www.ljll.math.upmc.fr/trelat/fichiers/livreopt2.pdf)
S. WAGNER, H. WANG: Introduction to Chemical Graph Theory, CRC Press, 2019

Gehiago sakontzeko bibliografia

Aldizkariak

Interneteko helbide interesgarriak

EDA ekuazioen soluzioak bistaratzeko "dfield" programa:
http://www.cs.unm.edu/%7Ejoel/dfield/dfield.jar

OHARRAK

IRAKASKUNTZA-GIDA	2026/27

Ikastegia	310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea	**Zikl.**	Zehaztugabea
Plana	GMATEM31 - Matematikako Gradua	**Ikastaroa**	3. maila

IRAKASGAIA

26692 - Inferentzia Estatistikoa	**ECTS kredituak:**	6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

DESKRIBAPENA
Inferentzia Estatistikoa irakasgaian, estimazio-teknika eta hipotesi-kontrasteko teknika estatistikoak lantzen dira. Teknika horiek, zorizko laginetatik abiatuz lorturiko emaitzak populazio osorako hedatzea baimentzen digute. Halaber, informatika-baliabide egokiak erabiliz, teknika estatistiko horien aplikazioak irakasten dira datu-fitxategi ezberdinetan.

TESTUINGURUA
Inferentzia Estatistikoa irakasgaia, Probabilitate eta Estatistikako moduluaren hirugarrena da. Irakasgai hau ikasteko, aurretik Estatistika Deskribatzailea eta Probabilitateen Kalkulua irakasgaiak ikasita eta landuta izatea gomendatzen da.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

GAITASUN ESPEZIFIKOAK
-M03CM02: Probabilitate-banaketa garrantzitsuenak, datu-azterketarako eta estatistika-inferentziarako ohiko teknikak ondo ezagutzea.
-M03CM03: Zorizko fenomenoen eta datu-azterketaren inguruko terminologia era egokian erabiltzea.
-M03CM04: Zorizko fenomenoen eta datu-azterketaren inguruko egoera arruntak eredu egokien bidez adieraztea.
-M03CM05: Aipaturiko egoerak aztertzeko egokiak diren informatika-baliabideak ezagutzea eta horietariko batzuk ondo erabiltzea.
-M03CM06: Egoera ezberdinak aztertzean bilatzen den helburuaren arabera, egokia den estatistika-azterketarako teknika ondo aukeratzea.
-M03CM07: Beharrezkoak diren kalkuluak eta irudi grafikoak ondo egitea, egokiak diren baliabide teorikoak edo/eta konputaziozkoak erabiliz.
-M03CM08: Buruturiko azterketen emaitzak era kritikoan interpretatzea.

EMAITZAK
- Estimazioak eta hipotesi-kontrasteak burutzeko gai izatea.
- Egindako azterketa estatistikoen bidez lorturiko emaitzak interpretatzen jakitea.
- Adierazgarriak diren neurriak (probabilitateak, batezbestekoak, etab.) estimatzen jakitea, beraien kalkulu zehatzak lortu ezinak direnean.
- Laginetatik abiatuz estimazioak eta hipotesi-kontrasteak burutzeko egokia den estatistikako metodoa ondo arrazoituta aukeratzeko gai izatea.
- Datu-multzoa aztertzeko beharrekoak diren kalkuluak edo adierazpen grafikoak lortzeko egokiak diren konputaziozko baliabideak ondo erabiltzea.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

EDUKI TEORIKOAK
1. ESTIMAZIOA
- Laginketaren sarrera.
- Puntu-estimazioa. Estimatzaileak lortzeko metodoak. Estimatzaileen propietateak.
- Tarteen bidezko estimazioa. Konfiantza-tartearen definizioa. Populazio baterako ohiko konfiantza-tarteak. Bi populaziorako ohiko konfiantza-tarteak.
2. HIPOTESI KONTRASTEAK
- Sarrera eta hipotesi kontrasteen oinarriak. Kontrasteen sailkapena. I mota eta II motako erroreen probabilitateak. Adierazgarritasun-maila. p-bailoa.
- Kontraste Uniformeki Ahaltsuenak. Neyman-Pearsonen lema.
- Erroreen probabilitateen eta lagin-tamainaren kontrola.
- Egiantz arrazoiaren testa.
- Populazio bat eta birako ohiko kontrasteak.
3. BARIANTZA ANALISIA
- Sarrera.
- Sailkapen bakuneko edo faktore bakarreko bariantza-analisia (ANOVA delakoa).
- Konparaketa anizkoitzak
4. KONTRASTE EZ PARAMETRIKOAK
- Sarrera.
- Doikuntza-egokitasunerako kontrasteak.

- Independentzia- eta homogeneotasun-kontrasteak.
- Populazio bat, bi edo gehiagorako kokapen-kontrasteak.

EDUKI PRAKTIKOAK
Datu-azterketa R Software erabiliz
- Datuen irakurketa eta erabilera
- Probabilitateen Kalkulurako eta Inferentzia estatistikorako aginduak
- Emaitzen interpretazioa

METODOLOGIA

Ikasturte hasieran, eGela plataforman argitaratuko dira irakasgaiaren apunteak, ikasturtean zehar erabiliko diren banaketa-taulekin batera. Ikasleen eskura jarriko da ordenagailu-praktikak egiteko lagungarria izango den agindu-eskuliburua. Halaber, ikasgelako praktiketan ebatziko den problema-zerrenda argitaratuko da.

Eduki teorikoa klase magistraletan azalduko da, Bibliografian eta erabili beharreko materialen agertzen diren oinarrizko erreferentziei jarraituz. Klase magistral horiek osatzeko, ariketetako klaseak (ikasgelako praktikak) daude, non ikasleei hainbat galdera eta ariketa proposatuko zaizkie beraiek ebazteko. Mintegietan, irakasgaiaren edukieen adierazgarriak diren lanak proposatuko dira, ikasleek lantzeko eta gelan horiei buruzko eztabaida eta erreflexioa egiteko. Ordenagailuko praktiketan ikasitako inferentzia-teknika estatistiko ezberdinak datu-fitxategi zehatz batean aplikatuko dira konputaziozko baliabideak erabiliz. Lorturiko emaitzak erabiliko dituzte ikasleek irakasleak saio bakoitzean aplikaturiko tekniken inguruan planteaturiko galderei erantzuteko.

Ikasleei teoria eta ariketei buruzko banakako eta taldeko lanak egitea proposatuko zaie eta beraiek lantzeko eta azaltzeko irakaslearen laguntza izango dute gela, plataforma birtualean eta tutoretza-orduetan.

Irakasleak ikasleek egindako lana zuzenduko du eta era jarraituaz eta dedikazioz egitea bultzatuko du. Halaber, tutoretzak erabiltzea bultzatuko dute, beraien bidez irakasgaian izan dezaketen edozein zalantza edo zailtasun argitu ahal izateko.

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	30	6	12		12				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	45	9	18		18				

Legenda:

M: Magistrala	S: Mintegia	GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p.	GO: Ordenagailuko p.	GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra	TI: Tailer Ind.	GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema
- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikusi orientazioak % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-.Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera

OHIKO DEIALDIA:
Azterketa idatzia (% 65)
Ordenagailuko praktikak (% 15)
Mintegiak (% 5)
Talde-lanak edo lan indibidualak: problemak entregatzea edo estatistika-txosten bat garatzea (% 15)

Irakasgaia gainditzeko, atal ezberdinetan, ikasleak gutxienez 4 bat (10etik) lortu behar du.

Ikasleak ebaluazio jarraituari uko egin nahi badio, azken ebaluazioa soilik aukeratuz, irakasleari idatziz jakin arazi beharko

dio lauhilekoaren hasiera eta 9. astea bitartean. Hala ere, azken ebaluazioa aukeratzeak ez ditu salbuesten ikasleak ebaluazio jarraituan ebaluatuak izan diren jarduera horiek garatzeko gaitasuna eta ezagutzak dituela egiaztatzetik. Horregatik, azken ebaluazioan ere, jarduera horiek ebaluatzeko diseinaturiko beste proba bat egin beharko dute azterketa idatziaz gain. Proba hori, ahozko azalpena, ordenagailu aurrean egin beharrekoa edo lan idatzia izan daiteke eta azken notari egiten dion ekarpena ebaluazio jarraituaren berbera izango da.

UKO EGITEA
Nahiz eta ikasturtean zeharko jarduerak ebaluatuak izan, ohiko deialdira aurkezten ez den ikaslearen kalifikazioa Ez-aurkeztua izango da.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Ebaluazio-irizpideak ohiko deialdiaren berdinak izango dira.

Ikasturtean zehar egindako jarduerak (ordenagailuko praktikak, ariketak, mintegiak) ebaluatuak izango dira ikasturteko bi deialdietarako. Beraz, gaindituta dituzten ikasleek ez-ohiko deialdian azterketa idatzia egin beharko dute soilik.

Ikasturtean zehar ebaluazio jarraituan ebaluaturiko jarduerak gainditu ez izateak ez ditu salbuesten ikasleak jarduera horiek garatzeko gaitasuna eta ezagutzak dituela egiaztatzetik. Horregatik, ez-ohiko deialdian ere, jarduera horiek ebaluatzeko diseinaturiko beste proba bat egin beharko dute azterketa idatziaz gain. Proba hori, ahozko azalpena, ordenagailu aurrean egin beharrekoa edo lan idatzia izan daiteke eta azken notari egiten dion ekarpena ohiko deialdiarenaren berbera izango da.

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

Apunteak eta eGela plataforman jarritako materiala.

BIBLIOGRAFÍA

Oinarrizko bibliografia

Oinarrizko bibliografia (orden alfabetikoz):
- Casella G, Berger RL. (2008). Statistical Inference. Duxbury Press. Belmont, California.
- Kerns GJ. (2018). Introduction to Probability and Statistics Using R. Third Edition. Libre distribución. Disponible en: https://cran.r-project.org/web/packages/IPSUR/vignettes/IPSUR.pdf.
- Peña Sánchez de Rivera D. (1992). Estadística. Modelos y Métodos. Fundamentos. Alianza Universidad. Madrid.
- Rohatgi VK. (2003). Statistical Inference. John Wiley & Sons. New York.
- Zuur AF, Ieno EN, Meesters EHWG. (2009). A Beginner's Guide to R. Springer Science+Bussiness Media LLC. New York.

Gehiago sakontzeko bibliografia

Bibliografia osagarria (orden alfabetikoz):
- Chihara LM, Hesterberg TC. (2018). Mathematical Statistics with Resampling and R, 2nd Edition. John Wiley & Sons. New York.
- Kickinson J y Chakaborti S. (1992). Non Parametric Statistical Inference. Dekker Inc.
- Lehman EL. (1983). Theory of point Estimation. John Wiley & Sons. New York.
- Lehman EL. (1986). Testing Statistical Hypothesis. 2nd Edition. John Wiley & Sons. New York.
- Rohatgi VK. (2000). An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics. John Wiley & Sons. New York.
- Walpole RE, Myers RH, Myers SL, Ye K. (2012). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Pearson Educación, México.

Aldizkariak

Interneteko helbide interesgarriak

- R-project software askea:: http://www.r-project.org
- RStudio garapen-ingurune osatua: https://www.rstudio.com/products/rstudio/
- Antonio J. Arriaza et al. Estadística básica con R y R commander. UCA, 2008. http://knuth.uca.es/moodle/course/view.php?id=37
- Latex: http://www.slideshare.net/digna/1-introduccion-a-latex
- Online ikastaroak: https://www.coursera.org/

OHARRAK

...

IRAKASKUNTZA-GIDA	2026/27

Ikastegia 310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea **Zikl.** Zehaztugabea

Plana GMATEM31 - Matematikako Gradua **Ikastaroa** 3. maila

IRAKASGAIA

26688 - Kurben eta Gainazalen Geometria Globala **ECTS kredituak:** 6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

Irakasgai hau "Topologia eta Geometria Diferentziala" jakintza arloan agertzen da, "Kurbak eta Gainazalak" eta "Topologia" irakasgaiekin batera.
Irakasgai honetan, "Kurba eta Gainazalak" irakasgaian landu egiten den "ingurune hurbileko geometriatik" "osoko geometriarako" bidea egiteko nahikoa dena erakutsiko da, topologiak eragin handia duena bertan.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

GAITASUNAK

M02CM03 - Kurba eta gainazalen teoria lokalaren teorema nagusiak ezagutzea eta teorema horiek erabiltzeko gai izatea problema geometrikoak ebazteko.
M02CM04 - Tokiko eta osoko, berezko eta kanpoko izaerak bereiztu.
M02CM16 - R3 espazioko kurben eta gainazalen teoria lokala eta propietate globalen arteko harremanak ezarri.
M02CM17 - Kurben eta gainazalen geometria diferentzial globalaren propietate eta teorema aipagarrienak bereganatu.
M02CM18 - Erabili topologia eta kalkulu diferentziala eta integrala, kurben eta gainazalen propietate globalak aztertzeko.
M02CM19 - Aplikatu ekuazio diferentzialak eta lerro eta gainazal gaineko integralak kurben eta gainazalen propietate globalak ondorioztatzeko.

IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

Erabili topologia eta kalkulu diferentziala eta integrala, kurben eta gainazalen propietate globalak aztertzeko.
Aplikatu ekuazio diferentzialak eta lerro eta gainazal gaineko integralak kurben eta gainazalen propietate globalak ondorioztatzeko.
Kurba lauen gaineko biraketa indizeak lortzea.
Kurba ganbilak bere kurbaduratik abiatuz bereiztea.
Gainazalen orientagarritasunaren problema ezagutzea.
Esferaren zurruntasunaren problema ezagutzea.
Kurben eta gainazalen kurbaduren integralekin jardutea.
Gauss-Green formulak erabiltzen jakitea gainazalen gainean.
Gainazal trinkoak sailkatzen jakitea.
Euler-Poincaré zenbakia lortzea.
Kurba geodesikoen biderik laburrena izatearen propietatearekin lan egitea.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

1. PLANOKO ETA ESPAZIOKO KURBEN OSOKO GEOMETRIA: Jordan-en kurbaren teorema. Desberdintza isoperimetrikoa. Lau Erpinen teorema. Cauchy-Crofton-en formula. Ukitzaileen biraketaren teorema. Fenchel-en teorema. Fary-Milnor-en teorema.

2. GAINAZAL TRINKO ORIENTAGARRIEN KARAKTERIZAZIO BAT: Hodi-inguruneak. Gainazal trinko orientagarrien karakterizazioa.

3. GAUSS-BONNET-EN TEOREMA: Gauss-Bonnet-en teorema tokiko inguruneetan. Euler-Poincaré ezaugarria. Gauss-Bonnet-en teorema orokortua eta bere erabilerak.

4. ESFERAREN ZURRUNTASUNA: Liebmann-en teorema. Minkowski eta Herglotz-en formulak. Cohn-Vossen-en teorema.

5. GAINAZAL OSOTUAK: Osotasun geodesikoa eta osotasun metrikoa. Hopf-Rinow-en teorema.

6. BARIAZIO TEKNIKAK ETA ERABILERA GEOMETRIKOAK: Arku-luzeraren lehen bariazio formula, kurba geodesikoak. Arku-luzeraren bigarren bariazio formula, Bonnet-en teorema. Jacobi-ren bektore eremuak eta puntu konjokatuak. Gauss-en kurbadura ez positiboa duten gainazalak.

METODOLOGIA

Teoriazko edukiaz ikasi egin behar dena, liburu zerrendan topa daitekeena jarraituz, ikas ordu magistraletan egingo da.

Hauek osatzeko, ariketa ikas orduak ere egingo dira. Horietan, erakutsi egingo da nola erabiltzen den magistraletan ikasitakoa, ariketa erronkei aurrera egiteko.
Mintegietan, ordea, irakasgaiaren nondik norakoa argituko duten erronkak landu egingo dira, ikasleei aldez aurretik igorriak izan direnak gehienetan, hausnarketaren zatirik handiena eurek egin dezaten

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legenda:
M: Magistrala — S: Mintegia — GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p. — GO: Ordenagailuko p. — GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra — TI: Tailer Ind. — GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikusi argibideak % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

EBALUAZIO JARRAITUA

Azken nota honako jardueren batez besteko haztatua izango da, adierazitako pisuekin:

%20-%80: bakarkako eta taldekako lanak, izan daitezkeenak lan teorikoak aurkeztea, proposatutako problemak ebaztea, mintegietan parte hartzea, eta ahozko aurkezpenak.

%20-%80: idatzizko azterketa.

AZKEN EBALUAZIOA (ebaluazio jarraituari uko eginez gero)

Irakasgai osoaren idatzizko azterketa: %100eko pisua.

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere ¿adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean¿.Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai osoaren idatzizko azterketa: %100eko pisua.

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

BIBLIOGRAFÍA

Oinarrizko bibliografia

M. P. DO CARMO, Geometría diferencial de curvas y superficies, Alianza Universidad Textos 135, Alianza Editorial, 1990.
L.A. CORDERO, M. FERNÁNDEZ y A. GRAY, Geometría diferencial de curvas y superficies con Matemática©, Addison-Wesley Iberoamericana, 1995.
S. MONTIEL y A. ROS, Curvas y superficies, Proyecto Sur, 1998.
M. ABATE, F. TOVENA, Curves and Surfaces, Springer Verlag, 2012.
A.F. COSTA, M. GAMBOA y A.M. PORTO, Notas de Geometría diferencial de curvas y superficies, Sanz y Torres, 1996.
A.S. FEDENKO, Problemas de geometría diferencial, Editorial MIR, 1991.
R. S. MILLMAN y G. D. PARKER, Elements of Differential Geometry, Prentice Hall Inc., 1977.
A. PRESSLEY, Elementary Differential Geometry, Springer Verlag, 2001.

Gehiago sakontzeko bibliografia

S. S. CHERN, Curves and Surfaces in Euclidean Spaces, Studies in Global Geometry and Analysis, MAA Studies in Math., The Mathematical Association of America, 1967.
W. KLINGENBERG, Curso de Geometría diferencial, Alhambra, 1978.

Aldizkariak

Interneteko helbide interesgarriak

OHARRAK

Ondoko irakasgaiak aurretik ondo ikasita eta gaindituta behar lukete egon:

- Aljebra Lineala eta Geometria I
- Kalkulu diferentziala eta integrala I eta II
- Kurbak eta gainazalak
- Ekuazio diferentzialak
- Topologia

COURSE GUIDE	2026/27		
Faculty	310 - Faculty of Science and Technology	**Cycle**	.
Degree	GMATEM31 - Bachelor's Degree in Mathematics	**Year**	Third year

COURSE

26680 - Measure and Integration	**Credits, ECTS:**	6

COURSE DESCRIPTION

This course gives the Theory of Lebesgue Integration and its properties, and also introduces the Theory of Hilbert and Banach Spaces. All these contents constitute the foundations of modern Mathematical Analysis.

The course, together with "Functional Analysis", is part of the Module "Extended Mathematical Analysis". The main objective of this module is to give the student a solid background that allows her to understand and apply the acquired knowledge and techniques in different but related directions.

It is highly recommended that the students have passed the courses "Differential and Integral Calculus I" and "II", as well as to have at least a B2, or equivalent, English level.

COMPETENCIES/LEARNING RESULTS FOR THE SUBJECT

COMPETENCIES
M08CM01: To know the basic concepts and techniques of Lebesgue Measure and Integration Theory.
M08CM02: To be able to relate the concept of measure with the concept of integration.
M08CM03: To know and employ the Theorems of Monotone and Dominated Convergence, Fatou's Lemma, Fubini's Theorem and the Theorem of Change of Variables.
M08CM04: To know the definition Banach and Hilbert spaces, and to be able to classify of the most useful typical examples in Functional Analysis, particularly, the spaces of sequences and of functions.
M08CM05: To use with precision the specific techniques of the theory of operators in normed spaces and Hilbert spaces.
M08CM07: To be able to develop rigorously the fundamental results of the theory.

LEARNING RESULTS
- To understand the fundamental concepts of Measure Theory and its application in the definition of the Lebesgue Integral.
- To apply the fundamental theorems of convergence to be able to recognize integrable functions.
- To know the basic examples of spaces of integrable functions and their metric properties.
- To know the fundamental properties of norm spaces and the linear transformations between them.
- To understand the concepts of scalar product and of Hilbert Space and their fundamental properties.

Theoretical and Practical Contents

1. MEASURE OF SETS IN RN. MEASURE SPACES: The Riemann Integral and its limitations, content, exterior measure, Lebesgue measure, properties. Non-measurable sets, sigma-algebras, measures and measure spaces: basic properties and examples.

2. LEBESGUE INTEGRAL AND ITS PROPERTIES: integration of simple functions, measurable functions, integration of positive functions and of no definite sign, integrable functions, convergence theorems for integrals. Differentiation under the integral sign.

3. FUBINI'S THEOREM AND CHANGE OF VARIABLES: Integrals of functions of several variables, Tonelli's and Fubini's Theorems, change of variables.

4. INTRODUCTION TO HILBERT SPACES: scalar product, Cauchy-Schwartz inequality. Hilbert spaces. orthogonality and projections. Linear functionals: representation theorem. Orthogonal systems and bases.

5. INTRODUCTION TO BANACH AND LP SPACES: norm spaces, Lp spaces, Hölder and Minkowski inequalities. Completness of Lp. Linear operators: continuity and boundedness.

Problems and practical questions related to each lesson will be developed.

TEACHING METHODS

The theoretical contents will be presented in master classes following the basic bibliography. These classes will be complemented with problem classes and seminar sessions in which the students will solve proposed problems and will present complementary material related to their learning outcomes.

In the seminars, questions and examples representative of the content of the subject will be developed, which will generally have been provided to the student in advance to work on and will motivate subsequent reflection and discussion in the session dedicated to it. This process can be individual or in groups.

Moreover, depending on the characteristics of the group, ERAGIN type methods might implemented (see "ORIENTATIONS" below).

TYPES OF TEACHING

Types of teaching	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Hours of face-to-face teaching	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legend:
M: Lecture-based
S: Seminar
GA: Applied classroom-based groups
GL: Applied laboratory-based groups
GO: Applied computer-based groups
GCL: Applied clinical-based groups
TA: Workshop
TI: Industrial workshop
GCA: Applied fieldwork groups

Evaluation methods

- Continuous evaluation
- End-of-course evaluation

Evaluation tools and percentages of final mark

- See orientations 100%

ORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices -including artificial intelligence tools when not expressly permitted- in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

Written exam: Between 65% and 100% of the final mark. The student have to obtain a minimum of four points over ten in order to pass and in order that the other tasks are taking into consideration.

Criteria for the exam grade:
- Precision in the reasonings and definitions
- Correctness of mathematical language
- Clarity and order of the argumentation
- Accuracy in the results

Evaluation of the tasks proposed and participation in the seminars: up to 35%.

In case of resignation to continuous evaluation, the evaluation will be given by the result of the final written exam, up to ten points.

ORIENTATIONS: in case of setting up ERAGIN type methods, the professor will explain the value that each task has in the final mark.

EXTRAORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices -including artificial intelligence tools when not expressly permitted- in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

Extraordinary examination: A written exam about all the lessons. The value is a 100% of the mark, no consideration will be given to the tasks performed previously by the students.

Criteria for the exam grade:
- Precision in the reasonings and definitions
- Correctness of mathematical language

- Clarity and order of the argumentation
- Accuracy in the results

MANDATORY MATERIALS

Virtual E-gela platform.

BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography

J. A. Facenda y F. J. Freniche, Integración de funciones de varias variables, Pirámide, Madrid, 2002.
A. García y Mª J. Muñoz Bouzo, Espacios de Hilbert y Análisis de Fourier: los primeros pasos, Ed. Sanz y Torres, Madrid, 2012.
M. De Guzman y R. Rubio, Integración: teoría y técnicas, Alhambra, Madrid, 1979.
W. Rudin, Principios del Análisis Matemático, McGraw Hill, 1976.
O. Oruetxebarria, Neurria eta Integrazioa, EHUko argitalpen zerbitzua, 2023.
R. Wheeden y A. Zygmund, Measure and integral, Marcel Dekker, 1977.

Detailed bibliography

H. Brezis, Análisis Funcional, Alianza, Madrid, 1984.
G. B. Folland, Real Analysis, John-Wiley-Interscience, New York, 1984.
H. L. Royden, Real Analysis, Macmillan, New York, 1963.
W. Rudin, Análisis real y complejo, Alhambra, Madrid, 1979.
T. Tao, An introduction to Measure Theory, American Mathematical Society, 2011.

Journals

Web sites of interest

https://terrytao.wordpress.com/category/teaching/245a-real-analysis/
http://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-125-measure-and-integration-fall-2003/

OBSERVATIONS

In case the ERAGIN methodology is implemented, the student's guide will be distributed on the first day of class. It will be specified in it the different activities to be carried out and their value in the continuous evaluation, always respecting the regulations of evaluation for the current academic year.

IRAKASKUNTZA-GIDA	2026/27

Ikastegia	310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea	**Zikl.**	Zehaztugabea
Plana	GMATEM31 - Matematikako Gradua	**Ikastaroa**	3. maila

IRAKASGAIA

26680 - Neurria eta Integrazioa	**ECTS kredituak:**	6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

Irakasgai honetan alde batetik Lebesgueren integrazioaren Teoria ete bere propietateak garatzen dira, eta bestetik Hilberten eta Banachen espazioetarako sarrera, zeintzuek Analisi Matematiko Modernoaren oinarria diren.

Analisi Funtzionale izeneko laugarren ikasturteko hautazko irakasgaiarekin batera, Analisi Matematikoaren Sakontzea izeneko moduluan sartzen da. Horren bidez, ikasleak irakasgai hauetan oinarrizko prestakuntza horizontala eskuratzea lortu nahi da, ezagutza eta trebetasun horiek elkarrekin erlazionatutako hainbat norabidetan ulertu eta aplikatzeko aukera ematen diona.

Gomendagarria da Kalkulu Diferentzial eta Integrala I eta II irakasgaiak aurretik ikastea gomendagarria da.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

GAITASUNAK
M08CM01: Neurriaren teoriaren eta Lebesgueren integrazioaren oinarriak eta teknikak jakin.
M08CM02: Neurriaren kontzeptua integrazioarekin erlazionatu.
M08CM03: Teorema garrantzitsuenak (konbergentzia monotonoa eta menperatua, Fatouren lema, Fubiniren teorema, aldagai-aldaketaren teorema) ikasi eta erabiltzen jakin.
M08CM04: Banachen eta Hilberten espazioak ezagutzea, eta Analisi Funtzionaleko adibide bereizgarri erabilgarrienak sailkatzea, bereziki segida- eta funtzio-espazioak.
M08CM05: Espazio normadunen eta Hilberten espazioen eragileen teoriaren teknika espezifikoak zehaztasunez erabiltzea.
M08CM07: Teoriaren oinarrizko emaitzak erabateko zehaztasunez garatu.

IKASTEAREN EMAITZAK
- Neurriaren teoriaren oinarrizko kontzeptuak ulertzea eta bere aplikazioa Lebesgueren integralaren definizioan.
- Funtzio integragarriak aztertzeko erabiltzen diren oinarrizko konbergentzia-teoremak aplikatzea.
- Funtzio integragarrien espazioen oinarrizko adibideak ezagutzea, eta haien propietate metrikoak.
- Espazio normatuen eta beraien arteko eragiketen ezaugarri nagusiak ezagutzea.
- Biderkadura eskalarra eta Hilberten espazioen propietate nagusiak ulertzea.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

1. LEBESGUEREN NEURRIA Rn-N. NEURRIDUN ESPAZIOAK: Riemannen integrazioa eta haren mugak. Multzoen neurria Rn-n: kanpo-neurria eta Lebesgueren neurria. Multzo ez-neurgarriak. Sigma-aljebrak, neurriak eta neurridun espazioak: oinarrizko propietateak eta adibideak.

2. LEBESGUEREN INTEGRALA: PROPIETATEAK: Funtzio sinpleen integrazioa. Funtzio neurgarriak. Funtzio positiboen integrazioa eta edozein zeinutako funtzioena. Konbergentzia-teoremak integraletarako. Integrazio-ikurraren barruko diferentziazioa.

3. FUBINIREN TEOREMA ETA ALDAGAI-ALDAKETA: Aldagai anitzetako funtzioen integrazioa. Tonelliren eta Fubiniren teoremak. Aldagai-aldaketa.

4. HILBERTEN ESPAZIOEN OINARRIZKO TEORIA: Biderkadura eskalarra. Cauchy-Schwarzen desberdintza. Hilberten espazioak. Ortogonaltasuna eta proiekzioak. Funtzional linealak: adierazpenaren teorema. Sistema eta oinarri ortonormalak.

5. BANACHEN ESPAZIOAK ETA Lp ESPAZIOAK: Espazio normatua. Lp espazioak. Hölderren eta Minkowskiren desberdintzak. Lp-ren osotasuna. Eragile linealak: jarraitasuna eta bornaketa.

Gai bakoitzeko, eduki teorikoari dagozkien problemak eta galdera praktikoak garatzen dira.

METODOLOGIA

Eduki teorikoa klase magistraletan landuko dira Bibliografian aipatzen diren erreferentziak jarraituz. Klase hauek ordu praktikoekin osatuko dira, non ikasleei ariketak ebaztea proposatuko zaien, klase magistraletan emandakoa oinarritzat hartuz.

Mintegietan aldez aurretik emandako ariketa eta kuestioak landuko dira bertan eztabaidatzeko. Lan hau bakarka edo

taldekoa izan daiteke.

Taldearen ezaugarrien arabera, ERAGIN metodologia erabil daiteke (ikusi argibideak).

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legenda:

M: Magistrala	S: Mintegia	GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p.	GO: Ordenagailuko p.	GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra	TI: Tailer Ind.	GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema
- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikusi argibideak % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-. Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

Idatzizko azterketa: %65 eta %100en artean; beste lanetan lortutako notak kontuan izateko, azterketa honetan 4ko nota minimo bat atera behar da (hamarren gainean).

Azterketa ebaluatzeko irizpideak:
- Zehaztasuna arrazonamenduan eta definizioetan
- Lengoaia matematikoaren doitasuna
- Argudiaketaren argitasuna eta ordena
- Ariketen emaitzen zuzentasuna

Lanen ebaluazioa eta mintegietan parte hartzea, %35era arte.

Ikasleren batek ebaluazio jarraituari uko eginez gero, ohiko deialdiko ebaluazioa hamar puntu balio duen azterketaren bidez egingo da.

ARGIBIDEAK: Eragin motako metodologia aktiboak ezarriz gero, irakasleak ekintza bakoitzak duen balioa azken notan jakinaraziko du Ikaslearen gidan.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere -adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean-. Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

Ezohiko deialdia: deialdi honetako ebaluazioan irakasgairen temario guztia sartuko da idatziko azterketa batean. Azterketak 10 puntu balioko du eta ez dira gordeko ikasturtean zehar ohiko deialdirako egindako lanak.

Azterketa ebaluatzeko irizpideak:
- Zehaztasuna arrazonamenduan eta definizioetan
- Lengoaia matematikoaren doitasuna
- Argudiaketaren argitasuna eta ordena
- Ariketen emaitzen zuzentasuna

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

E-gela plataformako gela virtuala.

BIBLIOGRAFÍA

Oinarrizko bibliografia

J. A. Facenda y F. J. Freniche, Integración de funciones de varias variables, Pirámide, Madrid, 2002.
A. García y Mª J. Muñoz Bouzo, Espacios de Hilbert y Análisis de Fourier: los primeros pasos, Ed. Sanz y Torres, Madrid, 2012.
M. De Guzman y R. Rubio, Integración: teoría y técnicas, Alhambra, Madrid, 1979.
W. Rudin, Principios del Análisis Matemático, McGraw Hill, 1976.
O. Oruetxebarria, Neurria eta Integrazioa, EHUko argitalpen zerbitzua, 2023.
R. Wheeden y A. Zygmund, Measure and integral, Marcel Dekker, 1977.

Gehiago sakontzeko bibliografia

H. Brezis, Análisis Funcional, Alianza, Madrid, 1984.
G. B. Folland, Real Analysis, John-Wiley-Interscience, New York, 1984.
H. L. Royden, Real Analysis, Macmillan, New York, 1963.
W. Rudin, Análisis real y complejo, Alhambra, Madrid, 1979.
T. Tao, An introduction to Measure Theory, American Mathematical Society, 2011.

Aldizkariak

Interneteko helbide interesgarriak

https://terrytao.wordpress.com/category/teaching/245a-real-analysis/
http://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-125-measure-and-integration-fall-2003/

OHARRAK

Eragin motako metodologia aktiboak ezarriz gero, irakasleak klaseko lehen egunean Ikaslearen gida banatuko eta azalduko du, zeinetan egin beharreko lan bakoitzaren ezaugarriak ematen diren eta ebaluazio jarraiturako ere balio duen, irakasgai honetako ebaluazio-arauak errespetatuz.

COURSE GUIDE	2026/27

Faculty	310 - Faculty of Science and Technology	**Cycle**	.
Degree	GMATEM31 - Bachelor's Degree in Mathematics	**Year**	Third year

COURSE

26692 - Statistical Inference	**Credits, ECTS:**	6

COURSE DESCRIPTION

DESCRIPTION
The course on Statistical Inference explains different statistical techniques that allow us to extend the results obtained from random samples to the whole population. These techniques consist of estimation and hypothesis testing. The application of these estimation techniques and hypothesis tests to different databases is shown through the use of appropriate computer resources.

CONTEXTUALISATION
The course on Statistical Inference is the third course integrated in the Probability and Statistics module. It is convenient to have passed the two previous courses on Descriptive Statistics and Probability-Calculus before enrolment in this course.

COMPETENCIES/LEARNING RESULTS FOR THE SUBJECT

COMPETENCIES
-M03CM02: Be familiar with the main probability distributions and the usual data analysis and statistical inference techniques.
-M03CM03: Correct use of terminology related to random phenomena and data analysis.
-M03CM04: Correct modeling of typical situations related to random phenomena and data processing.
-M03CM05: To be familiar with appropriate computer resources for the treatment of the above situations and to handle correctly some of them.
-M03CM06: Select the appropriate statistical analysis technique, depending on the objective defined in the study.
-M03CM07: Correct performance of the calculations and / or graphical visualizations that require such situations, using the appropriate theoretical and/or computational resources.
-M03CM08: Critical interpretation of the results of the performed analyses.

LEARNING RESULTS
- Knowledge of how to perform estimation and hypothesis contrasts from samples.
- Knowledge of how to interpret the results of the performed statistical analyses.
- Knowledge of how to make estimates of significant quantities (probabilities, means, etc.) when their exact calculation is not feasible.
- Knowledge of how to make a reasoned choice of the most appropriate method to perform estimation and hypothesis contrasts from samples.
- Correct use of appropriate computer resources for the calculations or graphical visualizations required by the statistical analysis of a project.

Theoretical and Practical Contents

THEORETICAL CONTENTS
1. SAMPLING AND ESTIMATION
- Introduction to Sampling
- Point estimation. Different methods to obtain estimators. Properties of estimators.
- Interval estimation. Definition of confidence interval. Classical confidence intervals for one population. Classical confidence intervals for two populations.
2. HYPOTHESIS TESTING
- Introduction and fundamentals of hypothesis testing. Classification of the tests. Probability of error of type I and type II. Significance level. p-value.
- Uniformly more powerful contrasts (UMP). Neyman-Pearson's lemma.
- Control of error probabilities and sample size.
- Likelihood ratio test.
- Classical hypothesis tests for one and two populations.
3. ANALYSIS OF VARIANCE
- Introduction
- Analysis of variance for a single classification or a single factor (ANOVA).
- Multiple comparisons.
4. NON-PARAMETRIC TESTS
- Introduction
- Goodness-of-fit tests.
- Independence and homogeneity tests.
- Location test for one, two, or more samples.

PRACTICAL CONTENTS
Data analysis with R Software
- Reading and manipulation of data.
- Script code for Probability-Calculus and Statistical Inference.
- Interpretation of results.

TEACHING METHODS

The course notes will be published on the eGela platform at the beginning of the term, along with the distribution tables to be used throughout the course. The students will also be provided with a manual to help them with the computer labs and the list of problems that will be solved, at least in part, in practical classes.

The theoretical content will be presented in lecture form, following the basic references listed in the Bibliography and the compulsory material. These lectures will be complemented with problem classes (classroom practices) in which students will be asked to solve questions in which the previously acquired theoretical knowledge will be applied. The seminars will be dedicated to examples based on significant questions related to the content. In general, an assignment will be proposed by the lecturer to the students, and the session will be devoted to reflection and open discussion. Computer labs will be for the application of the different statistical inference techniques that have been studied to a specific dataset using computer resources. This will allow the students to answer the questions posed by the professor using the appropriate technique.

Students will have individual and group assignments on theory and problems, for which they will have the support of the professor in the classroom, on the online platform, and through tutorials.
The lecturer will guide the students' work and will ensure that it is done with regularity and dedication. They will also be encouraged to use personal tutorials where they can clarify any doubts or difficulties that may arise in the course.

TYPES OF TEACHING

Types of teaching	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Hours of face-to-face teaching	30	6	12		12				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	45	9	18		18				

Legend: M: Lecture-based; S: Seminar; GA: Applied classroom-based groups; GL: Applied laboratory-based groups; GO: Applied computer-based groups; GCL: Applied clinical-based groups; TA: Workshop; TI: Industrial workshop; GCA: Applied fieldwork groups

Evaluation methods

- Continuous evaluation
- End-of-course evaluation

Evaluation tools and percentages of final mark

- See guidelines 100%

ORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices - including artificial intelligence tools when not expressly permitted -in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations

EVALUATION CRITERIA

Written exam: 65%.
Computer exercises: 15%
Seminars: 5%.
Group or individual assignments: homework, exercises or statistical report: 15%

A minimum grade of 4 (out of 10) in each of the evaluation sections is required in order to pass the course.

If the student declines the continuous evaluation, choosing the final evaluation method, he or she must notify the lecturer in writing form between the first and the 9th week of the term. Even so, giving up the continuous evaluation does not exempt the student from demonstrating the ability and knowledge to carry out the activities that have been graded on that form. Therefore, the final evaluation will include a part that will ensure the evaluation of these contents and it will be considered for the final grade in the same proportion as in continuous evaluation. The test can be an oral presentation, a computer exercise or a written description of the subject knowledge addressed in the supplementary activities.

WITHDRAWAL:
The students that have carried out the activities throughout the course, but do not attend the ordinary call, will be qualified as Not Presented.

EXTRAORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

The evaluation criteria will be the same as in the ordinary call.

The evaluation of the activities carried out during the course (practices, exercises, seminars) will be valid for both course convocations. Therefore, those who have passed this evaluation will only have to take the written examination in the extraordinary call.

Giving up the continuous evaluation does not exempt the student from demonstrating the ability and knowledge to carry out the activities that have been graded on that form. Therefore, the final evaluation in the extraordinary call will also include a part that will ensure the evaluation of these contents and it will be considered for the final grade in the same proportion as in continuous evaluation. The test can be an oral presentation, a computer exercise or a written description of the subject knowledge addressed in the supplementary activities.

MANDATORY MATERIALS

Notes and materials published on the eGela platform.

BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography

Basic references (in alphabetical order):
- Casella G, Berger RL. (2008). Statistical Inference. Duxbury Press. Belmont, California.
- Kerns GJ. (2018). Introduction to Probability and Statistics Using R. Third Edition. Libre distribución. Disponible en: https://cran.r-project.org/web/packages/IPSUR/vignettes/IPSUR.pdf.
- Peña Sánchez de Rivera D. (1992). Estadística. Modelos y Métodos. Fundamentos. Alianza Universidad. Madrid.
- Rohatgi VK. (2003). Statistical Inference. John Wiley & Sons. New York.
- Zuur AF, Ieno EN, Meesters EHWG. (2009). A Beginner's Guide to R. Springer Science+Bussines Media LLC. New York.

Detailed bibliography

Supplementary references (in alphabetical order):
- Chihara LM, Hesterberg TC. (2018). Mathematical Statistics with Resampling and R, 2nd Edition. John Wiley & Sons. New York.
- Kickinson J and Chakaborti S. (1992). Non Parametric Statistical Inference. Dekker Inc.
- Lehman EL. (1983). Theory of point Estimation. John Wiley & Sons. New York.
- Lehman EL. (1986). Testing Statistical Hypothesis. 2nd Edition. John Wiley & Sons. New York.
- Rohatgi VK. (2000). An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics. John Wiley & Sons. New York.
- Walpole RE, Myers RH, Myers SL, Ye K. (2012). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Pearson Educación, México.

Journals

Web sites of interest

- R-project software: http://www.r-project.org
- RStudio integrated development environment: https://www.rstudio.com/products/rstudio/
- Antonio J. Arriaza et al. Estadística básica con R y R commander. UCA, 2008. http://knuth.uca.es/moodle/course/view.php?id=37
- Latex: http://www.slideshare.net/digna/1-introduccion-a-latex
- Online courses: https://www.coursera.org/

OBSERVATIONS

...

IRAKASKUNTZA-GIDA	2026/27

Ikastegia	310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea	**Zikl.**	Zehaztugabea
Plana	GMATEM31 - Matematikako Gradua	**Ikastaroa**	3. maila

IRAKASGAIA

26682 - Zenbakizko Metodoak II	**ECTS kredituak:**	6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

Irakaskuntzaren helburua ekuazio diferentzial arrunten zenbakizko soluzioa hurbiltzeko zenbakizko analisiak eskaintzen dituen oinarrizko metodorik eta tresnarik garrantzitsuenetako batzuk sistematikoki aurkeztea da. Kurtsoan zehar ezinbestekoa da ordenagailu praktikak burutzea, bai programazio zientifikoko lengoaia batez edota ikasitako metodo batzuk aplikatu eta kudeatu egiten dituzten pakete informatikoak erabiliz. Irakasgai hau bigarren mailako Zenbakizko Metodoak I irakasgaiarekin eta hirugarren mailako Ekuazio Diferentzialak eta Eredu Matematikoak irakasgaiekin erlazionatuta daude.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

GAITASUNAK

M05CM01 - Zenbakizko kalkuluko oinarrizko tresnak ezagutzea eta problemak ebazteko balio duten algoritmo edo metodo konstruktiboetan bihurtzea.
M05CM02 - Ikasitako zenbakizko metodoak ordenagailuaz programazio lengoai estrukturatsuaz inplementatzea eta modu eraginkorrez aplikatzea.
M05CM03 - Ikasitako metodo batzuk aplikatu eta kudeatu egiten duten pakete informatikoak erabiltzea eta oinarri bezala integratzea norberak egindako programetan.
M05CM04 - Errorearen analisia, lan konputazionala eta beste ezaugarrien arabera, problema bereziaren gainean metodo bakoitzaren erabilpenaren egokitasuna aztertzea.
M05CM05 - Lortutako emaitzak ebaluatzea eta kalkulu prozesu baten ondoren ondorioak ateratzea, eta hori guztia ahoz eta idatziz komunikatzen jakitea.

IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK
Hastapen baldintzetako problemak eta ekuazio diferentzial arrunteko sistemak zenbakizkoki ebazteko balio duten metodorik garrantzitsuenak ezagutzea eta aplikatzen jakitea.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

1. ZENBAKIZKO INTERPOLAZIORAKO SARRERA:
Interpolazio polinomiala. Lagrangeren interpolazioa. Hermiteren interpolazioa. Interpolazio arrazionala.

2. ZENBAKIZKO INTEGRAZIO ETA DERIBAZIO METODOAK: Newton Cotesen formulak. Richardsonen estrapolazioa. Romberg-en integrazioa. Integrazio orokorreko formulak. Koadratura gaussiarra.

EKUAZIO DIFERENTZIAL ARRUNTEN ZENBAKIZKO EBAZPENA

3. SARRERA: Ordena handiko ekuazioen murrizketa. Diferentzia linealezko ekuazioak. Eulerren metodoa.

4. URRATS BATEKO METODOAK. Runge-Kutta metodoak. Runge-Kutta metodoen egonkortasuna.

5. URRATS ANITZEKO METODO LINEALAK: Urrats anitzeko metodo linealen egonkortasuna. Metodo aurresale-zuzentzaileak. Metodo aurresale-zuzentzaileen egonkortasuna.

6. DIFERENTZIA ATZERAKORREZKO METODOAK: Diferentzia atzerakorrezko Adams metodoak. BDF formula.

7. STIFF SISTEMAK: Kontzeptuaren interpretazioa. Egonkortasunaren definizioa stiff sistemetan. Esponentzialaren Padéren hurbilketak. Stiff sistemetarako metodoak.

EDUKI PRAKTIKOAK
Ikasgaiaren zati teorikoan ikasten eta analizatzen diren zenbait algoritmo aplikatzen dituen ordenagailu praktikak egin behar dira.

METODOLOGIA

Eskola magistraletan ikasgaiaren eduki teorikoak garatuko dira bibliografian agertzen diren oinarrizko erreferentziei jarraituz. Eskola teorikoekin batera, ariketa saioak eskainiko dira (gelako praktikak); azken horietan ikasleei erantzuteko galderak proposatuko zaizkie, non eskola teorikoan garatutako kontzeptuak aplikatzen diren. Mintegietan ikasgaiaren edukiari lotutako galdera eta adibide esanguratsuak garatuko dira. Mintegia burutu baino lehen, ikasleei galdera eta adibideak bideratuko zaizkie, saioan bertan hausnarketa eta eztabaida sustatzeko. Horretaz gain, irakasgaiaren gaitasunaz jabetzeko, ordenagailu praktikak egingo dira.

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	30	6	9		15				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	45	9	13,5		22,5				

Legenda:

M: Magistrala	S: Mintegia	GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p.	GO: Ordenagailuko p.	GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra	TI: Tailer Ind.	GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema
- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikusi argibideak. % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Idatzizko azterketa (notaren % 60)
Ordenagailu praktiken azterketa (notaren % 20)
Azterketa partziala eta mintegiak (notaren % 20)

Azterketan gutxienez 4.5 puntuko kalifikazioa eta ordenagailu praktiken azterketan gutxienez 4 puntuko kalifikazioa ateratzea ezinbestekoa da, aurretik zehaztutako portzentajeak eta irizpideak gauzatzeko.

Ordenagailu praktikak indibidualki egingo dira.

Ikasturteko bigarren lauhilabetekoaren lehenengo 9 asteetan zehar eskatzen duten ikasleek ebaluazio jarraituari uko egiteko eskubidea izango dute. Horretarako, irakasgaiko koordinatzaileari sinatutako dokumentuan jakinaraziko zaio. Orduan, irakasgaiaren gaitasunen menderatzea bermatzen duen "ebaluazio bakarreko" modalitateaz ordeztuko da. Ebaluazio mota hori proba bakar batez edo zenbait probaz osatuta egongo da, hala nola idatzizko azterketa, irakasgaiaren gaitasunekin eta edukiekin erlazionatutako materialei buruzko ahozko aurkezpena edo programazio azterketa praktikoa.

Deialdi bakoitzeko azterketako data ofizialean aurkezten ez diren ikasleak deialdiari uko egin dioten bezalakoak hartuko dira, eta irakasgaiko irakasleek horrela erregistratuko dituzte.

Ebaluazio-probak egiten diren bitartean, baldin eta irakasgaiko irakasleek berariaz eta idatziz baimendu ez badute, debekatuta dago liburuak, oharrak edota apunteak erabiltzea. Horretaz gain, gailu elektronikoak, telefonikoak, informatikoak edo bestelakoak erabiltzea ere debekatuta dago. Banakako probetan, debekatuta dago pertsonen arteko edozein motatako lankidetza eta material akademikoa partekatzea. Irregulartasunik, araugabeko jardunbiderik edo iruzurrik antzemanez gero, "UPV/EHUko ebaluazio probetan eta lan akademikoetan jokabide makur eta iruzurrezkoak eragozteari eta etika akademikoari buruzko protokoloan" esandakoa aplikatuko da. Araudi hori esteka honetan kontsulta daiteke:

https://www.ehu.eus/eu/web/graduak/araudia
https://www.ehu.eus/eu/web/graduak/araudia/etika-akademikoari-buruzko-protokoloak

Aipatutako protokoloan zehapen-araubidea aipatzen da: "1954ko irailaren 8ko Dekretua, Hezkuntza Ministerio Nazionalaren menpeko Goi Mailako Irakaskuntzako eta Irakaskuntza Teknikoko Diziplina Arautegia onartzen duena, non zehazten diren arau haustetzat jotzen diren ekintzak eta ezar dakizkiekeen zigorrak.", eta bertako 5.4 artikuluan "hutsegite larritzat" jarrera batzuk zehazten dira, besteak beste, "Irakaskuntza bizitzako ekintzetan nortasuna ordeztea eta dokumentuak faltsutzea".

Ebaluazio-probak aurrez aurre egingo dira, baldin eta egungo egoerak baimentzen badu eta agintari eskudunek ez badute horren aurkako agindurik ematen.

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean Zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere ¿adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean¿.Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Ezohiko deialdian ohiko deialdian aplikatutako ebaluazio irizpide berberak erabiliko dira. Idatzizko azterketaz gain proposatutako jarduera osagarri ebaluagarriak gainditu gabe edukitzeak ez du jarduera horiek burutzeko behar diren ezagutza eta gaitasuna frogatzetik salbuesten. Beraz, irakasleek ezagutza horiek balioztatzea bermatzen duen proba bat proposa dezakete. Behin betiko notan proba horren balioa ohiko deialdian bezainbesteko proportzioan kontuan hartuko da. Proposatutako proba ahozko aurkezpena, ordenagailuarekiko saioa, banakako lana prestatzea zein jarduera osagarrietan ikasitako ezagutza praktikoen idatzizko deskribapena izan daiteke.

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

eGelan ikasleei eskainitako materiala.

BIBLIOGRAFÍA

Oinarrizko bibliografia

D.F. Griffiths and D.J. Higham: Numerical Methods for O.D.E. Initial Values Problems, Springer, 2010.

E. Hairer and S.P. Nørsett, and G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I. Non-Stiff Problems. Springer, 1987.

M.H. Holmes: Introduction to Scientific Computing and Data Analysis, Springer, 2016.

S.D. Lambert: Numerical Methods for Ordinary Differential Systems. John Wiley & Sons, 1991.

C.D. Moler: Numerical Computing with MATALB. SIAM 2004.

J. Stoer, R. Bulirsch: Introduction to Numerical Analysis. Springer, 1983.

L.F. Shampine and I. Gladwelll and S, Thompson: Solving O.D.E. with MATLAB. Cambridge, 2003.

Gehiago sakontzeko bibliografia

J.C. Butcher: The Numerical Analysis of Ordinary Differential Equations. John Wiley & Sons, 1987

E. Hairer, S.P. Nørsett, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II. Stiff and Differential-Algebraic Problems. Springer, 1996.

L.N. Trefethen and A. Birkisson and T.A. Driscoll: Exploring ODEs. SIAM 2018.

Aldizkariak

Interneteko helbide interesgarriak

Octave: https://www.gnu.org/software/octave/index

Python: https://www.scipy.org/

C & C++ (GNU): https://www.gnu.org/software/gsl/

netlib: http://www.netlib.org/

OHARRAK