



# FISIKAKO GRADUA

## Zientzia eta Teknologia Fakultatea

### Hirugarren Mailako Ikaslearen Gida

### 2019-2020 Ikasturtea

#### Edukien taula

<b>1.- Fisikako Graduari buruzko informazioa .....</b>	<b>3</b>
Aurkezpena.....	3
Titulazioaren gaitasunak .....	3
Graduko ikasketen egitura .....	3
Hirugarren mailako irakasgaiak Graduaren testuinguruan.....	6
Egin beharreko jarduera motak .....	7
Mugikortasun programa.....	7
<b>2. - Taldearentzako informazio espezifiko.....</b>	<b>7</b>
Ikasleen banaketa irakaskuntzataldeetan .....	7
Taldeari dagozkion jardueren egutegia .....	7
Irakasleak.....	7
<b>3. - Hirugarren mailako irakasgaiei buruzko informazioa .....</b>	<b>8</b>

**Gida hau Fisikako Graduako Ikasketa Batzordeak (FISGIB) egin du**

---

# 1.- Fisikako Graduari buruzko informazioa

---

## Aurkezpena

Fisika gaur egun zientzia izenez ezagutzen dugunaren paradigma eta teknologiaren oinarrietako bat da. Fisikaren ekarpenek errealitatea ulertzeko dugun modua goitik behera aldatu dute eta modu garrantzitsuan lagundu diote ongizatearen gizartearen garapenari. Fisikaren aurrerapena beharrezkoa da edozein herrialde modernotako zientzia eta teknologia sistemarentzat, horregatik, oso barneratuta dago Europako unibertsitate sistemaguztietan.

Fisikako Graduaren diseinuak ikasleari lau urtetan fisikako funtsezko ezagutzak bereganatzea eta egoera zailen azterketarekin eta ereduaren sorrerarekin, teknika matematiko aurreratuen erabilerarekin eta tresna informatikoen erabilerarekin zerikusia duten trebetasunak garatzea ahalbidetzen dio.

Fisikako graduatuak lortutako prestakuntzak mota askotako enpleguetarako sarbidea ahalbidetzen du: ikerketa, irakaskuntza, fisika medikoa, industria eta zerbitzuak (informatika, elektronikak, telekomunikazioak, akustika, ingurumena, kalitatea, laneko arriskuen prebentzioa, espazio teknologia eta aeronautika, administrazio publikoa, finantzak, aholkularitza, etab.).

## Titulazioaren gaitasunak

Fisikako Graduak ikasketetan garatzen eta ebaluatzen diren gaitasun nagusiak ondorengoak dira:

- Arazoak modu egokian azaltzeko eta konpontzeko gaitasuna
- Datu esperimentaletatik abiatuta, eredu fisikoak sortzeko gaitasuna
- Fenomeno fisikoaren ulermen teorikoa
- Trebetasuna esparru esperimentalean
- Modu autonomoan antolatze, planifikatzeko eta ikasteko gaitasuna
- Modu kritikoan aztertze, sintetizatzeko eta arrazoitzeko gaitasuna
- Lana taldean kudeatzeko gaitasuna
- Ideia eta emaitza zientifikoak ahoz eta idatziz adierazteko gaitasuna

## Graduko ikasketen egitura

Iraupena eta ECTS kreditu kop.: 4 urte (240 ECTS kreditu)

Oinarrizko prestakuntza: 1. maila (60 ECTS)

Nahitaezkoak: 2. maila (60 ECTS), 3. maila (54 ECTS), 4. maila (12 ECTS)

Hautazkoak: 3. maila (6 ECTS), 4. maila (36 ECTS)

Kanpokopraktikak: Borondatezkoak

Gradu Amaierako Lana: 4. maila (12 ECTS)

Kredituak guztira: 240 ECTS

Fisikako Graduak enbor komuna du Ingeniaritza Elektronikoko Graduarekin, izan ere, gutxienez oinarrizko edo nahitaezko 120 kreditu partekatzen dituzte. Bi titulazioen arteko sintonia horrek malgutasun eta balio erantsi handia ematen dio ikasketa planari eta, horrez gain, ikasleari espezializazioaren aukeraketa azken mailetaraino atzeratzeko edo titulazio bikoitza lortzeko aukera ematen dio.

Irakasgai gehienak euskaraz eta gaztelaniaz ematen dira eta, eskaerak eta bitartekoek ahalbidetzen duten neurrian, pixkanaka ingelesezko irakasgaiak gehituko dira.

## Egitura kronologikoa

### 1. maila

Irakasgaia	Izaera	ECTS	Egutegia
Algebra Lineala eta Geometria I	Oinarrizkoa	12	Urte osokoa
Kalkulu Diferentziala eta Integrala I	Oinarrizkoa	12	Urte osokoa
Fisika Orokorra	Oinarrizkoa	12	Urte osokoa
Konputaziorako Sarrera	Oinarrizkoa	6	1. lauhilekoko
Kimika I	Oinarrizkoa	6	1. lauhilekoko
Kimika II	Oinarrizkoa	6	2. lauhilekoko
Teknika Esperimentalak I	Oinarrizkoa	6	2. lauhilekoko

### 2. maila

Irakasgaia	Izaera	ECTS	Egutegia
Analisi Bektoriala eta Konplexua	Nahitaezkoa	9	Urte osokoa
Metodo Matematikoak	Nahitaezkoa	12	Urte osokoa
Mekanika eta Uhinak	Nahitaezkoa	15	Urte osokoa
Elektromagnetismoa I	Nahitaezkoa	6	1. lauhilekoko
Elektronika	Nahitaezkoa	6	1. lauhilekoko
Fisika Modernoa	Nahitaezkoa	6	2. lauhilekoko
Teknika Esperimentalak II	Nahitaezkoa	6	2. lauhilekoko

### 3. maila

Irakasgaia	Izaera	ECTS	Egutegia
Fisika Kuantikoa	Nahitaezkoa	12	Urte osokoa
Termodinamika eta Fisika Estatistikoa	Nahitaezkoa	12	Urte osokoa
Metodo Konputazionalak	Nahitaezkoa	9	Urte osokoa
Teknika Esperimentalak III	Nahitaezkoa	9	Urte osokoa*
Optika	Nahitaezkoa	6	1. lauhilekoko
Elektromagnetismoa II	Nahitaezkoa	6	1. lauhilekoko
Hautazko 1 irakasgai	Hautazkoa	6	2. lauhilekoko

\* 1,5 kreditu 1. lauhilekoan eta 7,5 bigarrenetan.

### 4. maila

Irakasgaia	Izaera	ECTS	Egutegia
Gradu Amaierako Lana	Nahitaezkoa	12	Urte osokoa
Egoera Solidoaren Fisika I	Nahitaezkoa	6	1. lauhilekoko
Fisika Nuklearra eta Partikulena	Nahitaezkoa	6	2. lauhilekoko
6 kredituko hautazko 6 irakasgai	Hautazkoak	36	

## Hautazko irakasgaiak

Hautazko irakasgaiak hiru taldetan eskaintzen dira. Ikasleak nahi duen bezala hauta ditzake, egin beharreko kredituak osatu arte, baina espezialitateetako bakoitzeko bost irakasgaiak osatzen baditu bakarrik egin ahal izango zaio dagokion aipamena tituluan. Zenbait hautazko 3.ean edo 4.ean egin daitezke eta beste batzuk, berriz, 4.ean bakarrik, aurretiko ezagutzak izatea eskatzen baitute.

### Oinarrizko Fisika espezialitatea

Irakasgaia	Maila	ECTS	Egutegia
Mekanika Kuantikoa	4.a	6	1. lauhilekoko
Elektrodinamika	4.a	6	1. lauhilekoko
Grabitazioa eta Kosmologia	3.a edo 4.a	6	2. lauhilekoko
Astrofisika	3.a edo 4.a	6	2. lauhilekoko
Fisika Aurreratuko Gaiak	4.a	6	2. lauhilekoko

### Egoera Solidoa espezialitatea

Irakasgaia	Maila	ECTS	Egutegia
Mekanika Kuantikoa	4.a	6	1.lauhilekoko
Solidoen Egituren Propietateak	4.a	6	1.lauhilekoko
Egoera Solidoaren Fisika II	4.a	6	2.lauhilekoko
Teknika Esperimentalak IV	4.a	6	2.lauhilekoko
Ingurune Jarraituen Fisika	3.a edo 4.a	6	2.lauhilekoko

### Tresneria eta Neurketa espezialitatea

Irakasgaia	Maila	ECTS	Egutegia
Seinaleak eta Sistemak	3.a edo 4.a	6	1.lauhilekoko
Sentsoreak eta Eragingailuak	3.a edo 4.a	6	1.lauhilekoko
Tresneria I	3.a edo 4.a	6	2.lauhilekoko
Elektronika Analogikoa	4.a	6	2.lauhilekoko
Kontrol Automatikoa I	4.a	6	2.lauhilekoko

### Euskararen Plan Gidaria

Aurreko blokeetako hautazko irakasgaiez gain, ikasleak euskaraz ematen diren ondorengo irakasgaiak ere aukeraditzake:

Irakasgaia	Maila	ECTS	Egutegia
Euskararen Arauak eta Erabilera	3.a edo 4.a	6	1.lauhilekoko
Komunikazioa Euskaraz: Zientzia eta Teknologia	3.a edo 4.a	6	2.lauhilekoko

### Egitura modularra

Gradua modulutan egituratuta dago. Horietan gaitasun multzo espezifikoagoak landu eta trebetasun zehatzak garatzen dira. Hona hemen Graduako moduluak eta horiei dagozkien irakasgaiak:

Modulua	Irakasgaiak
Matematika	Aljebra Lineala eta Geometria I
	Kalkulu Diferentziala eta Integrala I
	Analisi Bektoriala eta Konplexua
	Metodo Matematikoak
	Fisika Orokorra
Oinarritzko Kontzeptuak	Kimika I
	Kimika II
	Mekanika eta Uhinak
	Elektromagnetismoa I
	Elektronika
	Termodinamika eta Fisika Estatistikoa
	Optika
	Elektromagnetismoa II
	Teknika Esperimentalak I
	Teknika Esperimentalak II
Teknika Esperimentalak	Teknika Esperimentalak III
	Teknika Esperimentalak IV
	Konputaziorako Sarrera
	Metodo Konputazionalak
	Fisika Modernoa
Materiaren Egitura	Fisika Kuantikoa
	Egoera Solidoaren Fisika I
	Fisika Nuklearra eta Partikulena
	Elektrodinamika
	Grabitazioa eta Kosmologia
	Astrofisika
	Fisika Aurreratuko Gaiak
Oinarritzko Fisika	

Modulua	Irakasgaiak
Egoera Solidoaren Fisika	Mekanika Kuantikoa
	Solidoen Egituren Propietateak
	Egoera Solidoaren Fisika II
	Ingurune Jarraituen Fisika
Tresneria eta Neurketa	Seinaleak eta Sistemak
	Sentsoreak eta Eragingailuak
	Tresneria I
	Elektronika Analogikoa
	Kontrol Automatikoa I
Gradu Amaierako Lana	Gradu Amaierako Lana
Euskararen Plan Gidaria	Euskararen Arauak eta Erabilera
	Komunikazioa Euskaraz: Zientzia eta Teknologia

### Kanpokopraktikak

Fisikako Gradu Ikasketa Batzordeak onarpena eman ondoren, ikasleak kanpo praktikak egin ahal izango ditu gehienez hautazko 6 ECTS kreditu baliozkotzeko. Praktika horien bidez enpresa, ikerketa erakunde edo irakaskuntza zentro baten jardueretan parte hartuko da eta horrek ikaslearen prestakuntza aberastuko du. Helburu hau lortzen dela bermatzeko, Fisikako Gradu Ikasketa Batzordeak tutorea esleituko dio ikasleari.

### Eskakizunak

- Graduan matrikulatuta egondako lehen urtea amaitzean ikasleak eduki beharko du gaindituda, gutxienez, lehen mailako kredituen %15
- Gradu bigarren urtea amaitzean ikasleak eduki beharko du gaindituda, gutxienez, lehen mailako kredituen %30
- Hirugarren ikastaroko matrikula egin ahal izateko, gaindituda behar dira 54 oinarritzko kreditu.
- Laugarren ikastaroko matrikula egin ahal izateko, gaindituda behar dira 54 oinarritzko kreditu.

### Hirugarren mailako irakasgaiak Graduaren testuinguruan

Graduko hirugarren mailan, lehenengo mailan landutako kontzeptuetako batzuetan sakontzen da. Hirugarren mailan landuko diren kontzeptuak eta trebetasunak finkatu egin behar dira, eta ikasleak maila honi dagozkion gaitasunak garatzeko besteko heldutasun maila lortu behar du.

Hirugarren mailan hartutako gaitasunak:

- Babes matematikoarekin diskurtso logikoa antolatzeke gai izatea
- Fisikako adar nagusien eta beren aplikazioen oinarritzko printzipioak argi ulertzeke beharrezko ezagutzetako batzuk hartzea
- Fisikaren kontzeptu nagusiak barneratzen dituzten problemak egoki proposatzea eta ebatzea
- Fisikari buruzko problemak eta arazoak idatziz eta ahoz azaltzea, komunikazio zientifikoko trebetasunak garatzeko
- Esperimentuak modu independentean (inork gainbegiratu gabe) egiteko gai izatea, banaka eta/edo taldean.
- Emaitzak kritikoki aztertzeke eta baliozko ondorioak ateratzeko gai izatea, emaitzen ziurgabetasun maila ebaluatuta eta espero ziren emaitzekin, iragarpen teorikoekin edo argitaratutako datuekin alderatuta, baita horien garrantzia ebaluatzea ere.
- Datuen zenbakizko tratamenduan janztea eta informazioa grafikoki aurkeztu eta interpretatzeko eta norberaren emaitza zientifikoa aurkezteko gai izatea
- Kalkulu zientifikoa egokitua den hizkuntzan programak egiteko gai izatea.
- Zenbakizko datuak ondo analizatu eta adierazpen grafikoak ondo interpretatu
- Ondo planteatu eta ondo ebasi Fisika eta Mekanika Kuantikoaren inguruko ariketak, Fisikako adar horretan oinarritzko ezagutza lortzeko.
- Datuak faltsutzea eta/edo iruzurrez irudikatzea eta/edo emaitzak plagiatzea portaera zientifiko ez-etikoa dela konturatzea

## Egin beharreko jarduera motak

---

Hona hemen ikasteko prozesuan aurrera egiteko erabilitako irakaskuntza jarduerak: eskola magistralak, mintegiak, laborategiko praktikak eta ordenagailuko praktikak. Horiek guztiak lehenengo mailatik erabiltzen dira, nahiz eta irakasgai bakoitzean pixkanaka pisu erlatibo handiagoa hartzen duten Graduak aurrera egin ahala.

- Irakasgai "teorikoak": ez dago laborategiko praktikarik (Fisika Kuantikoa, Termodinamika eta Fisika Estatistikoa, Optika, Elektromagnetismoa II, Astrofisika, Ingurune Jarraituen Fisika, Grabitazioa eta Kosmologia).
- "Laborategiko" irakasgaiak: ia osorik laborategian ematen da (Teknika Esperimentalak III, Tresneria I). Honako irakasgai hauei loturiko praktikak dira: Termodinamika eta Fisika Estatistikoa, eta Optika.
- "Praktikak dituzten" irakasgaiak: Kontzeptu teorikoak zein gaitasun praktikoak landuko dira (Metodo Konputazionalak).

Oro har, irakasgai guztietan eskola magistralak daude eta horietan kontzeptu teorikoak landuko dira eta problemak ebaztera zuzendutako ikasgelako praktikak egingo dira. Mintegietan, aldiz, irakasgaiko hainbat alderdiren kontzeptu teorikoetan/praktikoetan sakonduko dute ikasleek, talde txikietan banatuta. Irakasgai gehienetan "problemen eskolak" ikasleen partaidetza aktiboan oinarrituko dira; horiek irakasleek jarritako edo ikasgelan sortutako ariketak ebazteko proposamenak egingo dituzte.

## Mugikortasun programa

---

Zientzia eta Teknologia Fakultateak Erasmus, Sicue-Seneca, Latinoamerika eta Beste Norako Batzuk izeneko truke akademikoko programetan parte hartzen du. Truke Akademikoko dekanordeak egiten ditu koordinazio akademikoko lanak, titulazio bakoitzeko truke koordinatzaileen laguntzarekin. Koordinatzaileek kredituak onartzeko Baliozkotze Batzordearen irizpideak kontuan hartuta, bertako ikasleei aurretiko hitzarmen akademikoa egiteko aholkuak ematen dizkiote ikasleari, eta laguntza ematen diote xede unibertsitatean egiten duen egonaldia irauten duen bitartean.

## 2. - Taldearentzako informazio espezifiko

---

### Ikasleen banaketa irakaskuntza-taldeetan

---

Irakasleek, eskolen lehen astean zehar, ikasleen banaketa irakaskuntza-talde desberdinetara emango dute.

### Taldeari dagozkion jardueren egutegia

---

Zentroko eskola-egutegia webgune honetan kontsultatu daiteke:

<https://www.ehu.eus/eu/web/ztf-fct/calendario>

Ordutegi ofizialak, jarduera bakoitza emango den ikasgelen inguruko informazioarekin batera, eta azterketen egutegi ofiziala fakultateko web-orrian argitaratu eta eguneratuko dira:

<https://www.ehu.eus/eu/web/ztf-fct/ordutegiak-azterketak-eta-tribunalak>

### Irakasleak

---

Gradu honetako ikasgaiak ematen dituzten irakasleen inguruko informazioa (harremanetarako datuak, tutoretza-orduak) graduako webgune instituzionalean kontsultatu daiteke:

<https://www.ehu.eus/eu/fisikako-gradua/irakasleak>

Lotura horretan, irakasle baten informazioa ikusi ahal izateko, nahikoa da irakaslearen izenaren gainean klik egitea.

---

### **3. - Hirugarren mailako irakasgaiari buruzko informazioa**

---

Irakasgaiak ordena alfabetikoaren arabera ordenatuta daude.



**IRAKASKUNTZA-GIDA**

2019/20

**Ikastegia** 310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea**Zikl.** Zehaztugabea**Plana** GFISIC30 - Fisikako Gradua**Ikastaroa** 3. maila**IRAKASGAIA**

26643 - Elektromagnetismoa II

**ECTS kredituak:** 6**IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA**

Irakasgai honen helburua Maxwell-en ekuazioen aplikazio garrantzitsuenekin trebatzea da, bereziki ondoko esparru hauetan: eremu elektromagnetiko estatikoak ingurune mugatuetan, uhin elektromagnetikoen hedapena ingurune mugatu eta ez-mugatuetan, erradiazio elektromagnetikoaren igorpena, material gertatzen diren efektu elektromagnetikoen teoria mikroskopikoa eta azkenik eremu elektromagnetikoen transformazioak sistema inertzialen artean (Elektromagnetismoaren formulario erlatibista). Irakasgai hau derrigorrezkoa da Fisikako eta Ingenieritza Elektronikoko Graduetan, 3. kutsoko ikasleentzat.

Irakasgai hau jarraitu ahal izateko ondoko oinarriak behar dira: Maxwell-en ekuazioen bidez adierazten diren fenomeno elektromagnetikoen ezagutza (EMI), ekuazio diferentzialen ezagutza, muga-problema eta uhin-ekuazioaren ebazpena (EDP, Mekanika II), Mekanika erlatibista (Mekanika I) eta materiaren egitura atomikoaren ezagutza (Materiaren egitura). Ezagutza gehienak 2. mailan lortu dira jadanik.

**GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK**

Ikasleak irakasgai honetan lortu behar dituen GAITASUNAK ondokoak dira:

- Elektromagnetismoaren eta bere aplikazioen oinarrizko printzipioak argitasunez ulertzeko behar dituen ezagutzak lortu behar ditu.
  - Elektromagnetismoaren eta bere aplikazioekin sortutako problema ezberdinak ebazteko beharrezkoak diren planteamendu eta teknika egokiak menperatzea.
  - Elektromagnetismoari buruz sortutako problema eta galderak ahoz eta idatziz ondo erakustea, horrela komunikazio zientifikoarenganarekiko trebetasuna landuz.
- Ikasleak irakasgai honetan izan behar dituen HELBURUAK eta lortu behar dituen ezagutzak ondokoak dira:
- Bi dimentsiotako problema elektrostatikoen ebazpena, bai aldagai banaketaren metodoaren bidez eta baita karga irudikarien metodoarekin ere.
  - Eremu elektromagnetikoaren hedapenaren legeak dielektrikoetan eta eroaleetan, eta baita bi ingurune desberdinen arteko muga-gainazalean ere eta problemen ebazpena baldintza horietan.
  - Eremu elektromagnetikoaren hedapenaren legeak uhin gida errektangeluarretan. Geometria errektangeluarreko kabitare erresonantzaileen propietateak eta erresonantziako baldintzak.
  - Karga higikorrek sortutako uhin elektromagnetikoen erradiazioaren oinarriak, bereziki erradiazio dipolarra eta antenen eta atomoen erradiazioa.
  - Materiaren polarizazioaren, eroankortasun elektrikoaren eta imanazioaren mekanismo mikroskopikoak, eta baita supereroankortasunaren deskribapen laburra ere. Materiaren propietate elektriko eta magnetikoaren problema sinpleen ebazpena.
  - Kargen, korronteen, eremuen eta potentzialen transformazioen propietateak, erreferentzia-sistemaren aldaketarekin (Elektromagnetismoaren formulario erlatibista) eta eremuen eta potentzialen transformazioen problema sinpleen ebazpena.

**EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK**

- 1.-Eremu estatikoetarako muga-problema:  
Maxwellen ekuazioak hutsean eta ingurune jarraituetan.  
Poisson eta Laplace ekuazioen ebazpenaren propietate orokorrak.  
Laplace ekuazioaren ebazpenak bi dimentsiotan.  
Karga irudikarien metodoa.  
Muga-problema magnetostatikan.

Metodo numerikoetarako sarrera.

2.-Uhin elektromagnetikoak mugarik gabeko ingurunetan:

Eremu elektromagnetikoaren hedapena: uhin ekuazioa.

Energiaren eta momentuaren kontserbazio-legeak eremu elektromagnetikoan. Poynting bektorea. Erradiazio-presioa.

Uhin lauak eta monokromatikoak dielektrikoetan. Polarizazioa.

Uhin lauak eroaleetan: errefrakzio-indize konplexua, pelikula-efektua.

3.-Uhin elektromagnetikoak ingurune mugatueta:

Uhin elektromagnetikoen islapena eta errefrakzioa. Fresnelen ekuazioak.

Uhin gidatuen hedapena.

Uhin-gida errektangeluarrak: ebakidura maiztasuna.

Kabitate erresonanteak.

4.-Uhin elektromagnetikoen erradiazioa:

Potentzialen uhin-ekuazioa, kontraste-transformazioak.

Potentzial atzeratuak eta eremu elektromagnetikoaren garapen multipolarra.

Erradiazio dipolar elektrikoa.

Erradiazio dipolar magnetikoa.

Antenak: igorleak eta hartzaileak.

5.-Materiaren teoria elektromagnetikoa:

Dielektrikoen teoria mikroskopikoa.

Permitibitatearen mendekotasuna maiztasunarekin.

Eroaltasuna solidoetan.

Magnetismoa materia (para-, dia-, ferro-magnetismoa eta histeresia)

Magnetismoaren teoria mikroskopikoa.

Supereroaleak.

6.-Erlatibitatea eta Elektromagnetismoa:

Maxwellen ekuazioen transformazio-propietateak.

Einsteinen hipotesia eta Lorentzen transformazioa.

Tetrabektoreak. Elektromagnetismoaren formulazio kobariantea.

Kargen eta korronteen transformazioak, kuadripotentziala.

Eremu elektromagnetikoaren transformazioa: abiadura konstantez higitzen den kargaren eremua.

Eremu elektromagnetiko tentsorea eta Maxwellen ekuazioak. Elektromagnetismoaren formulazio kobariantea.

## METODOLOGIA

ECTS kredituak: 6 (150 ordu: 60 gelako orduak eta 90 ordu ikaslearen lana)

Klase magistralak zein praktikakoak emango dira, bai ikasgelan eta baita ere etxean egiteko lana bananduz.

## IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	36	3	21						
Ikaslearen ikasgelaz kanpoko jardueren ord.	54	4,5	31,5						

Legenda:

M: Maistrala

S: Minteia

GA: Gelako p.

GL: Laborategiko p.

GO: Ordenagailuko p.

GCL: P. klinikoa

TA: Tailerra

TI: Tailer Ind.

GCA: Landa p.

## EBALUAZIO-SISTEMAK

- Azken ebaluazioaren sistema

## KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Garatu beharreko proba idatzia % 70

- Talde lanak (arazoen ebazpenak, proiektuen diseinuak) % 30

## OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

EBALUAZIO MISTOA

A) Azterketak (partzialak zein finala): %70 azken notarena.

B) Etxerako ariketak (derrigorrezkoak !): %30 azken notarena.

\*\*\*\*\*

#### 1.- EBALUAZIO JARRAITUA:

Azterketa partzialak: 2 azterketa partzialak (3 gai sartuko dira bakoitzean).

- Eskola orduetan egingo dira.

- Bigarren azterketa egiteko, ikasleak lehenengo azterketa gainditu behar du nota  $\geq 4$ , gutxienez:  $\langle N_{azp} \rangle / 10$

EM-II ikasgaiaren nota finala:  $NF = 0,7 \times \langle N_{azp} \rangle + 0,3 \times \langle N_{ar} \rangle$

\*\*\*\*\*

#### 2.- EBALUAZIO FINALA:

Azterketa finala: (ariketak + galderak)  $\geq 4$ , gutxienez:  $\langle N_{azf} \rangle / 10$

EM-II ikasgaiaren nota finala:  $NF = 0,7 \times \langle N_{azf} \rangle + 0,3 \times \langle N_{ar} \rangle$

#### UKO EGITEA

Ikaslea ez bada aurkezten azterketa finalera, "Ez Aurkepena" izango da bere kalifikazioa.

#### EZOHICO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

EBALUAZIO FINALA-ren irizpide berdinak jarraituko dira.

#### UKO EGITEA

Ikaslea ez bada aurkezten azterketa finalera, "Ez Aurkepena" izango da bere kalifikazioa.

#### NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

Eskoletako material guztia eta material/webgune interesgarriak, EGELA plataforman agertuko direnak: <https://egela.ehu.es>

#### BIBLIOGRAFIA

##### Oinarrizko bibliografia

- 1) J.R. Reitz y, F.J. Milford y R.W. Christy. FUNDAMENTOS DE LA TEORIA ELECTROMAGNETICA, Addison-Wesley Iberoamericana, Delaware (1996)
- 2) P. Lorrain y D.R. Corson CAMPOS Y ONDAS ELECTROMAGNETICOS, Selecciones Científicas, Madrid (1979)
- 3) David J. Griffiths, INTRODUCTION TO ELECTRODYNAMICS, Prentice-Hill Inc. USA-1999
- 4) R.K. Wagness, CAMPOS ELECTROMAGNETICOS, Limusa, México DF (1983).
- 5) M.A. Plonus, ELECTROMAGNETISMO APLICADO, Reverté, Barcelona (1982).

##### Gehiago sakontzeko bibliografia

- 6.- ELECTRODINAMICA CLASICA, J.D. Jackson, ed. Alhambra Universidad, Madrid (1980).
- 7.- MANUAL DE MATEMATICAS, I. Bronshtein y K. Semendiaev, Ed. Rubiños, Madrid (1993).

##### Aldizkariak

Revista Española de Física

##### Interneteko helbide interesgarriak

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/ocw-fisica/elecmagnet/elecmagnet.shtml>

<http://academicearth.org/courses/physics-ii-electricity-and-magnetism>

<http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/8-02Electricity-and-MagnetismSpring2002/CourseHome/>

#### OHARRAK

Ikastegia 310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea

Zikl. Zehaztugabea

Plana GFISIC30 - Fisikako Gradua

Ikastaroa 3. maila

**IRAKASGAIA**

26635 - Fisika Kuantikoa

ECTS kredituak: 12

**IRAKASGAIAAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA**

Fisika Klasikoaren baliotasun mugak azpimarratu egingo dira eta uhin-partikula dualitatearen ideia sartuko da. Schrodinger-en ekuazioa planteatu eta erabili egingo da, hasieran dimentsio bakarreko sistemetan. Metodo Matematikoak irakasgaiaren ikasitako teknikak erabiliko dira osziladore harmonikoaren soluzioa lortzeko. Hidrogeno-atomoa aztertzeko helburuarekin, potentzial zentraletako egoera ligatuak zehatz-mehatz deskribatuko dira. Spin-a eta Pauli-ren elkarrezintasunaren printzipioa aztertu ondoren, atomo multielektronikoak eta molekulak deskribatuko dira.

**GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK**

Irakasgaiaren oinarri teorikoak ulertzeko beharrezkoa den ezaguera lortu. Garratzitsua eta funtsezkoa dena bereiztea. Ezaguera zabaltzeko eta finkatzeko erabilgarria izan daitekeen irakasgaiaren inguruko informazioa eskuratzea. Irakasgaiari buruzko edukinak bai idatziz eta ahoz transmititzeko ahalmenak garatu.

**EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK**

1. Teoria Kuantikoaren Sarrera:  
Sarrera: beste teoria baten beharra.  
De Broglie-ren postulatua.  
Uhinaren eta partikularen abiaduren azterpena.  
Bohr-en kuantizazioa eta de Broglie-ren postulatua.  
Davisson eta Germer-ren esperimendua.  
Uhin-funtzioa eta honen interpretazio estatistikoa.  
Heisenberg-en ziurgabetasunaren printzipioa.  
Arrazoi onargarriak Schrodinger-ren ekuazioa lortzeko.  
Fourier-ren garapenak eta transformatuak.  
Schrodinger-en ekuazioa gainezarmen-printzipioa eta partikula askea.  
Momentuen dentsitate-probabilitatea.  
Posizio eta momentuaren batezbestekoa eta desbideraketa estandarra.  
Uhin-funtzioen arteko biderkadura eskalarra.  
Momentuaren eragilea.  
Eragileak eta behagarriak: posizioa, momentua, energia zinetikoa eta energia potentziala.  
Eragile adjuntoak.  
Eragile hermitikoak.  
Eragile hermitikoen autofuntzio eta autobalioen propietate batzuk A eta B. Ariketa ebatziak: 1.  
Schrodinger-en ekuazioaren ebazpen formula.  
Hamiltondarraren autofuntzioen kalkuluaren bi adibide:  
Partikula askearen autofuntzioak.  
Egoera iraunkorrak eta ez-iraunkorrak.  
Partikula askeari dagokion fardel-gaussiarraren denbora-garapena.  
Neurketen emaitzak eta hauen probabilitateak.  
Momentu linealaren autofuntzioak.  
Osotasunaren edo itxidura-erlazioa.
2. Formalismoa:  
Mekanika kuantikoaren postulatua.  
Trukatzaileak.  
Behagarri bateragarriak.  
Behagarri trukakorreko multzo osoa.  
Ziurgabetasunaren printzipioa formalismoaren barruan.  
Behagarrien denbora-garapenaren ekuazioa.  
Higidura-konstanteak.  
Ehrenfest-en teorema.  
Virialaren teorema.  
Denboraren independentea den Schrodinger-ren ekuazioaren ebazpenaren ikustarazpena.  
Dentsitate-probabilitatearen korrante-dentsitatea.  
Behagarrien adierazpen matritziala.

Momentuen adierazpidea (errepresentazioa).  
Posizio-eragilearen autofuntzioak.

3. Dimentsio Bakarreko Potentzialak:  
Uhin-funtzioak bete beharreko baldintzak.  
Potentzial-osin infinitua.  
Potentzial-jauzia.  
Potentzial-langa.  
Potentzial-osin finitua.  
Dirac-en delta-potentziala.  
Osziladore harmonikoa.  
1D-tik 3D-rako trantsizioa.  
Hiru dimentsioko potentzial banangarriak.

4. Potentzial Zentralak eta Elektroi Bakarreko Atomoak:  
Koordenatu esferikoak.  
Momentu angeluarraren eragilea mekanika kuantikoan.  
Momentu angeluarraren trukitze-erlazioak.  
Momentu angeluarraren autofuntzioak eta autobalioak.  
Harmoniko esferikoak.  
L+ eta L- eragileak.  
L2-ren autobalioak L+ eta L- eragileak erabiliz.  
Potentzial-zentralpeko partikularen Schrodinger-en ekuazioaren ebazpena.  
Atomo hidrogenoaren energia mailak eta autofuntzioak.  
Orbital atomikoak.  
Beste potentzial zentralak.

5. Dirac-en Notazioa:  
Dirac-en notazioa: Ket-ak, bra-k eta eragileak. Adibideak.

6. Hurbilketa-Metodoak:  
Denboraren mendean ez dauden perturbazioen teoria.  
Egoera eta energiaren zuzenketak.  
Egoera endakatuak eta ez-endakatuak.  
Aplikazioak: oszilatzaile harmoniko perturbatua, Van der Waals-en indarrak, Stark efektua, Zeeman efektua.  
Metodo barizionala. Aplikazioak: Helio atomoaren oinarritzko egoeraren energia.

7. Spin Momentu Angeluarra:  
Stern/Gerlach-en experimentua.  
Elektroiaren spin-a.  
Pauli-ren matrizeak.  
Spinoreak. S+ eta S- eragileak.  
Zeeman efektua.  
Erresonantzia magnetikoa.

8. Partikula Bereiztezinak eta Atomo Elektroianitzak:

Partikula bereizgarriak eta bereiztezinak.  
Partikula bereiztezinen uhin-funtzioak: simetrikoak (bosoak) edo antisimetrikoak (fermioiak).  
Truke-endakapena eta Pauli-ren elkarrezintasunaren printzipioa.  
Spin-egoera eta antisimetrizazioa.  
Bi fermioien ( $s=1/2$ ) spin osoaren autofuntzioak.  
Hiru edo gehiago partikula independente eta bereiztezinen uhin-funtzioak.  
Helio atomoa.  
Atomo elektroianitzak.  
Hartree-Fock-en metodoa.  
Akoplamenduak atomoen konfigurazio elektronikoak zehazteko:  
LS edo Russell-Saunders-en akoplamendua.

9. Molekulak:  
Afinitate elektronikoa.  
Ionizazio-energia.  
Lotura ionikoa.  
Molekula baten Hamiltondarra eta Born-Oppenheimer-en hurbilketa.

Lotura kobalentea: H<sub>2</sub><sup>+</sup> molekula.  
 Linear Combination of Atomic Orbitals (LCAO).  
 H<sub>2</sub><sup>+</sup> molekularen oinarritzko energia.  
 H<sub>2</sub> molekula.  
 H<sub>2</sub> molekula aztertzeke egindako hurbilketaren arazoa.  
 Born-Oppenheimer-en hurbilketa (jarraipena).  
 Nukleoen higidura molekula diatomiko batean.  
 Molekula diatomikoaren biraketa-, bibrazioa-, eta energia elektronikoak.  
 Molekula diatomikoaren espektroak.

## METODOLOGIA

Flipped-class metodoa jarraitzen da. Hau da, klase aurretik "<http://www.ehu.eus/aitor/irakas/kuan/main.html>" webguneko bideoak ikusi behar dira oinarritzko teoria lantzeko eta klase orduetan kuestioak, ariketak, galdera-saioak, proiektuak,... taldetan batez ere, landuko dituzue.

## IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	72	6	42						
Ikaslearen ikasgelaz kanpoko jardueren ord.	108	9	63						

**Legenda:** M: Maistrala 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

- Klaseko jarrera eta lana, parte-hartzea, egindako challengeak, azterketak,... % 100

## OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Ikasleak azterketa finalean lortutako nota %15ean igotzeko aukera izango du. Horretarako, kurtsoan zehar bai banaka edo taldeka egindako ariketak eta proiektuak hartuko dira kontutan.

## EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Ikasleak azterketa finalean lortutako nota %15ean igotzeko aukera izango du. Horretarako, kurtsoan zehar bai banaka edo taldeka egindako ariketak eta proiektuak hartuko dira kontutan.

## NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

Ez dago derrigorrezko materialik.

## BIBLIOGRAFIA

### Oinarritzko bibliografia

C. Cohen-Tannoudji, B. Diu and F. Laloe, "Quantum Mechanics", John Wiley and Sons, Inc., 1977.  
 B. H. Bransden and C. J. Joachain, "Introduction to Quantum Mechanics", Longman, 1989.  
 R. A. Serway, C. J. Moses and C. A. Moyer, "Modern Physics", Saunders College Publishing, 1997.  
 P. A. Tipler and R. A. Llewellyn, "Modern Physics", Ed. W.H. Freeman and Co. (2000), New York.  
 R. Eisberg and R. Resnick, "Física Cuántica", Ed. Limusa (1978), Mexico D.F.

### Gehiago sakontzeko bibliografia

### Aldizkariak

### Interneteko helbide interesgarriak

<http://www.ehu.eus/aitor/irakas/kuan/main.html>

## OHARRAK

**IRAKASGAIA**

26647 - Metodo Konputazionalak

**ECTS kredituak:** 9**IRAKASGAIAAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA**

Fisikako teoria askotan gertatzen da eredu matematikoa zehazki ezagutzen dela, adibidez ekuazio integral/diferentzial bezala espresatuta, baina existitzekotan ere, emaitza analitikoak oso baldintza sinplifikatueta bakarrik lor daitezke gehienetan. Adibidez, Navier-Stokes deribatu partzialetako ekuazioak fluidoaren mekanika "guztia" deskribatzeko gaitasuna du printzipioz, baina emaitza analitikoak oso urriak dira eta beti ere turbulentziaren jatorri diren gai ez-linealak arbuizatu direnean. Noski, geometria konplexu eta turbulentzia fenomenoak deskribatzen dituen soluzioak beharrezkoak izan daitezke kasu askotan eta horretarako Navier-Stokes ekuazioen soluzio numerikoak oso lagungarriak dira, esaterako hegazkinen aerodinamika diseinuan. Berdina esan genezake beste hainbat arlotan ere antzera geratzen da, gorputz anitzeko mekanika kuantikoa, Feynman-en mekanika kuantikoaren formulazioa, fisika estatistikoa, finantza merkatuen teoria, erradiazio garraioa fisika etb. oso luze bat.

Bestalde, era tradizional betean, horietako arlo bakoitzarentzat, ikuspegi esperimental edo teoriko bat existitzen dela esango genuke, baina Fisika Konputazionalak nolabait bien bitarteko leku bat okupatzen du. Teoria jakin baten inguruko ekuazioak zenbakizko metodoak erabiliz zuzenean -eta ahalik eta hurbilpen gutxien kontsideratuz- implementatzean, nolabait esperimentu baten aurrean gaudela esan genezake, esperimentu konputazionala, teoria eta laborategi esperimentazio artean egongo litzatekeena.

Metodo konputazionalak irakasgaiak graduiko ikasketetan Fisika Konputazional arlora lehengo hurbilketa izateko bokazioa du.

**GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK**

1. Programazioaren inguruko oinarriko kompetentziak.
2. Oinarriko zenbakizko metodoen inguruko oinarriko ezagutza.
3. Epe luzerako proiektuak aurrera eraman ahal izateko trebetasunen eta jarrera kritiko/independentearen sustapena.
4. Kalitatezko informazio/bibliografia lortzeko trebetasuna.

Ebaluazio jarraituaren helburua konputazioaren inguruko ariketa orri ezberdinekin eta kurtsoaren bigarren zatian burutu beharko den konputazio proiektu baten bidez lortuko da. Ariketen inguruko jarduerak gehienbat indibidualak izan arren, proiektu konputazionalak ikasleen arteko kolaborazioa suspertuko du, zalantzarik gabe helburu garrantzitsutzat jotzen duguna.

kurtsoko azken hilabeteari dogozkien eskola praktikoak proiektu konputazionalari bultzada bat emateko helburuarekin gordeko dira, eskoletan irakaslearen laguntza izango dutelarik horretarako.

**EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK**

Fisikan ager daitezkeen problema errealean aurrean zenbakizko kalkuluaren eta programazio lengoaien oinarriko kontzeptuen erabilpen eta ezagutza.

1. Sarrera: Programazio eta programazio lengoaien oinarriko kontzeptuak.
2. Egitaratutako programazioa goi mailako programazio lengoaian (F Fortran).
3. Oinarriko zenbakizko metodoak (numerikoak).
  - a) Zenbakizko integrazio eta deribazioa.
  - b) Funtzioen hurbilketa (Interpolazioa).
  - c) Ekuazio sistemen zenbakizko ebazpena. Minimo karratuen metodoa.
  - d) Ekuazio diferentzial arrunten zenbakizko ebazpena. Hasierako balioko eta mugako problemak
  - e) Deribatu partzialetako ekuazio diferentzialak. Elementu finituak.

f)Metodo Estokastikoak. Sasi-ausazko zenbakiak. Monte Carlo metodoa. Integralak dimentsio handietan.

## METODOLOGIA

Fisikako graduak 60 kreditu ditu eta 40 aste inguru ikastaro bakoitzerako. Konkretuki, Metodo konputazionalak irakasgaiak 9 ECTS kreditu esleituta ditu.

Irakasgaiaren izaera kontutan izanik, aplikatu ahaleko irakaskuntza modalitateak oso murrizak dira: Eskola magistralak, mintegi eta ikasgelako praktikak. Egia esan, eskola praktika eta eskola magistralen arteko bereizketa -batzuetan- birtuala da, izan ere, askotan erakustaldi praktikoa lekuan egingo dira programazio ariketa baten bidez.

Edonola ere, "Metodo konputazionalak" gai gehinebat praktikoa da, ordenagailuen praktiketari esleitutako 49 ECTS kreditu, eskola magistralei esleitutako 36 eta 5 mintegiekin lotutako kredituak kontutan izanik.

## IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	36	5			49				
Ikaslearen ikasgelaz kanpoko jardueren ord.	54	7,5			73,5				

**Legenda:** M: Maistrala S: Minteia GA: Gelako p. GL: Laborategiko p. GO: Ordenagailuko p.  
GCL: P. klinikoa TA: Tailerra TI: Tailer Ind. GCA: Landa p.

## EBALUAZIO-SISTEMAK

- Azken ebaluazioaren sistema

## KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Garatu beharreko proba idatzia % 65  
- Lanen, irakurketen... aurkezpena % 35

## OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Proiektua %35 (derrigorrezkoa)  
Azterketa(k) %65 (derrigorrezkoa)

## EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Orokorrean, azterketaren emaitzak ez-ohiko deialdiko notaren % 100 izango da. Hala ere, proiektua ohiko deialdian aurkeztu duten ikasleen ebaluzioa ohiko deialdiko ehuneko berdinarekin (%35 proiektua %65 azterketa) aplikatu ahal izango da bukaerako nota ikaslearen aldekoa gertatzen baldin bada.

Azterketak \*\* Izaera eliminatoria izango du deialdi guztietan.

## NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

## BIBLIOGRAFIA

### Oinarrizko bibliografia

(\*) R. L. Burden y J. D. Faires. Análisis Numérico. Thomson Editores.

(\*) A. L. Garcia. Numerical Methods for Physics. Prentice Hall.

(\*) W. H. Press, B. P. Flannery, S. A. Teukolsky y W.T. Vetterling. Numerical Recipes: The art of scientific computing. Cambridge University Press.

(\*) H. Gould y J. Tobochnik. An introduction to computer simulation methods, (2 vols.). Addison-Wesley.

### Gehiago sakontzeko bibliografia

### Aldizkariak



Interneteko helbide interesgarriak

OHARRAK

**IRAKASKUNTZA-GIDA**

2019/20

**Ikastegia** 310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea**Zikl.** Zehaztuqabea**Plana** GFISIC30 - Fisikako Gradua**Ikastaroa** 3. maila**IRAKASGAIA**

26634 - Optika

**ECTS kredituak:** 6**IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA**

Argiarekin lotutako fenomeno fisikoak aztertzen dituen Fisikako arloa da Optika. Besteak beste, garrantzi handia du argiaren elkarrekintzak bai ingurune optikoekin bai argiaren ibilbidea mugatzen duten oztopoekin.

Argiaren uhin-ezaugarriak eta jatorri elektromagnetikoa kontuan hartuz, oso komenigarria da alde zuretik "Mekanika eta Uhinak" eta "Elektromagnetismoa I" irakasgaiak ondo landuta edukitzea.

**GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK**

Ezaguerak eta trebetasunak lortzea honelako gai hauetan:

- Optika Geometrikoa eta tresna optikoak
- Uhin-optika: difrakzioa eta interferentziak
- Optika elektromagnetikoa: polarizatzaileak, desfasatzaileak eta ingurune anisotropoak

**EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK**

Optika

0- Sarrera

0.1 Sarrera historikoa eta gaur egungo ikuspegia.

1- Optika Geometrikoa

1.1 Optika Geometrikoaren oinarriak. Fermat-en printzipioa. Irudien eraketa.

1.2 Gaussen optika (optika paraxiala). Sistema erdiratuak. Sistema dioptriko fokalekin. Sistema erdiratuen ekoplamendua.

1.3 Argi-sorten mugatzea: irekidura eta eremua.

1.4 Begia. Tresna optikoak (argazki-kamera, teleskopioa eta mikroskopioa).

1.5 Aberrazio kromatikoak eta geometrikoak (azterketa kontzeptuala).

1.5 Zuntz optikoak.

2- Uhin-optika: eredu klasikoa

2.1 Sarrera. Uhin escalarrak.

2.2 Interferentziak. Koherentzia.

2.3 Difrakzioaren teoria eskalarra. Fresnel-en difrakzioa (Huygens eta Fresnel-en printzipioa). Fraunhofer-en difrakzioa zenbait irekiduratan.

2.4 Difrakzio-sareak. Bereizmena.

2.5 Tresna optikoen bereizmena. Fourier-en optikako metodoak.

2.6 Irudi-eraketaren difrakzio-teoria. Aplikazioak.

3- Uhin-optika: eredu elektromagnetikoa

3.1 Sarrera. Uhin elektromagnetikoak. Hedapena ingurune dispersakorretan. Fase- eta talde-abiadura.

3.2 Polarizazioa I. Jones-en bektoreak. Stokes-en parametroak. Polarizatzaileak eta desfasatzaileak.

3.3 Polarizazioa II. Argi naturala eta Partzialki polarizatua.

3.4 Errefrakzioa eta islapena dielektriko homogeen eta isotropoetan. Islapen metalikoa. Xaflak. 3.5 Hedapena ingurune anisotropoetan. Cristal uniaxikoak eta biaxikoak. Metodoak eta dispositiboak argi polarizatua sortzeko eta analizatzeko (polarizatzaile birrefringenteak eta xafla desfasatzaileak).

**METODOLOGIA**

1. Eduki teorikoen garapena

2. Ariketa praktikoen garapena eta ebazpena

3. Seminario osagarriak

## IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	36	3	21						
Ikaslearen ikasgelaz kanpoko jardueren ord.	54	4,5	31,5						

**Legenda:** M: Maistrala 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

- Garatu beharreko proba idatzia % 100

## OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Idatzizko azterketa: %100

Azterketen egutegia honako esteka honetan ikus daiteke:

<http://www.ehu.eus/eu/web/ztf-fct/horarios-examenes>

## EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Idatzizko azterketa: %100

## NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

Aipatutako oinarritzko bibliografiaren gain, ikasleak izango ditu eskura irakasgaiaren edukiak ikasgelan banatutako materialean eta eGela plataforman. Irakaskuntza-baliabide hauetan atal teorikoak zein praktikoak jorratuko dira.

## BIBLIOGRAFIA

### Oinarritzko bibliografia

- Hecht-Zajac, Óptica, Addison-Wesley 1986.
- J. Casas, Óptica, Librería Pons, Zaragoza 1994.

### Gehiago sakontzeko bibliografia

- M. Born and E. Wolf, Principles of Optics, 7th Ed. Pergamon Press 1999.

### Aldizkariak

### Interneteko helbide interesgarriak

<https://egela.ehu.es>  
<http://www.ub.edu/javaoptics/>

## OHARRAK

**IRAKASKUNTZA-GIDA**

2019/20

**Ikastegia** 310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea**Zikl.** Zehaztugabea**Plana** GFISIC30 - Fisikako Gradua**Ikastaroa** 3. maila**IRAKASGAIA**

26646 - Teknika Esperimentalak III

**ECTS kredituak:** 9**IRAKASGAIAAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA**

Egin behar diren praktiken ezaugarriak direla eta, garrantzi handia du lehenengo lauhilekoan "Optika" eta "Termodinamika eta Fisika Estatistikoa" irakasgaietan landutako kontzeptuak ondo barneratuta izateak.

**GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK**

- M03CM01: Esperimentu fisikoak modu autonomoan egitea.
- M03CM02: Emaizak kritikoki analizatu eta ondorioak ateratzea. Emaizten ziurgabetasuna ebaluatzea eta alderatzea teorikoki espero denarekin.
- M03CM03: Datuen zenbakizko tratamendua eta aurkezpen grafikoa jorratzea, eta lortutako ezagutzak, emaitzak eta ideiak idatziz zein ahoz adierazteko gai izatea.
- M03CM04: Bibliografia erabiltzea ikerkuntzarako eta proiektuen diseinurako.
- M03CM05: Oinarrizko teknika esperimentalak ezagutzea.

**EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK**

1. Termodinamikako laborategiaren sarrera

2. Laborategi praktikak

Honako praktika hauek egingo dira:

- 1 Gas idealen koefiziente adiabatikoaren neurketa.
- 2 Solidoen zabalkuntza termikoa.
- 3 Solidoen bero-ahalmen espezifikoak.
- 4 Gas errealeen azterketa termodinamikoa.
- 5 Uraren lurrin-presioa eta lurruntze beroa.
- 6 Stirling-en motorra.

3. Optikako tresneriaren sarrera:

2. Laborategi praktikak

Honako praktika hauek egingo dira:

1. Lenteen azterketa
2. Beira optikoen ezaugarriak (prisma-espektrometroa).
3. Fronte-zatiketa bidezko interferometria (Fresnel-en biprisma).
4. Uhin-zatiketa bidezko interferometria (Michelson-en interferometria).
5. Rydberg-en konstantearen neurketa (difrakzio-sarea).
6. Interferentziak xafra mehetan.
7. Argiaren polarizazioaren analisia.
8. Fraunhofer-en difrakzioa.

5. Proiektua

Laborategi-praktika baten diseinua edo garapena.

**METODOLOGIA**

1. Sarrera teorikoa eta praktiken azalpena
2. Praktikak egitea.
3. Praktika berri baten proiektuaren diseinua eta esposizioa

**IRAKASKUNTZA MOTAK**

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
<b>Ikasgelako eskola-orduak</b>		6		84					
<b>Ikaslearen ikasgelaz kanpoko jardueren ord.</b>		9		126					

**Legenda:**

M: Maistrala

S: Minteia

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**

- Praktiak (ariketak, kasuak edo buruketak) % 65
- Lanen, irakurketen... aurkezpena % 35

## **OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA**

Praktiak egitea + txostenen aurkezpena: %60-70

Proiektua + aurkezpena: %30-40

Ikasleek eskubidea izango dute azken ebaluazio honen bidez ebaluatuak izateko:

Laborategiko praktika bat egitea edo aurkeztea: %50

Test motako azterketa: %50

## **EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA**

Laborategiko praktika bat egitea edo aurkeztea: %50

Test motako azterketa: %50

## **NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK**

Optikako eta Termodinamikako irakaskuntza-laborategiak osatzen dituen tresneria

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Oinarrizko bibliografia**

Manual de Técnicas Experimentales en Termodinámica  
Santiago Velasco, José Manule Faro (Editores)  
Ediciones Universidad de Salamanca

J. Casas, Optica, Librería Pons, Zaragoza 1994.

Hecht-Zajac, Optica, Addison-Wesley 1986.

### **Gehiago sakontzeko bibliografia**

### **Aldizkariak**

### **Interneteko helbide interesgarriak**

<https://egela.ehu.eus/>

<http://www.ub.edu/javaoptics/>

## **OHARRAK**

**Ikastegia** 310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea**Zikl.** Zehaztugabea**Plana** GFISIC30 - Fisikako Gradua**Ikastaroa** 3. maila**IRAKASGAIA**

26636 - Termodinamika eta Fisika Estatistikoa

**ECTS kredituak:** 12**IRAKASGAIAAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA**

Termodinamikaren eta Fisika Estatistikoa irakasgaia da Fisikako Graduan 3.mailako halabeharrezko irakasgaia. Oinarrizko kontzeptuak izeneko Moduluan kokatuta dago graduan. Ikasturte osoko irakasgaia da eta 12 ECTS kreditu dauzka esleiturik.

Era formalean bi zatitan banatuta dago, nahiz eta kontzeptualki, bakarra den. Azalduko den moduan, ikasturtearen lehen lauhilekoan azaltzen da Termodinamika, eta Fisika Estatistikoa, bigarrenean. Bi zatien helburua berbera da: sistema fisikoen oreka-egoerak auresatea, haiekin lotutako ezaugarriak ezagututa, egoera-ekuazioen bidez, koefiziente esperimentalen bidez, oinarrizko ekuazioaren bidez, esaterako, eta hasierako baldintza esperimentalak baita ere ezagututa, neurri batean behintzat. Halere, bi zatien azterketa egiteko modua ezberdina da, ikuspegi diferentea erabiltzen baitute: Termodinamikak irizpide makroskopikoa erabiltzen du eta, aldiz, Fisika Estatistikok, irizpide mikroskopikoa. Lehenengoaren arabera, azterketari berdin dio partikulez eratuta dauden sistemak; ordea, bigarrenak, halabeharrez onartu behar du partikula osatzaileez osatuta daudela sistemak, eta kopuru handian, izan ere. Lehenengoaren ikuspuntutik, nahikoak dira kopuruan urriak diren aldagai termodinamiko bakan batzuk erabiltzea deskripzioa egiteko: presioa, tenperatura, bolumena, mol kopurua... Bigarrenaren kasuan, eta partikulen kopurua Avogadro-ren zenbakiaren ordenakoa izanik, "zenbaki handien" eragina kontuan hartu behar da eta sistemak deskribatzeko modua aldatu egin behar da erabat.

Bi zatiak ezberdintzen teknika-maila dago: Termodinamika lantzeko deribazioa eta integrazioa menderatu behar da, trebea izanik eta, gainera, oinarrizko ekuazio diferentzialak menderatu behar dira baita ere. Behin eta berriro aipatzen eta deskribatzen diren prozesuak ekuazio diferentzialen bidez adierazten dira. Egoera-ekuazioak dira oinarrizko ekuazioaren lehen deribatuak eta koefiziente esperimentalak, haien deribatuak, ekuazio diferentzialak beraz. Bestetik, Maxwell-en erlazioak dira deribatu partzialen arteko erlazioak, nahiz eta ez diren erlazio formal hutsak, magnitude fisikoen arteko erlazioak adierazten baitituzte. Aldagai bakarreko eta aldagai anitzeko kalkulua menderatu behar da, trebea izan behar da, hortaz. Ziurtatuta dago, irakasgaia landu aurretik oinarrizko tresna matematikoa garatzen baitira. Fisika Estatistikoari dagokionez, gaitasun matematikoa berezituagoa da, irakasgaia bera teknikoago bihurtuz: izan ere, aurretik aipatu ditudan horiez gain, probabilitatea, banaketak (eta haiekin lotutako kalkulua) eta integral bereziak egiten eta erabiltzen jakin behar da.

Kontzeptualki gauza berbera izanik, askotan, banaketa formal hori ez da egiten; hots, era alternatiboan erabiltzen da ikuspegi mikroskopikoa eta ikuspegi makroskopikoa. Izan ere, liburu zenbait horrela daude antolatuta: gai batean Termodinamika azaltzen da, esaterako egoera-ekuazioak, gas ideal baten egoera-ekuazioak, mekanikoa, demagun, eta, hurrengoan, Fisika Estatistikoa azaltzen da, aurrekoan azalduko egoera-ekuazioaren xehetasun mikroskopikoa. Beste zenbait kasutan, erabateko banaketa egiten da, lehenengo makroskopikoki deskribatuz irakasgaia eta, ondoren, mikroskopikoki.

Ikasketa-planaren arabera, ez dago inolako baldintzarik irakasgaian matrikula egiteko; hirugarren mailakoa izanik lehenengo mailako gutxieneko kreditu kopurua gainditua izan behar dela kenduta. Halere, nire esperientziaren arabera, Fisikaren oinarrian dagoen irakasgaia da, azaltzen diren kontzeptuei dagokienez eta daukan aplikazio-hedadudaren arabera baita ere. Beraz, oso komenigarria da oinarrizkoak diren aurreko bi mailako irakasgaiak gaindituta izatea. Izan ere, eta nahiz eta Fisikako Graduan 2. mailan dagoen irakasgai bat Fisika Modernoa izan, eta horretan, Fisika Koantikoarekin lotutako zenbait kontzeptu ageri, ez direnez sakontasunean azaltzen eta lantzen, eta 3. mailan irakasten denez Fisika Koantikoa, Fisika Estatistikoarekin aldeberean, zailtasunak ager daitezke, eta izan ere, agertzen dira. Hauxe izan da, besteak beste, banaketa formalari segitzeko arrazoietakoa beste bat: modu honetan, ikasleek aukera dute lehen lauhilekoan, Termodinamika makroskopikoki azaltzen den bitartean, Fisika Koantikoaren oinarriei jabetzeko. Eta modu horretan, bigarren lauhilekoan, Fisika Estatistikoa azaltzeko beharrezkoak diren kontzeptu koantikoak (hamiltondarraren balio propioak, energiaren balioak ia-ia edozer eraikitzaileko beharrezkoak direnak, endekapena eta abar) erabili ahal izango dituzte. Aurreko ikasketa-plananarekin alderatuta aldaketa handia gertatu da. Gaur egun irakasgai bakarra osatzen duten lehen bi irakasgai (bi maila ezberdinetan, gainera) ziren horietan. Termodinamika ikasturte erdikoa zen, nahiz eta "luzapen" batekin osatua zegoen e

**GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK**

Termodinamikaren eta Fisika Estatistikoaren oinarrizko kontzeptuak eta haien aplikazioak zehazki ulertzeko beharrezkoak diren ezagumenduez jabetzea.

Termodinamika eta Fisika Estatistikoaren oinarrizko kontzeptuak darabiltzan ariketak ondo planteatzea eta ondo ebaztea.

Moduluko irakasgaiekin lotutako gaiez dokumentatzea eta era ordenatuan planteatzea ezagumenduak oinarritzeko edo

handitzeko eta garrantziduna eta garrantzigabekoa bereizteko.

Termodinamikaren eta Fisika Estatistikoaren problemak eta kuestioak idatziz eta ahoz aurkeztea, komunikazio zientifikoaren gaitasunak garatzeko.

## EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

### TERMODINAMIKA ETA FISIKA ESTATISTIKOA

#### 1. Sarrera

Kontzeptuak eta definizioak: sistema termodinamikoak, aldagai termodinamikoak, elkarrekintzak, prozesuak, oreka.

#### 2. Zero Printzipioa (Tenperatura)

Oreka termikoa. Termodinamikaren Zero Printzipioa. Tenperatura. Tenperatura-escala, tenperaturaren neurketa. (Tenperatura, mikroskopikoki.)

#### 3. Sistema bakuna

Sistema simple. Equilibrio termodinámico. Ecuación de estado.

#### 4. Lehen Printzipioa (Barne-energia)

Lana: kontzeptua, lan mekanikoa, sistema konposatuak.

Beroa: sistema/ingurunea, beroaren definizio kalorimentrikoa, lan adiabatikoa, barne-energia.

Termodinamikaren Lehen Printzipioa.

Bero-ahalmenak. Bero-iturriak. (Lana, mikroskopikoki.)

#### 5. Gas ideala

Virialaren garapena: egoera-ekuazioa. Zabaltze askea. Gas ideala. Prozesu adiabatikoak. Prozesu politropikoak. (Gas ideala, mikroskopikoki.)

#### 6. Bigarren Printzipioa (Entropia)

Izadiko asimetria. Bigarren Printzipioaren enuntziatuak. Itzulgarritasuna/Itzulezintasuna. Bigarren Printzipioaren ondorioak. Clausius-en Teorema. Entropia emendioaren printzipioa. Lan maximoa/minimoa. Energia erabilgarria. (Entropia, mikroskopikoki.)

#### 7. Sistema bereziak

Sistema elektrikoa. Sistema magnetikoa. Sistema elastikoa. Sistema orokorra: X, Y. Egoera-ekuazioak, lana, entropia-aldaketaren kalkulua.

#### 8. Hirugarren printzipioa (Hozketa-prozesuak)

Hozketa-prozesuak. Hirugarren Printzipioaren enuntziatuak. Hirugarren Printzipioaren ondorio fisikokimikoak. Sistema magnetikoa. Tenperatura negatiboak.

#### 9. Oinarrizko ekuazioa (Potenzial Termodinamikoak)

Termodinamikaren postulatuak. Oinarrizko ekuazioa, egoera-ekuazioak, printzipio estremalak, aukerako formulazioak: potenzial termodinamikoak, Maxwell-en erlazioak.

#### 10. Teoriaren aplikazioa (Fase-trantsizioak)

Egonkortasunerako baldintzak. Le'Chatellier-en Printzipioa. Le'Chatellier/Braun-en Printzipioa. Lehen ordenako trantsizioak: van der Waals-en jariakina.

### FISIKA ESTATISTIKOA

#### 11. Oinarrizko kontzeptuak

Sarrera. Mikroegoerak eta makroegoerak. Termodinamika eta Mekanika Estatistikoaren arteko lotura. Probabilitateak. Sistema fisikoen adibideak: gas ideal monoatomikoa, sistema paramagnetiko perfektua, bi mailako sistema. Faseen espazioa. Liouville-ren Teorema.

#### 12. Gibbs-en multzoak. Multzo mikrokanonikoa

Sarrera. Multzo mikrokanonikoa. Multzo mikrokanonikoa erabiliz egindako kalkuluak. Ekipartizio-aren eta Virial-aren Teoremak. Multzo mikrokanonikoaren aplikazioaren adibideak.

#### 13. Gibbs-en multzoak. Multzo kanonikoa

Sarrera. Partizio-funtzioa. Termodinamikarekiko lotura. Fluktuazioak. Adibideak: gas ideal klasikoa, oszilatzailez osatutako sistema klasikoak eta kuantikoak, paramagnetismo perfektua. Multzo kanonikoaren formulazio kuantikoa: dentsitate-matrizea.

#### 14. Gibbs-en multzoak. Multzo makrokanonikoa

Sarrera. Partizio-funtzioa. Termodinamikarekiko lotura. Fluktuazioak. Adibideak: gas ideal klasikoa, gainazal batean xurgatutako molekulak.

#### 15. Gas idealen estatistika kuantikoak

Sarrera. Partizio-funtzioa. Termodinamikarekiko lotura. Fluktuazioak. Adibideak: bosoien gasa, radiazioa, Bose-ren kondentsazioa, superjariakinak. Fermiren gasa: metalak, ipotx zuriak.

#### 16. Elkarrekintzadun sistemak

Gas errealak. Virial-aren garapena. Batez besteko eremuaren hurbilketa. Ferromagnetismoa. Likidoetako banaketa-funtzioak.

#### 17. Fase-trantsizioak

Oinarrizko kontzeptuak: ordena-parametroa, suszeptibilitatea eta fluktuazioak. Ising-en eredua. Monte Carlo metodoa.

#### 18. Garraioa-fenomenoak

Oinarrizko teoria. Boltzmann-en ekuazioa. Erlajazio-denboraren hurbilketa.

## METODOLOGIA

## IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	72	6	42						
Ikaslearen ikasgelaz kanpoko jardueren ord.	108	9	63						

#### Legenda:

M: Maistrala

S: Minteia

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

- Garatu beharreko proba idatzia % 100

## OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Lehenengo Partzialean Termodinamika azaltzen da, lehenengo zatia.

Bigarren Partzialean Fisika Estatistikoa azaltzen da, bigarren zatia.

Lehenengo Partzialeko azterketaren notarako pisua %50 da.

Bigarren Partzialeko azterketaren notarako pisua %50 da.

Azterketei eta notei dagokienez:



1-Azterketaren OHIKO deialdian, maiatzean, bi zatiak gainditu behar dira.

2-Partzialka gainditu daiteke irakasgaia.

Lehenengo zatia gainditzeko duenak, ohiko deialdian bigarrena baino ez du egin behar izango.

3-Uztaileko azterketa BEREZlan, EZ-OHIKOan, dena, bi zatiak, egin behar dira, nahiz eta aurretik horietako bat gaindituta izan.

Esaterako: lehen zatia gaituta dago, bigarrena ez. Ohikoan ez da bigarrena gainditzeko; orduan, ez-ohikoan bi zatiak egin behar dira.

4-Azkenik, Ohikoan eta ez-ohikoan dena egin behar denean, zati bakoitzean gutxienez 5 behar da gainditzeko.

5-Lauhileko bakoitzaren hasieran irakasleak proposatuko du zertan datzan Ebaluazio jarraitua

#### **EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA**

Ikusi aurreko atala

#### **NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK**

#### **BIBLIOGRAFIA**

##### **Oinarrizko bibliografia**

Termodinamika: lehen zatia:

Calor y Termodinámica, M.W. Zemansky y R. H. Dittman, 6 edición, agotada no disponible

Gaiak: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics, H.B. Callen, 2nd Edition, ISBN-13: 978-0471862567

Gaiak: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11

Estatistika: bigarren zatia:

Statistical Mechanics, R.K. Pathria, , Pergamon Press, 1996

Gaiak: 1, 2, 3, 4, 6, 7 (zati bat) eta 8 (zati bat)

Thermal Physics, C. Kittel and H. Kroemer, ISBN: 978-0716710882, Second Edition

Gaiak: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Concepts in Thermal Physics, STEPHEN J. BLUNDELL AND KATHERINE M. BLUNDELL, Oxford University Press, ISBN-13: 0&#8211;19&#8211;856769&#8211;3 978&#8211;19&#8211;856769&#8211;1

Gaiak: 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

##### **Gehiago sakontzeko bibliografia**

D.A. McQuarrie, Statistical Mechanics, Harper and Row, 1976

F. Reif, Física Estadística y Térmica, Ediciones del Castillo, 1968

F. Reif, Física Estadística, Reverte, 1996

##### **Aldizkariak**

##### **Interneteko helbide interesgarriak**

#### **OHARRAK**