

**FITXA IDENTIFICATIVA****Dades de l'Assignatura**

|                      |                                |
|----------------------|--------------------------------|
| <b>Codi</b>          | 34264                          |
| <b>Nom</b>           | Física nuclear i de partícules |
| <b>Cicle</b>         | Grau                           |
| <b>Crèdits ECTS</b>  | 7.5                            |
| <b>Curs acadèmic</b> | 2022 - 2023                    |

**Titulació/titulacions**

| <b>Titulació</b>      | <b>Centre</b>      | <b>Curs</b> | <b>Període</b>      |
|-----------------------|--------------------|-------------|---------------------|
| 1105 - Grau en Física | Facultat de Física | 4           | Primer quadrimestre |

**Matèries**

| <b>Titulació</b>      | <b>Matèria</b>           | <b>Caràcter</b> |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 1105 - Grau en Física | 15 - Ampliació de Física | Obligatòria     |

**Coordinació**

| <b>Nom</b>               | <b>Departament</b>                        |
|--------------------------|-------------------------------------------|
| DIAZ MEDINA, JOSE        | 180 - Física Atòmica, Molecular i Nuclear |
| MARTINEZ VIDAL, FERNANDO | 180 - Física Atòmica, Molecular i Nuclear |

**RESUM**

La Física Nuclear i de Partícules és una assignatura de caràcter obligatori que s'imparteix en el primer quadrimestre de quart curs dels estudis de Grau en Física. Consta d'un total de 7.5 crèdits ECTS, dels quals 4.5 són teòrics, 1.5 teòric-pràctics (resolució de problemes), i 1.5 de laboratori. Aquesta assignatura forma part de la matèria Ampliació de Física, i permetrà al graduat/da adquirir coneixements bàsics sobre l'estructura de la matèria i les seues propietats.

La Física Nuclear és la disciplina científica que estudia els nuclis atòmics, les seves propietats i les forces que actuen entre els seus constituents (protons i neutrons, denominats genèricament nucleons). Avui sabem que els nucleons al seu torn estan constituïts per sistemes físics àdhuc més fonamentals anomenats quarks, els quals no posseïxen estructura i són, així mateix, els constituents del que denominem partícules elementals. La Física de Partícules té per objecte l'estudi dels constituents de la matèria a la seva escala més fonamental, entendre els patrons de la "taula" de partícules elementals i quines són les propietats i lleis que regeixen les seves interaccions. Tant la Física Nuclear com la Física de Partícules tenen un caràcter de ciència fonamental, però avui dia les seves aplicacions són innumbrables tant en l'àmbit científic com en l'industrial, mèdic, etc. Per tant, un plantejament modern de l'assignatura requereix una presentació tant dels seus aspectes bàsics com aplicats.



Els aspectes generals en els quals radica la importància d'aquesta disciplina i que s'han considerat per a definir els continguts, orientació i plantejament de l'assignatura són els següents:

- La comprensió de l'estructura fonamental de la matèria i de les seves interaccions ha estat i segueix sent un dels majors reptes intel·lectuals i tecnològics de l'home des de finals del segle XIX. A més, l'estudi nuclear i subnuclear de la matèria ha estat decisiu en l'evolució de la Física.
- La Física Nuclear i de Partícules està relacionada amb una gran varietat d'altres àrees d'investigació de gran rellevància en l'actualitat, tals com l'Astrofísica Nuclear, les Astropartícules, Física de l'Estat Sòlid, Nanotecnologia, Computació Quàntica, etc.
- Les necessitats tècniques associades al desenvolupament d'aquesta disciplina han donat lloc a un elevat nombre d'aplicacions tecnològiques que han repercutit directament en la millora de la nostra qualitat de vida. Entre elles podríem citar els acceleradors, la medicina nuclear (tant per a diagnòstic com teràpia), fonts d'energia, aplicacions industrials de tot tipus, informàtica i telecomunicacions, protecció del medi ambient, etc.

## CONEXEMENTS PREVIS

### Relació amb altres assignatures de la mateixa titulació

No heu especificat les restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis.

### Altres tipus de requisits

Es requereix un bon coneixement de matèries bàsiques estudiades en cursos previs, especialment Física Quàntica i Electromagnetisme. Es recomana cursar aquesta matèria juntament amb Mecànica Quàntica, Electrodinàmica Clàssica i Física de l'Estat Sòlid. Assignatures complementàries són Física Atòmica i de les Radiacions, Instrumentació Nuclear, Mecànica Quàntica Avançada i Teoria Quàntica de Camps. Física de Semiconductors i Electrònica constitueixen també un bon complement dels aspectes instrumentals.

## COMPETÈNCIES

### 1105 - Grau en Física

- Posseir i comprendre els fonaments de la física en els aspectes teòrics i experimentals, així com el bagatge matemàtic necessari per a la seua formulació.
- Saber aplicar els coneixements adquirits a l'activitat professional, saber resoldre problemes i elaborar i defensar arguments, recolzant-se en els dits coneixements.
- Resolució de problemes: ser capaç d'avaluar clarament els ordres de magnitud, de desenvolupar una percepció de les situacions que són físicament diferents però que mostren analogies, per permetre, doncs, l'ús de solucions conegudes a problemes nous.



- Comprensió teòrica de fenòmens físics: tenir una bona comprensió de les teories físiques més importants (estructura lògica i matemàtica, suport experimental, fenòmens físics descrits).
- Modelització i resolució de problemes: ser capaç d'identificar els elements essencials d'un procés/situació i d'establir-ne un model de treball. Ser capaç de realitzar les aproximacions requerides amb l'objecte de reduir un problema fins a un nivell manejable. Pensament crític per construir models físics.
- Cultura general en física: haver-se familiaritzat amb les àrees més importants de la física i amb enfocaments que compreguen i relacionen diferents àrees de la física, així com relacions de la física amb altres ciències.
- Investigació bàsica i aplicada: adquirir una comprensió de la naturalesa de la investigació física, de les formes en què es du a terme, i de com la investigació en física és aplicable a molts camps diferents, per exemple l'enginyeria; habilitat per dissenyar procediments experimentals i/o teòrics per: (i) resoldre els problemes corrents en la investigació acadèmica o industrial; (ii) millorar els resultats existents.
- Destreses generals i específiques en llengües estrangeres: haver millorat el domini de l'anglès (o d'una altra llengua estrangera d'interès) mitjançant: accés a bibliografia fonamental, comunicació oral i escrita (anglès científicotècnic), cursos, estudis a l'estranger, reconeixement de crèdits en universitats estrangeres etc.
- Cerca de bibliografia: ser capaç de buscar i utilitzar bibliografia en física i altra bibliografia tècnica, així com qualsevol font d'informació rellevant per a treballs d'investigació i desenvolupament tècnic de projectes.
- Capacitat d'aprenentatge: ser capaç d'iniciar-se en nous camps de la física i de la ciència i la tecnologia en general, a través de l'estudi independent.
- Comunicació oral i escrita: ser capaç de transmetre informació, idees, problemes i solucions mitjançant l'argumentació i el raonament propis de l'activitat científica, utilitzant els conceptes i les eines bàsiques de la física.
- Que els estudiants hagen demostrat posseir i comprendre coneixements en una àrea d'estudi que parteix de la base de l'educació secundària general, i se sol trobar a un nivell que, si bé descansa en llibres de text avançats, inclou també alguns aspectes que impliquen coneixements procedents de l'avantguarda del seu camp d'estudi.
- Que els estudiants sàpien aplicar els seus coneixements al seu treball o vocació d'una forma professional i posseïsquen les competències que solen demostrar-se per mitjà de l'elaboració i defensa d'arguments i la resolució de problemes dins de la seua àrea d'estudi.
- Que els estudiants tinguen la capacitat d'arreglar i interpretar dades rellevants (normalment dins de la seua àrea d'estudi) per emetre judicis que incloguen una reflexió sobre temes rellevants d'índole social, científica o ètica.
- Que els estudiants puguin transmetre informació, idees, problemes i solucions a un públic tant especialitzat com no especialitzat.



- Que els estudiants hagen desenvolupat aquelles habilitats d'aprenentatge necessàries per a emprendre estudis posteriors amb un alt grau d'autonomia.

## RESULTATS DE L'APRENTATGE

- Conèixer quins són els constituents últims de la matèria així com les característiques de les seues interaccions i les lleis de conservació associades.
- Entendre la constitució del nucli atòmic i les seues propietats bàsiques: energies de lligam, grandàries i formes, maneres de desintegració, propietats electromagnètiques, etc.
- Conèixer algunes de les principals aplicacions científiques, mèdiques, energètiques, industrials, medi ambient, etc. de la disciplina.
- Adquirir una perspectiva històrica del desenvolupament de la disciplina des de finals del segle XIX, com instrument perquè l'alumne conega com el mètode científic funciona i dona lloc a nous coneixements a partir de la complexa relació entre teoria, experiment i tecnologia.
- Conèixer alguns dels dispositius i tècniques experimentals de la Física Nuclear i de Partícules que han permès (i permeten) acumular tota la informació necessària per a identificar, caracteritzar, modelar, etc.
- Iniciació al maneig de detectors bàsics de radiació ionitzant, fonts radioactives encapsulades i aplicació de normes bàsiques de protecció radiològica.
- Desenvolupament de la capacitat de treball sistemàtic i ordenat de laboratori, d'elaboració d'informes científics, i de defensa oral dels mateixos.

## DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

### 1. Teoria

1. Objectius, limitacions i mètodes de la Física Nuclear i de Partícules.
2. Fonts de radiació: acceleradors de partícules, raigs còsmics i fonts radioactives.
3. Interacció de la radiació amb la matèria.
4. Generalitats dels detectors de partícules.
5. Interaccions, cinemàtica, espai de fases. Processos de desintegració. Desintegració alfa, beta i gamma. Observables.
6. La interacció nucleó-nucleó. Espín, isospín i paritat. Hadrons: barions, mesons i ressonàncies.
7. Grandàries, formes i moments nuclears.
8. Energies d'enllaç nuclears. Fórmula semiempírica de masses. Estabilitat nuclear.
9. Models nuclears: de capes i col·lectius. Desintegració alfa. Fissió.
10. Fenomenologia de partícules: interaccions, classificació, lleis de conservació i estructura. Estranyesa. Model quark d'hadrons.
11. Simetries: P, C, CP, T, CPT. Oscil·lacions de sabor. Isospín.
12. Electrodinàmica quàntica. Diagrames de Feynman.
13. Interaccions febles. Model de Fermi. Ruptura de P i interacció V-A. Mescla de Cabibbo.
14. Model electrodèbil estàndard. Mecanismes GIM i KM. Ruptura de CP. Mecanisme de Higgs.
15. Interaccions fortes. Cromodinàmica quàntica.
16. Neutrins.
17. Astrofísica Nuclear i de Partícules. L'Univers primitiu.





18. Aplicacions de la Física Nuclear i de Partícules a la medicina, l'energia i altres camps.

## 2. Laboratori

1. Introducció als detectors de partícules del laboratori i al tractament de dades.
2. Experiment 1: corba plateau i estadística de recompte amb un detector Geiger-Müller, espectre beta i plot de Kurie utilitzant un espectròmetre magnètic, temps de resolució.
3. Experiment 2: espectroscòpia gamma amb un detector de NaI(Tl), estudi de la dispersió de fotons, atenuació de fotons en plom, vida mitjana d'un estat nuclear.
4. Experiment 3: observació directa de partícules amb una cambra de boira de difusió, concentració de radó atmosfèric, desintegració en vol de muons còsmics.

## VOLUM DE TREBALL

| ACTIVITAT                                       | Hores         | % Presencial |
|-------------------------------------------------|---------------|--------------|
| Classes de teoria                               | 60,00         | 100          |
| Pràctiques en laboratori                        | 15,00         | 100          |
| Elaboració de treballs individuals              | 47,50         | 0            |
| Preparació d'activitats d'avaluació             | 20,00         | 0            |
| Preparació de classes de teoria                 | 30,00         | 0            |
| Preparació de classes pràctiques i de problemes | 15,00         | 0            |
| <b>TOTAL</b>                                    | <b>187,50</b> |              |

## METODOLOGIA DOCENT

L'assignatura té tres parts amb una metodologia bé diferenciada:

**Classes de teoria.** Seran tres classes setmanals durant el període lectiu, en general de caràcter magistral i en elles s'exposaran els continguts de l'assignatura. Es farà especial èmfasi en la compressió del contingut físic del concepte (més que en el seu formalisme), la connexió dels conceptes introduïts amb altres previs (siguen de la mateixa o altres assignatures), així com amb les seues implicacions sobre experiments i/o models teòrics i en les seues aplicacions pràctiques. En la mesura del possible, el professor/a intentarà fomentar la participació dels/les alumnes, bé a través de preguntes directes o retòriques, tant conceptuals com pràctiques, que els/les alumnes han d'avaluar per si mateixos i contestar de manera oberta i fluida en la classe. S'evitaran demostracions formals llargues, i en aquelles que es realitzen s'indicaran els passos principals perquè l'alumne/a siga capaç de reproduir-les com part del seu treball individual. L'ús de presentacions electròniques és especialment apropiat per a bona part de les exposicions, donat el seu elevat contingut de gràfics presentant resultats experimentals i/o comparances amb la teoria, diagrames, esquemes, taules, fotografies de dispositius experimentals i aplicacions pràctiques, i tot tipus de material visual que permeta a l'alumne/a relacionar els continguts amb les seues aplicacions. Aquestes presentacions poden ser utilitzades com apunts del professor/a, però de cap manera el treball individual de l'alumne/a ha de restringir-se a elles. L'ús de la bibliografia resulta fonamental per a comprendre els continguts i arribar a els objectius de l'assignatura. El professor/a oferirà aquest material als/les alumnes a través de la plataforma d'Aula Virtual amb antelació a l'inici de cada tema.



**Classes pràctiques.** En la classe pràctica setmanal es resoldran problemes (exercicis) de cada tema de l'assignatura. El professor/a entregarà prèviament la col·lecció de problemes directament o a través de la plataforma d'Aula Virtual. Els problemes plantejats en la col·lecció seran de dos tipus: a) resolts en classe, que en general seran de referència (tipus), i que es treballaran fonamentalment en pissarra pel professor/a amb la participació dels estudiants/es; b) proposats, que seran resolts pels estudiants/es com a part del seu treball individual i d'avaluació. Amb aquesta estructura es pretén que les classes pràctiques servisquen com a il·lustració de tècniques i procediments presentats en les classes teòriques, contribuint a l'aprenentatge per mitjà de la realització d'exercicis tipus i problemes que, en la mesura que siga possible, facen referència a situacions pràctiques reals. El desenvolupament de les classes de problemes seguirà estretament el de les classes de teoria, evitant desfasaments temporals i assegurant que es disposa dels continguts teòrics mínims necessaris.

**Classes de laboratori.** El laboratori és la millor eina docent per a complementar els continguts de l'assignatura discutits en les classes teòric-pràctiques. Les classes de laboratori van orientades a il·lustrar els continguts de les classes teòric-pràctiques, familiaritzar als/les alumnes amb equips i tècniques de mesura, instruir en el mètode científic, ensenyar i potenciar la capacitat d'anàlisi de les dades experimentals, i de síntesis, interpretació i avaluació crítica dels mateixos. Aquestes classes constaran de 5 sessions de 3 hores cadascuna. L'assistència a aquestes sessions és obligatòria i condició necessària per a superar l'assignatura. Els guions de pràctiques seran proporcionats als estudiants/es abans de l'inici de les mateixes a través de la plataforma d'Aula Virtual, amb la finalitat de que l'alumne/a acudisca al laboratori havent llegit atentament el guió de la pràctica que haurà de realitzar en aqueixa sessió. Les pràctiques es realitzaran per grups de dos alumnes. Al principi de la sessió, el professor/a supervisarà la comprensió d'aquest guió i orientarà a les parelles sobre aquells aspectes conceptuals o tècnics necessaris per a realitzar correctament el muntatge i adquisició de dades. Cada alumne/a haurà de tenir un quadern de laboratori (electrònic o llibreta) en el qual haurien de reflectir-se els aspectes més rellevants (dades, càlculs, observacions, etc.) sobre l'execució de la pràctica.

## AVALUACIÓ

Els sistemes d'avaluació són els següents:

- 1) Examen escrit: una part avaluarà la comprensió dels aspectes teòric-conceptuals de l'assignatura a través de qüestions conceptuals/numèriques i casos particulars senzills. Una altra part valorarà la capacitat d'aplicació dels conceptes mitjançant la resolució d'exercicis. La correcta argumentació i una adequada justificació són fonamentals.
- 2) Avaluació contínua: valoració de treballs i problemes presentats pels estudiants/es, qüestions proposades i discutides en l'aula, presentació oral de problemes resolts o qualsevol altre mètode que supose una interacció estudiant-professor/a. Així mateix, es valorarà l'assistència i participació activa en classe com a element fonamental d'aquesta interacció.
- 3) Avaluació del laboratori: es realitzarà una avaluació continua basada en el seguiment presencial i els informes de les pràctiques realitzades en les quals es reflectiran els aspectes fonamentals de l'experiment realitzat, l'anàlisi de les dades i una breu discussió crítica dels resultats.



El pes de cadascun dels apartats anteriors serà de 50, 20 i 30 sobre 100, respectivament. Per a poder compensar entre els diferents apartats i superar l'assignatura serà necessari obtenir una nota mínima de 4 sobre 10 en els apartats 1) i 3).

## REFERÈNCIES

### Bàsiques

- A. Ferrer, Física Nuclear y de Partículas, PUV, 2015 (3a ed).
- E. M. Henley, A. García, Subatomic Physics, World Scientific, 2007 (3rd ed). Solutions manual, 2008 (3rd ed).
- K. S. Krane, Introductory Nuclear Physics, Wiley, 1987.
- A. Bettini, Introduction to Elementary Particle Physics, Cambridge University Press, 2014 (2nd ed) & 2008 (1st ed).

### Complementàries

- W.S.C. Williams, Nuclear and Particle Physics, Oxford University Press, 1991. Solutions Manual for Nuclear and Particle Physics, 1994.
- D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, Wiley, 2008 (2nd ed), 1987 (1st ed).
- J. Lilley, Nuclear Physics. Principles and Applications, John Wiley & Sons, 2001.
- B. R. Martin, G. Shaw, Particle Physics, Wiley, 2017 (4th ed).
- W.M. Gibson, B.R. Pollard, Symmetry principles in elementary particle physics, Cambridge University Press, 1976.
- Y. Lim, Problems and solutions on Atomic, Nuclear and Particle Physics, World Scientific, 2007.
- G.F. Knoll, Radiation detection and measurements, Wiley, 2010 (4th ed).