

FÍSICA ATÓMICA Y NUCLEAR

Curso 2016/2017

(Código: 21153155)

1. PRESENTACIÓN

Desde el descubrimiento de los rayos X hasta nuestros días el uso de las radiaciones ionizantes en medicina ha experimentado un gran desarrollo, tanto en diagnóstico como en terapia. No se puede entender la medicina actual sin la aplicación de técnicas asociadas a las radiaciones.

La base físicas de la emisión de las radiaciones ionizantes se encuentran dentro de los campos de la Física Atómica y la Física Nuclear, por lo que en un máster de Física Médica es necesario incluir una asignatura donde se expliquen los conceptos básicos de estas áreas de la Física, para que posteriormente se puedan entender el desarrollo de las técnicas asociadas a las radiaciones ionizantes.

La asignatura se divide en dos partes, la primera dedicada a la Física Atómica y la segunda a la Física Nuclear.

2. CONTEXTUALIZACIÓN

Esta asignatura forma parte del grupo de asignaturas de nivelación para estudiantes con titulación previa en el área de la sanidad y otros profesionales con perfiles de entrada al máster diferentes del de titulaciones de Física.

Es necesaria, ya que ayuda a la posterior comprensión de distintos procesos de diagnóstico y terapia cuya base es el uso de radiaciones de origen atómico y nuclear, como pueden ser los rayos X o el uso de isótopos radiactivos.

3. REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Para abordar la asignatura con garantías de éxito son precisos los conocimientos básicos de Matemáticas y de Física que hayan podido ser adquiridos en asignaturas cursadas en titulaciones previas o en el máster previamente.

De Matemáticas:

- Álgebra vectorial: suma de vectores, producto escalar y vectorial
- Funciones trigonométricas
- Concepto de derivada y manejo de derivadas sencillas
- Concepto de integral e integración de funciones inmediatas
- Resolución de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden sencillas

De Física:

- Unidades del SI. Cambio de unidades y empleo de notación científica
- Conceptos de Cinemática: velocidad



- Conceptos de Dinámica: fuerza, momento lineal, momento angular, energía cinética y energía potencial
- Conceptos básicos de física cuántica: Número cuántico, fotón

4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

1. Conocer los órdenes de magnitud de las dimensiones, de las cargas eléctricas y de las masas de los átomos.
2. Conocer e interpretar los experimentos que condujeron al establecimiento de los modelos atómicos.
3. Conocer los espectros atómicos en el dominio visible y entender el concepto de transición entre niveles atómicos.
4. Entender la necesidad de introducir la Mecánica Cuántica para poder explicar las propiedades del átomo.
5. Justificar la ecuación de Schrödinger y conocer algunos casos simples de su utilización.
6. Saber aplicar la ecuación de Schrödinger al estudio del átomo de hidrógeno en sus aspectos más fundamentales.
7. Entender el concepto de espín electrónico y cómo interviene en la estructura fina de los niveles energéticos del átomo.
8. Comprender la ordenación del sistema periódico de los elementos.
9. Conocer los órdenes de magnitud de las energías y de las frecuencias electromagnéticas involucradas en los espectros ópticos y de rayos X.
10. Entender los modelos moleculares simples y el enlace químico.
11. Conocer las unidades de masa y energía propias de la Física Nuclear.
12. Entender los principales conceptos de masa, carga y radio nuclear.
13. Conocer y entender los conceptos de exceso de masa, energía de enlace de un núcleo.
14. Comprender la necesidad de la presencia de fuerzas nucleares para explicar la existencia de los núcleos.
15. Conocer los conceptos de radiactividad, núcleo radiactivo, proceso radiactivo.
16. Entender las hipótesis fundamentales de las desintegraciones radiactivas, conocer las diferentes magnitudes que caracterizan la evolución temporal de las sustancias radiactivas y las unidades más comunes en las que se expresan. Relacionarlas.
17. Entender y saber dibujar los esquemas de desintegración.
18. Comprender el proceso de emisión alfa y utilizar el estudio cinemática para interpretar sus principales características.
19. Conocer los tres tipos diferentes de desintegración beta y poder realizar sus balances energéticos.
20. Entender el proceso de desexcitación de un núcleo en un estado excitado.
21. Aprender las principales características de una reacción nuclear y la aplicabilidad de las leyes de conservación de las reacciones nucleares.
22. Obtener la energía de las partículas participantes en una reacción nuclear.
23. Familiarizarse con los constituyentes básicos de la materia en la escala de las partículas fundamentales y las cuatro interacciones fundamentales.

5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Tema 1. La ecuación de Schrödinger en casos sencillos

Introducción general al tema

En este tema se hace una introducción a la Mecánica Cuántica, que es la herramienta teórica que la Física ha creado para interpretar las propiedades del mundo microscópico. Se hace una justificación de la ecuación de Schrödinger y se aplica a unos pocos casos sencillos y paradigmáticos.

Esquema

- La ecuación de Schrödinger y su justificación. Probabilidades y normalización.
- Probabilidad y normalización.
- La partícula libre y en los pozos de potencial de una y dos dimensiones.
- El oscilador armónico.

Este tema se puede preparar con el capítulo 5 del libro de referencia estudiándolo desde el principio hasta el apartado 5.5 inclusive.



Tema 2. El modelo cuántico de los átomos hidrogenoides

Introducción general al tema

En este tema se presentan las principales propiedades del átomo y la herramienta teórica (Mecánica Cuántica) que la Física ha creado para interpretarlas. Se inicia el tema con algunas precisiones sobre el tamaño, la masa y la carga de las partículas que lo constituyen, haciendo énfasis en su estabilidad como sistema aislado y mostrando diversos experimentos a partir de los cuales se ha podido conocer su estructura. Se termina el tema con la aplicación de la Mecánica Cuántica a la interpretación de las propiedades más importantes del átomo de hidrógeno, en particular a la existencia de momentos angulares orbitales y niveles energéticos cuantificados.

Esquema

- Propiedades básicas de los átomos.
- Relación carga/masa del electrón. El modelo de Thomson.
- Desviación de partículas alfa por los átomos. El modelo de Rutherford.
- Líneas espectrales. El modelo de Bohr. Niveles atómicos cuantificados.
- Confirmación de la existencia de niveles cuantificados: el experimento de Franck-Hertz.
- La ecuación de Schrödinger y su justificación. Aplicación al átomo de Hidrógeno. Números cuánticos. Orbitales atómicos.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema se puede preparar estudiando primeramente el capítulo 6 del libro de referencia y finalizando en el capítulo 7 en el párrafo 7.4 (incluido).

Tema 3 La estructura fina de los niveles atómicos

Introducción general al tema

Una vez establecido el modelo del átomo de manera general, se estudian más detalladamente los números cuánticos que surgen de la interpretación teórica. Se añade a ellos el espín electrónico como un número cuántico nuevo que no tiene equivalencia clásica. Esto permite interpretar el desdoblamiento de niveles en el seno de un campo magnético externo al átomo y analizar la influencia del espín electrónico sobre ellos.

Esquema

- Números cuánticos y notación espectroscópica.
- El átomo en un campo magnético externo: experimento de Stern y Gerlach. Descubrimiento del espín del electrón. El magnetón de Bohr.
- Efecto Zeeman normal. Desdoblamiento de niveles atómicos.
- Influencia del espín electrónico. Efecto Zeeman anómalo: Estructura fina.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema se estudia en el capítulo 7 del libro de referencia desde el párrafo 7.5 (incluido) hasta el final.

Tema 4. Átomos con varios electrones

Introducción general al tema

Conocida la existencia del espín electrónico se estudia lo que sucede cuando en un átomo hay varios electrones,



introduciendo el principio cuántico de exclusión de Pauli, que permite establecer la configuración electrónica de los distintos niveles energéticos que se pueden dar en un átomo y desarrollar el modelo de capas y subcapas sobre dichos niveles.

Esquema

- Los cuatro números cuánticos y el principio de exclusión de Pauli.
- Estados electrónicos en átomos de varios electrones.
- El modelo de capas.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema se puede estudiar en los párrafos 8.1 y 8,2 del capítulo 8 del libro de referencia.

Tema 5. El sistema periódico de los elementos

Introducción general al tema

Establecido el modelo de capas del átomo se pueden proporcionar una serie de reglas para construir el sistema periódico de los elementos químicos, agrupándolos con arreglo a la distribución electrónica de sus niveles. Esto permite interpretar algunas de sus propiedades físicas y químicas.

Esquema

- Reglas para construir la tabla periódica de los elementos químicos.
- Configuración electrónica de los elementos.
- Las propiedades de los elementos químicos y la teoría atómica: radio atómico, energía de ionización, resistividad eléctrica, susceptibilidad magnética,...
- Grupos de elementos de la tabla periódica y sus propiedades.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Esto se puede estudiar en los párrafos 8.3 y 8.4 del libro de referencia.

Tema 6. Transiciones ópticas. Espectros atómicos

Introducción general al tema

En este tema se profundiza sobre la manera obtener la estructura energética de los niveles atómicos. Mediante la absorción y emisión de la luz (espectroscopía óptica) se pueden determinar las diferencias de energía entre los estados estacionarios de los átomos y, de esa manera, construir (en primera aproximación) el esquema de niveles del átomo en ausencia de campos externos. En este tema es necesario familiarizarse con los órdenes de magnitud de las energías y de las frecuencias involucradas en las transiciones atómicas de absorción y emisión de la luz visible. También se estudia el mecanismo de emisión estimulada, que es es muy importante tanto para la luz como para el infrarrojo y otras ondas de más baja frecuencia.

Esquema

- Los espectros ópticos y las transiciones dipolares eléctricas.
- Suma de momentos angulares orbitales.
- Reglas de selección.
- La emisión estimulada y el láser.

Orientaciones sobre los contenidos del tema



Este tema se puede estudiar en los párrafos 8.6, 8.7 y 8.8 del libro de referencia.

Tema 7. Las capas atómicas internas y los rayos X

Introducción general al tema

Para estudiar las capas más profundas de los átomos se utilizan los rayos X, cuya producción se aborda en este tema. El estudio de la interacción de los rayos X con los átomos permite determinar su número atómico Z mediante la ley de Moseley, lo que ha supuesto un gran avance para la Física Atómica.

Esquema

- Los rayos X y su espectro.
- Interacción de los rayos X con los átomos.
- Determinación del número atómico Z . Ley de Moseley.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema puede estudiarse en los párrafos 3.5 del capítulo 3 y 8.5 del capítulo 8 del libro de referencia.

Tema 8. El enlace químico: los orbitales moleculares de moléculas sencillas

Introducción general al tema

Conocida la estructura del átomo aislado se puede abordar la de átomos asociados entre sí mediante enlace químico. Se estudian en este tema algunas moléculas sencillas utilizando los orbitales atómicos de los átomos individuales que las componen para establecer los orbitales moleculares correspondientes. Esto permite interpretar los espectros moleculares de absorción o emisión, especialmente en su interacción con la luz infrarroja.

Esquema

- La molécula del ion hidrógeno. Combinación de orbitales atómicos. Orbitales moleculares.
- Molécula de hidrógeno. Enlace covalente.
- El enlace iónico: halogenuros alcalinos y moléculas biatómicas.
- Niveles moleculares de vibración y rotación. Espectros moleculares.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema puede estudiarse en el capítulo 9 del libro de referencia.

Tema 9. Constituyentes nucleares. Estructura nuclear

Introducción general al tema

Cada vez son mayores las aplicaciones médicas en las que se usa algún proceso nuclear, por lo que es imprescindible conocer la estructura nuclear para posteriormente comprender los procesos de emisión radiactiva y en otras asignaturas los procesos de interacción de la radiación con la materia.

Esquema

- Composición del núcleo. Nucleones.
- Nomenclatura nuclear. Isótopos.
- Tamaño y radio nuclear.



Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema se puede estudiar con los apartados 12.1, 12.2 del texto base, completándolos con los apuntes sobre radiaciones ionizantes (8.1).

Tema 10. Fuerza nuclear fuerte. Estabilidad nuclear

Introducción general al tema

Una magnitud que es característica de cada isótopo e indica la estabilidad o no de un núcleo es la energía de enlace, relacionada con la masa nuclear. Para entender la energía de enlace y por qué existen núcleos estables y por qué algunos no son estables se hace preciso conocer la existencia de la fuerza nuclear fuerte.

Esquema

- Masas nucleares y energía de enlace.
- La fuerza nuclear fuerte.
- Estabilidad nuclear.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema se puede estudiar con los apartados 12.3, 12.4 del texto base, completándolos con los apuntes sobre radiaciones ionizantes (8.1).

Tema 11. Radiactividad. Ley de desintegración radiactiva

Introducción general al tema

Una vez entendido por qué algunos núcleos no son estables, debemos saber en que procesos se puede llegar a alcanzar la estabilidad. Cuando un núcleo no es estable tiende a desintegrarse por un proceso al que denominamos radiactivo y en el que se pueden emitir partículas o radiación electromagnética. Estos procesos radiactivos se representan por medio de los esquemas de desintegración. Son estas partículas y/o radiación las que producirán los efectos que luego se aprovechan en las aplicaciones médicas.

Esquema

- Desintegración radiactiva.
- Ley de desintegración radiactiva.
- Periodo de semidesintegración.
- Actividad.
- Cadenas radiactivas.
- Balance energético de una desintegración radiactiva.
- Espectros energéticos.
- Esquemas de desintegración.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema se puede estudiar con los apartados 12.5, 12.6 del texto base, completándolos con los apuntes sobre radiaciones ionizantes (8.2 y 8.3).

Tema 12. Tipos de emisiones radiactivas



Introducción general al tema

Hay tres tipos básicos de desintegración radiactiva. En dos primeros (alfa y beta) se emiten partículas cargadas y en el tercero radiación electromagnética, en general de mayor energía que los rayos X.

Esquema

- Emisión de partículas cargadas.
 - Desintegración alfa.
 - Desintegración beta.
 - Desintegración beta⁻
 - Desintegración beta⁺. Captura electrónica.
- Emisión de radiación electromagnética.
 - Emisión gamma.
 - Aniquilación de positrones.
- Cadenas radiactivas naturales.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema se puede estudiar con los apartados 12.7, 12.8, 12.9, 12.10 del texto base, completándolos con los apuntes sobre radiaciones ionizantes (8.3 y 10.1).

Tema 13. Reacciones nucleares. Aplicaciones

Introducción general al tema

Además de obtener emisiones radiactivas mediante procesos de desintegración nuclear, también se producen mediante reacciones nucleares. Una de las aplicaciones más importantes de las reacciones nucleares es la producción de energía, aunque en medicina también tiene cada vez mayor aplicación.

Esquema

- Mecanismos de producción de una reacción nuclear. Nomenclatura.
- Tipos de reacciones nucleares.
- Leyes de conservación.
- Producción de radioisótopos mediante reacciones nucleares.
- Cinemática de las reacciones nucleares.
- Aplicaciones energéticas. Fisión y fusión.
- Otras aplicaciones. Aplicaciones médicas.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema se puede estudiar en el capítulo 13 del texto base, aunque los apartados dedicados a fisión (13.4) y fusión (13.5) están más desarrollados que lo deseable para este curso, con la comprensión de los mecanismos de producción de estas dos reacciones y su relación con la obtención de energía sería suficiente. De las otras aplicaciones, evidentemente para un curso de estas características las más interesantes y en las que se debe profundizar más son las aplicaciones médicas. Se puede completar con los apuntes sobre radiaciones ionizantes (8.5) y (10.2).



Tema 14. Introducción a la física de partículas

Introducción general al tema

En un curso de estas características no podía faltar un tema dedicado a las partículas elementales que son los constituyentes básicos de la materia, que están teniendo cada vez más aplicaciones en el campo de la medicina.

Esquema

- Las cuatro interacciones fundamentales.
- Partículas y antipartículas.
- Las familias de partículas.
- Desintegraciones y reacciones de partículas. Energética.
- Leyes de conservación.
- Introducción al modelo de quarks.
- Aplicaciones.

Orientaciones sobre los contenidos del tema

Este tema se puede estudiar en el capítulo 14 del texto base, aunque en algunos apartados tiene un nivel más elevado del que interesa para este curso. Se colgarán en la plataforma virtual unas fotocopias de material elaborado por el equipo docente que servirán para fijar los conceptos básicos necesarios.

6.EQUIPO DOCENTE

- [AMALIA WILLIART TORRES](#)
- [OSCAR GALVEZ GONZALEZ](#)

7.METODOLOGÍA

La metodología de la asignatura está basada en la enseñanza a distancia, donde tiene gran importancia el aprendizaje autónomo, con el apoyo docente a través del correo, correo electrónico, comunidad virtual, teléfono y visita personal.

Para el trabajo autónomo y la preparación de la asignatura los estudiantes disponen de un libro de texto básico que se adapta al programa de la materia y de los materiales de apoyo y la tutoría telemática proporcionada por los profesores de la asignatura.

Los estudiantes matriculados en esta asignatura dispondrán de:

- Una guía de estudio en la que para cada uno de los temas del programa hay una introducción, un esquema guión del tema. Además en la guía están los objetivos de aprendizaje, la bibliografía básica de estudio con referencias específicas al libro de texto básico, bibliografía complementaria.
- Materiales complementarios, con apuntes, esquemas y presentaciones de contenidos en algunos de los temas del programa.



- Ejercicios prácticos. Se propondrán a lo largo del curso una serie de ejercicios prácticos.

Todos estos materiales de apoyo se encontrarán accesibles en la web de la UNED, en el espacio virtual de esta asignatura en la plataforma ALF.

8. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9780471828723
Título: MODERN PHYSICS (Second edition)
Autor/es: Krane, Kenneth S. ;
Editorial: : JOHN WILEY & SONS INC.

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

La parte de Física Atómica puede prepararse casi completamente con los capítulos 5 á 9 de este libro. En el capítulo 5 se hace una presentación clara y rigurosa de la ecuación de Schrödinger, que resulta clave para entender el tratamiento cuántico del átomo de hidrógeno que se hace en el capítulo 7. En el capítulo 6 se describen los experimentos que dieron lugar a los primeros grandes modelos atómicos y se estudian las propiedades generales de los átomos. Todo ello permite estudiar los dos primeros temas de programa. Los temas 3, 4, 5 y 6 se pueden preparar con el capítulo 8, aunque en el tema relativo a los rayos X (tema 6) también es necesario utilizar el capítulo 3. El tema 7 se estudia en el capítulo 9, donde se expone con gran claridad.

Para la parte de Física Nuclear, los capítulos 12,13, y 14 cubren el temario de manera muy ajustada. El capítulo 12 abarcaría los temas 9, 10, 11 y 12 del temario a estudiar. El capítulo 13 sirve para el estudio del tema 13 del programa de la asignatura y el capítulo 14 ayudaría a la comprensión del tema 14 de la asignatura, aunque el tratamiento es algo más elevado que el que se busca en este curso, por lo que no sería necesario el estudio de todo el capítulo.

9. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9783540563129
Título: THE PHYSICS OF ATOMS AND QUANTA : (3rd corr. and enl. ed.)
Autor/es: Wolf, Hans Christoph ;
Editorial: Springer

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9788429171891
Título: ESTRUCTURA ATÓMICA Y ENLACE QUÍMICO



Autor/es: Casabó I Gispert, Jaume ;
Editorial: REVERTÉ

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9788436266184
Título: FÍSICA NUCLEAR Y DE PARTÍCULAS: PROBLEMAS RESUELTOS
Autor/es: Williard Torres, Amalia ; Shaw Martos, María ;
Editorial: UNED

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9788436267143
Título: FÍSICA NUCLEAR Y DE PARTÍCULAS
Autor/es: Antonio Ferrer Soria ; Amalia Williard Torres ; María Shaw Martos ;
Editorial: Editorial UNED

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

1ª Parte - Física Atómica Estructura Atómica y Enlace Químico, *Jaume Casabó i Gispert*. Ed. Reverté, S.A. -1996.

Es un libro que tiene una presentación amena y que está escrito para los estudiantes de Ciencias e Ingeniería. Con él se pueden preparar bien las cuestiones relativas al enlace químico y a las moléculas, aunque resulta demasiado extenso para este curso.

The Physics of Atoms and Quanta, Introduction to Experiments and Theory. Sixth Edition, *H. Haken and H.C. Wolf*. Ed. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2004.

Es un buen libro de Física Atómica pero su nivel resulta un poco elevado para este curso. No obstante es muy interesante para tenerlo en la biblioteca porque aborda los temas de una manera a la vez clásica y moderna, lo que hace que sus explicaciones sean bastante claras.

2ª Parte - Física Nuclear

Física Nuclear y de Partículas, *Antonio Ferrer Soria, María Shaw Martos y Amalia Williard Torres*. UNED – 2013

Este texto está preparado para los alumnos de la Licenciatura de Ciencias Físicas de la UNED. El nivel es más elevado que lo



exigido en este curso, pero puede ser un buen complemento para aquellos estudiantes que desean profundizar más en esta materia.

Física Nuclear y de Partículas: problemas resueltos, *María Shaw y Amalia Williard*. UNED – 2013

Este es un libro de problemas con introducciones teóricas a cada uno de los temas, que puede servir para completar y profundizar en los conceptos estudiados. Tiene problemas resueltos de diferentes niveles.

10. RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

Se cuelgan de la plataforma ALF.

- Apuntes: *Física de la Radiaciones*
Se proporcionará como fichero PDF los capítulos relacionados con el temario de unos apuntes dedicados a estudiantes de Ciencias Ambientales. El nivel y la estructura de estos apuntes son muy apropiados para este curso y cubre ampliamente el temario dedicado a la Física Nuclear.
- Fichero .PDF del tema de *Partículas Elementales* del libro de problemas citado en la bibliografía recomendada.

Además se colgarán de la plataforma, ejercicios prácticos para que los estudiantes los resuelvan, los guiones de las prácticas voluntarias de laboratorio y el material que el equipo docente considere oportuno para completar la información sobre la asignatura.

11. TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

Los alumnos podrán ponerse en contacto con los profesores por medio del correo electrónico, el foro virtual, el teléfono y la entrevista personal.

1ª Parte: Física Atómica (Temas del 1 al 8)

Profesor: Manuel Yuste Llandres

E-mail: myuste@ccia.uned.es

Teléfono: 91 398 7177

Horario: Martes, de 16 a 20 h

Despacho: 223 - Facultad de Ciencias

2ª Parte: Física Nuclear (Temas del 9 al 14)

Profesora: Amalia Williard Torres

E-mail: awilliart@ccia.uned.es

Teléfono: 91 398 7184

Horario: Martes, de 12:00 a 13:30 y de 15:30 a 18:00 horas.

Despacho: 218 - Facultad de Ciencias

12. EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES



La evaluación de esta asignatura se realizará mediante pruebas de evaluación *on line* en la plataforma virtual. Habrá dos pruebas parciales (una para la parte de Física Atómica, temas del 1 al 8, y otra para la parte de Física Nuclear, temas del 9 al 14) voluntarias que si se aprueban sirven para liberar materia. También habrá una prueba final obligatoria para todos aquellos que no se hayan presentado a las pruebas parciales o que las hayan suspendido. Las fechas para realizar las pruebas se anunciarán en la plataforma virtual.

Se tendrá en cuenta la participación en las actividades propuestas desde la plataforma virtual.

13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.

