

Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Física en Educación Secundaria

Plan de estudios 2018

Programa del curso

Origen de la mecánica cuántica

Séptimo semestre



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Primera edición: 2021

Esta edición estuvo a cargo de la Dirección General
de Educación Superior para Profesionales de la Educación,
Av. Universidad 1200. Quinto piso, Col. Xoco,
C.P. 03330, Ciudad de México

D.R. Secretaría de Educación Pública, 2021
Argentina 28, Col. Centro, C. P. 06020, Ciudad de México

Índice

Propósito y descripción general del curso	5
Cursos con los que se relaciona	8
Competencias del perfil de egreso a las que contribuye el curso	10
Estructura del curso	13
Orientaciones para el aprendizaje y enseñanza	14
Sugerencias de evaluación	17
Unidad de aprendizaje I. Problemas que la física clásica no pudo resolver	19
Unidad de aprendizaje II. Cuantización de la energía y origen de la física cuántica	25
Unidad de aprendizaje III. Inicios de la mecánica cuántica	33
Perfil docente sugerido	39
Recursos bibliográficos del curso	40

Trayecto formativo: Formación para la enseñanza y el aprendizaje

Carácter del curso: Obligatorio Horas: 4 Créditos: 4.5

Propósito y descripción general del curso

Propósito general

Que el estudiantado identifique las dificultades de la física clásica en la explicación de los fenómenos del efecto fotoeléctrico, la radiación de cuerpo negro y los espectros de emisión y absorción de gases a partir de la indagación documental de carácter histórico, epistemológico y experimental para que comprenda cómo es que la propuesta de la cuantización de la energía de Planck resolvió los problemas de la física clásica y dio origen a la física cuántica y, posteriormente, a la mecánica cuántica.

Descripción

El curso *Origen de la mecánica cuántica* forma parte del trayecto formativo Formación para la enseñanza y el aprendizaje de la Licenciatura en la Enseñanza y Aprendizaje de la Física (LEyAF), es de carácter obligatorio y se encuentra ubicado en el séptimo semestre del plan de estudios de la licenciatura con 4.5 créditos. Su temática se divide en tres unidades de aprendizaje que cubren los temas fundamentales para contribuir a las competencias genéricas, profesionales y disciplinares de la LEyAF.

El curso está diseñado tomando en cuenta que la física cuántica surge a partir de las dificultades que presentó la física clásica en la explicación de tres fenómenos que habían sido observados, pero no explicados, uno de ellos es el efecto fotoeléctrico observado por primera vez por Heinrich Hertz en 1887 (Rodríguez-Meza y Cervantes-Cota, 2006), otro fue la radiación de cuerpo negro de Rayleigh y Jeans, fenómeno en el que se relaciona el color de un material con su temperatura (Silva, 2010), el tercero está relacionado con los inicios de la espectroscopía a partir de las observaciones de Bunsen y Kirchhoff en 1859 (Solbes y Sinarcas, 2009). Las observaciones de estos fenómenos son explicadas a partir de la propuesta de la cuantización de la energía de Planck, siendo ésta la que da origen a la física cuántica; por lo que en el presente programa se contrastan las dificultades que presentó la física clásica para explicar los

fenómenos mencionados con las explicaciones que se dan a partir de la propuesta de Planck sobre la cuantización de la energía, en este sentido, se aborda el modelo atómico de Bohr, la ley de Planck y la explicación del efecto fotoeléctrico de Einstein, pero además se extiende al estudio del comportamiento dual de la materia y de la luz.

Sugerencias

Atendiendo al propósito general del curso se recomienda que el desarrollo de los contenidos se enfoque al origen de la mecánica cuántica, el cual surge con la propuesta de la cuantización de la energía de Planck y se extienda al comportamiento dual de la luz y de la materia, ya que los programas de estudio de secundaria y de bachillerato no abarcan fenómenos cuánticos posteriores a estos.

Se recomienda que se tenga especial cuidado con la indagación documental, ya que es fundamental que el estudiantado comprenda los motivos por los cuales la física clásica no era suficiente para explicar algunos fenómenos, para ello se recomienda que, en primera instancia, se indague propiamente sobre las observaciones relacionadas con el efecto fotoeléctrico, los espectros de emisión y la radiación de cuerpo negro, así como las predicciones que hacía la física clásica y que eran inconsistentes con los resultados experimentales, como el caso de la catástrofe ultravioleta.

Se sugiere que, a la par de la indagación documental, se puedan realizar experimentos sencillos relacionados con los contenidos con la finalidad de que el estudiantado pueda contrastar la teoría con los resultados experimentales.

Es importante hacer uso del contexto histórico para el desarrollo de los contenidos para enriquecer la cultura científica del estudiantado.

Se recomienda, en la medida de lo posible:

- Hacer énfasis en el carácter eminentemente didáctico de este curso y de sus modelos a construir.

- Se sugiere como evidencias de aprendizaje la construcción de análogos didácticos por unidad para finalizar con un documental de los orígenes de la mecánica cuántica.
- Revisar de forma sistemática el desarrollo histórico de los antecedentes, aportaciones e ideas concebida por aquellos investigadores de la Mecánica Moderna para el progreso inicial de la Física Moderna, que sustentaron las bases del paradigma cuántico y sus aplicaciones en la actualidad y en el futuro.
- Indagar las características de cada uno de los modelos concebidos y plantear adecuaciones didácticas para su empleo en la docencia de este curso y su impartición en la educación media superior.
- Si bien los contenidos no lo mencionan de forma explícita, se recomienda analizar algunas de las aplicaciones de la mecánica cuántica en el desarrollo tecnológico para abordar los temas.
- Utilizar en la medida de lo posible simulaciones que modelan los fenómenos antes descritos, además de seleccionar aquellas en las que se pueda experimentar.

Cursos con los que se relaciona

El curso *Origen de la mecánica cuántica* se relaciona con los cursos del mismo semestre por las razones que se mencionan a continuación:

- *Electromagnetismo*: porque tanto la explicación del efecto fotoeléctrico, la radiación de cuerpo negro y los espectros de emisión y de absorción, requieren del conocimiento del espectro electromagnético, el cual es un modelo que organiza a las ondas electromagnéticas de acuerdo con el valor de su frecuencia o de su longitud de onda.
- *Biofísica*: porque existe tecnología que se ha desarrollado a partir del estudio de la radiación de cuerpo negro, como es el caso de las cámaras de visión nocturna o termómetros, y el cuerpo humano emite radiación electromagnética asociada a su temperatura, la cual puede diagnosticar algún tipo de enfermedad.
- *Historia y epistemología de la física*: porque se retoma el contexto histórico de cada uno de los fenómenos que se abordan en los contenidos para comprender las dificultades de la física clásica y cómo es que la propuesta de la cuantización de la energía resolvió estos problemas.

Cabe mencionar que este curso tiene una gran relación con el programa de *Óptica y acústica*, del semestre anterior, ya que se retoman las características de la luz como onda para poder comprender cuáles son las diferencias de su comportamiento como partícula y, de manera análoga, para entender el comportamiento dual de los electrones.

Este curso fue elaborado por docentes normalistas, personas especialistas en la materia y en el diseño curricular provenientes de las siguientes instituciones: Vladimir Carlos Martínez Nava, José Guadalupe Rodríguez Muñoz y Joel Abiram Barrera Alemán, de la Escuela Normal Superior “Profr. Moisés Sáenz Garza”; Oscar Ignacio Salas Urbina y Hernán Javier Neri Fajardo, de la “Escuela Normal Superior de México”; María Antonieta Young Vásquez, Escuela Normal de Cuautitlán Izcalli; Luis Angel Vázquez Peralta del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur, UNAM; María del Pilar Segarra Alberú del Departamento de Física de

la Facultad de Ciencias, UNAM; José Antonio Fragoso Uroza del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Vallejo, UNAM; María del Rosario Adriana Hernández Martínez de la Escuela Nacional Preparatoria 4 "Vidal Castañeda y Nájera", UNAM.

Así como especialistas en diseño curricular: Julio César Leyva Ruiz, Gladys Añorve Añorve, Sandra Elizabeth Jaime Martínez y María del Pilar González Islas, de la Dirección General de Educación Superior para el Magisterio.

Competencias del perfil de egreso a las que contribuye el curso

Competencias genéricas

- Soluciona problemas y toma decisiones utilizando su pensamiento crítico y creativo.
- Aprende de manera autónoma y muestra iniciativa para autorregularse y fortalecer su desarrollo personal.
- Colabora con diversos actores para generar proyectos innovadores de impacto social y educativo.
- Utiliza las tecnologías de la información y la comunicación de manera crítica.
- Aplica sus habilidades lingüísticas y comunicativas en diversos contextos.

Competencias profesionales

Utiliza conocimientos de la Física y su didáctica para hacer transposiciones de acuerdo a las características y contextos de los estudiantes a fin de abordar los contenidos curriculares de los planes y programas de estudio vigentes.

- Identifica marcos teóricos y epistemológicos de la Física, sus avances y enfoques didácticos para la enseñanza y el aprendizaje.
- Utiliza los elementos teórico-metodológicos de la investigación como parte de su formación permanente en la Física.

Utiliza la innovación como parte de su práctica docente para el desarrollo de competencias de los estudiantes.

- Diseña y/o emplea objetos de aprendizaje, recursos, medios didácticos y tecnológicos en la generación de aprendizajes de la Física.
- Utiliza las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC), y Tecnologías del

Empoderamiento y la Participación (TEP) como herramientas de construcción para favorecer la significatividad de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Competencias disciplinares

Demuestra comprensión profunda de los conceptos y principios físicos fundamentales al plantear, analizar, resolver problemas y evaluar sus soluciones y procesos.

- Plantea problemas teóricos, experimentales, cuantitativos, cualitativos, abiertos y cerrados asociados a fenómenos físicos y procesos tecnológicos.
- Analiza problemas teóricos, experimentales, cuantitativos, cualitativos, abiertos y cerrados asociados a fenómenos físicos y procesos tecnológicos.
- Resuelve problemas teóricos, experimentales, cuantitativos, cualitativos, abiertos y cerrados asociados a fenómenos físicos y procesos tecnológicos.
- Evalúa soluciones y procesos de problemas teóricos, experimentales, cuantitativos, cualitativos, abiertos y cerrados asociados a fenómenos físicos y procesos tecnológicos.
- Argumenta al plantear, analizar, resolver problemas y evaluar sus soluciones con base en el soporte teórico de la Física.

Construye y compara modelos mentales y científicos, identificando sus elementos esenciales y dominios de validez, como base para la comprensión de los fenómenos físicos.

- Compara modelos mentales de fenómenos físicos con modelos conceptuales estableciendo semejanzas y diferencias entre ellos y valorando las ventajas y desventajas de unos y otros.

- Compara modelos conceptuales actuales de fenómenos físicos con los modelos que históricamente les precedieron y los valora como parte del proceso de construcción del conocimiento científico.

Utiliza representaciones múltiples para explicar conceptos, procesos, ideas, procedimientos y métodos del ámbito de la Física.

- Interpreta información dada mediante representaciones verbales, iconográficas, gráficas, esquemáticas, algebraicas y tabulares.
- Construye representaciones verbales, iconográficas, gráficas, esquemáticas, algebraicas y tabulares.
- Fundamenta el uso de una representación en particular de acuerdo a la intención comunicativa.
- Convierte representaciones de una forma a otra.

Diseña y selecciona experimentos como base para la construcción conceptual de la Física.

- Evalúa la pertinencia de diferentes simulaciones y animaciones de fenómenos físicos de acuerdo con su intención didáctica.
- Diseña y ejecuta experimentos como medio didáctico para la construcción del campo conceptual.
- Evalúa el procedimiento y los resultados de los experimentos diseñados y ejecutados.

Representa e interpreta situaciones del ámbito de la Física utilizando las matemáticas como herramienta y lenguaje formal.

- Emplea modelos matemáticos para establecer relaciones entre variables Físicas.
- Traduce un problema físico al lenguaje matemático e interpreta los resultados matemáticos en el contexto físico.
- Maneja procedimientos, relaciones y conceptos matemáticos básicos.

Estructura del curso

<p>Unidad de aprendizaje I: Problemas que la física clásica no pudo resolver</p> <p>Efecto fotoeléctrico</p> <p>Radiación de cuerpo negro</p> <p>Espectros de emisión y de absorción</p>	<p>Unidad de aprendizaje II: Cuantización de la energía y origen de la física cuántica</p> <p>Ley de Planck y radiación de cuerpo negro</p> <p>Cuantización de la energía</p> <p>La explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico</p> <p>Cuanto de luz</p> <p>Modelo atómico de Bohr</p> <p>Espectros de emisión y absorción de gases</p>	<p>Unidad de aprendizaje III: Inicios de la mecánica cuántica</p> <p>Comportamiento dual de la luz y de los electrones</p> <p>Experimento de la doble rendija</p> <p>Propuesta de De Broglie</p> <p>Principio de incertidumbre de Heisenberg</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Orientaciones para el aprendizaje y enseñanza

Para el desarrollo de las actividades de este curso se sugiere al menos tres reuniones del colectivo docente para planear y monitorear las acciones del semestre e incluso, acordar evidencia de aprendizaje comunes. Se recomienda incluir a la práctica docente el uso de las tecnologías y el trabajo colaborativo, en tanto que permiten desarrollar de manera transversal las competencias genéricas.

Con objeto de favorecer el desarrollo de las competencias el profesorado podrá diseñar las estrategias pertinentes a los intereses, contextos y necesidades del grupo que atiende. No obstante, en este curso se presentan algunas sugerencias que tienen relación directa con los criterios de evaluación, los productos, las evidencias de aprendizaje y los contenidos disciplinares, así como con el logro del propósito y las competencias, ello a fin de que al diseñar alguna alternativa se cuiden los elementos de congruencia y enfoque curricular.

El presente curso está estructurado con base en las competencias genéricas, profesionales y disciplinares de la LEyAF que el estudiantado debe desarrollar durante su proceso de formación a partir del trabajo individual o con sus pares. Se recomienda que el personal docente a cargo del curso promueva la autonomía de sus estudiantes, el uso de tecnologías de la información y el lenguaje científico que se ha desarrollado en cursos anteriores para que fortalezca la formalidad necesaria en el ámbito científico.

El curso es flexible en el sentido de que el o la docente puede adaptar sus ideas y sus propuestas de enseñanza y aprendizaje, siempre y cuando se cumpla el propósito general. De ahí que todas las unidades de aprendizaje contribuyen al desarrollo de competencias profesionales y disciplinares. Sin embargo, es importante que recuerde el carácter transversal de las competencias genéricas y las considere como un referente formativo, ya que éstas le permiten al egresado de cualquier licenciatura regularse como un profesional consciente de los cambios sociales, científicos, tecnológicos y culturales.

Otro aspecto importante a considerar es la interacción e inclusión entre estudiantes, por ejemplo, al formar equipos, lo cual es una estrategia recomendable que provoca que el estudiantado trabaje en colaboración para alcanzar objetivos comunes a través de la mediación de ésta; se sugiere fomentar el respeto a la dignidad humana, responsabilidad ciudadana, interculturalidad, equidad de género y diversidad, tanto con sus pares como con sus futuros estudiantes, ya que con ello se facilita y mejora el proceso de intercambio de ideas, la articulación de su pensamiento y el proceso de formación del conocimiento al establecerse un ambiente pacífico; edificando sobre el entendimiento de los otros y negociando los significados cuando sus ideas difieren.

Las actividades de aprendizaje están elaboradas siguiendo ciclos de aprendizaje donde es fácil reconocer rasgos que se abordaron en los cursos *Experimentación y modelización*, *Enseñanza de la Física basada en la indagación* y *Diseño experimental*, que comprenden la exploración de los materiales, la observación de ciertos fenómenos, identificación de variables y construcción de explicaciones posibles, que debe ser realizado antes de intentar iniciar con un experimento. Después de la experimentación cobra gran importancia la interpretación de resultados y construcción de un posible modelo explicativo.

El curso inicia por conocer las problemáticas de la física clásica al tratar de explicar algunos fenómenos que dieron origen a los planteamientos de la cuantización de la energía; la aparición del concepto del “cuanto” en la energía, la reformulación del movimiento de los corpúsculos de la radiación electromagnética y su carácter ondulatorio, principalmente para plantear la teoría cuántica de la luz; debe enfatizarse que el modelo de partículas fundamentales se desarrolla en unos años posteriores a la teoría cuántica, es decir, a mediados del siglo XX, se sugiere un análisis ligero para entender por qué se considera una partícula por su comportamiento, siendo necesario inducirlo hacia el comportamiento de onda del fotón para así entender sus características dentro de su aparición primaria antes que las demás en las conjeturas de la energía cuántica.

Es importante señalar que los contenidos de la primera unidad se limitan al estudio de las predicciones de la física clásica y su inconsistencia con los resultados experimentales de los tres fenómenos presentados en esta unidad; en la siguiente unidad se introduce la propuesta de la cuantización de la energía de Planck y se analiza cómo es que ésta resuelve las dificultades de la física clásica y, por lo tanto, se toma como referencia para hablar del surgimiento de la física cuántica; en la tercera unidad se desarrollan contenidos relacionados con la mecánica cuántica y que resuelven paradigmas sobre la naturaleza de la luz y de la materia, temas propios de la mecánica cuántica.

Se sugiere concluir el desarrollo conceptual con la elaboración de un documental que aborde los orígenes de la mecánica cuántica, la cual será la evidencia integradora que complementa la evaluación global del curso.

Sugerencias de evaluación

En congruencia con el enfoque del plan de estudios, se propone que la evaluación sea un proceso permanente que permita valorar de manera gradual la manera en que cada estudiante moviliza sus conocimientos, ponen en juego sus destrezas y desarrollan nuevas actitudes utilizando los referentes teóricos y experienciales que el curso propone.

La evaluación sugiere considerar los aprendizajes a lograr y a demostrar en cada una de las unidades del curso, así como su integración final. De este modo se propicia la elaboración de evidencias parciales para las unidades de aprendizaje y una evidencia integradora para la evaluación global

La elaboración de cada evidencia se valorará considerando el alcance de ésta en función del aprendizaje a demostrar. La ponderación podrá determinarla el profesorado titular del curso de acuerdo con las necesidades, intereses y contextos de la población normalista que atiende.

En este sentido, es importante considerar que se trata de una evidencia de aprendizaje que se va modificando y complejizando en la medida en que el colectivo de estudiantes, coordinados por el docente, incorporan, procesan, analizan, comparan y usan distintos tipos de información y la convierten en una herramienta para su propio aprendizaje.

Las sugerencias de evaluación, como en el plan de estudios se describe, consiste en un proceso de recolección de evidencias sobre un desempeño competente de cada estudiante, con la intención de construir y emitir juicios de valor a partir de su comparación con un marco de referencia constituido por las competencias, sus unidades o elementos y los criterios de evaluación; al igual que en la identificación de aquellas áreas que requieren ser fortalecidas para alcanzar el nivel de desarrollo esperado en cada uno de los cursos del plan de estudios y en consecuencia en el perfil de egreso.

De ahí que las evidencias de aprendizaje se constituyan no sólo en el producto tangible del trabajo que se realiza, sino particularmente en el logro de una competencia que articula sus tres esferas: conocimientos, destrezas y actitudes.

En la primera unidad se propone la elaboración de una tabla comparativa que muestre las inconsistencias entre las predicciones de la física clásica y los resultados experimentales de la radiación de cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y los espectros de emisión y absorción de gases; adjunto a esta tabla se deberá de incluir un reporte de al menos un experimento relacionado con alguno de estos tres fenómenos para evidenciar dichas inconsistencias, es importante recalcar que en este reporte se limita a evidenciar la imposibilidad de explicar alguno de estos fenómenos con la física clásica. Los apartados del reporte quedan a criterio del docente a cargo del curso, pero se sugiere que se incluya: título, resumen, marco teórico, metodología, resultados y análisis, conclusiones y bibliografía.

En la segunda unidad se sugiere redactar un documento argumentativo en las que se identifique cómo es que la propuesta de Planck está incluida en la ley que lleva su nombre, la explicación del efecto fotoeléctrico de Einstein y en el modelo atómico de Bohr, que finalmente es el utilizado para explicar los espectros de emisión y de absorción de gases.

En la tercera unidad la propuesta de producto consiste en hacer una tabla descriptiva de las características y propiedades de una onda y de una partícula y, a partir de ésta, elaborar una narrativa cuya intención sea comunicar el comportamiento dual de la luz o de la materia, la cual se recomienda fortalecer incluyendo resultados de experimentos o material de divulgación.

Adicionalmente, se propone al personal docente a cargo del curso el desarrollo de un proyecto integrador que funge el papel de la evidencia final, la cual se establece en las Normas de control escolar aprobadas para los planes 2018, en el punto 5.3, inciso f). Lo que se sugiere es la elaboración de un **Documental científico breve** de los contenidos abordados en el curso, para ello se puede hacer uso de los productos elaborados en cada unidad, además se recomienda, en la medida de lo posible, enlazar el documental con algún programa de estudios de educación secundaria o media superior, asimismo, elaborar una rúbrica de manera grupal para evaluar el producto final.

Unidad de aprendizaje I. Problemas que la física clásica no pudo resolver

En la primera unidad de estudian los fenómenos que la física clásica no pudo explicar: la radiación de cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y los espectros de emisión y absorción de gases. Se contrastan las predicciones de ésta con base en los modelos establecidos hasta el momento con los resultados experimentales.

Propósito de la unidad de aprendizaje

Que el estudiantado contraste las predicciones de la física clásica sobre efecto fotoeléctrico, la radiación de cuerpo negro y los espectros de emisión y absorción de gases con los resultados experimentales a partir de una revisión documental histórica y la realización de experimentos para que identifique los límites de aplicación de la física clásica.

Contenidos

- Efecto fotoeléctrico
- Radiación de cuerpo negro
- Espectros de emisión y de absorción

Actividades de aprendizaje

Para desarrollar los contenidos de la presente unidad y cumplir con el propósito de la misma se recomienda que se realice una indagación documental sobre los resultados experimentales de la radiación de cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y los espectros de absorción y emisión de gases, haciendo énfasis en las personas que hicieron las primeras observaciones, los resultados experimentales y las dificultades a las que se enfrentó la comunidad científica al

intentar explicar dichos fenómenos. Cabe mencionar que en esta unidad la información está dirigida al conocimiento profundo del fenómeno, pero no a su explicación, por lo que se debe procurar que el estudiantado no haga uso de información posterior a la fecha en la que Planck propone la cuantización de la energía, para ello puede hacerse un listado de fechas y eventos relevantes asociados a cada uno de los fenómenos.

Como resultado final de esta indagación se propone que el estudiantado elabore, de manera individual, una tabla comparativa en la que se contrasten los resultados experimentales sobre los tres fenómenos estudiados con las predicciones de la física clásica. La tabla puede ser evaluada por un par a partir de una discusión grupal sobre la información encontrada, esta actividad puede enriquecer los productos de cada persona al integrar información proporcionada por otras personas.

Posterior a la revisión de la tabla comparativa, se recomienda que el docente a cargo del grupo conforme tres equipos para que cada uno de ellos realice un experimento que muestre alguno o algunos de los resultados experimentales colocados en su tabla comparativa. La organización de los equipos es una propuesta abierta, por lo que ésta puede ser modificada según la población del grupo.

La explicación de los resultados del experimento desarrollado por cada equipo puede ser cualitativa, sin embargo deberá apoyarse en los modelos de la física clásica; para el caso del efecto fotoeléctrico se puede cargar un electroscopeo y comparar la rapidez de descarga usando diversos tipos de luz, entre ellos luz violeta, UV o solar, para la radiación de cuerpo negro se puede calentar un alambre con corriente eléctrica o con alguna otra fuente de calor, de tal forma que se pueda apreciar en cierto momento la radiación emitida por el alambre debido a su alta temperatura y para el caso de los espectros de emisión o absorción de gases se puede construir un espectroscopio y observar diversas fuentes de luz provenientes de la combustión, por ejemplo, la llama de una vela, o la flama de un encendedor o estufa. El producto de este experimento puede ser un reporte por equipo que conste de título, resumen, marco teórico,

metodología, resultados y análisis, conclusiones y bibliografía. Es importante mencionar que en todo el reporte se deberá hacer uso de modelos exclusivos de la física clásica.

Respecto al proyecto integrador, al tratarse de un documental, se podrá hacer uso de la información revisada en esta unidad para posteriormente integrarla a éste.

Evidencias	Criterios de evaluación
<p>El docente puede elegir las evidencias necesarias para evaluar el logro del propósito de la unidad por parte del estudiante, por lo que se hace alusión a la experiencia del docente para que determine cuáles actividades escoger y en qué momentos utilizarlas, en seguida se muestran algunas sugerencias acordes con los criterios de desempeño y con lo propuesto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tabla comparativa. - Reporte de experimento. 	<p>Conocimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Describe que la física clásica tiene límites de aplicabilidad. • Identifica los problemas de la física clásica al tratar de explicar algunos fenómenos. • Explica resultados experimentales. • Contrasta modelos científicos con resultados experimentales. • Reconoce los fenómenos que la física clásica no pudo explicar. • Asocia personajes y fechas con fenómenos naturales. <p>Habilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiza experimentos que muestran las dificultades de la física clásica al explicar un fenómeno. • Investiga información científica en fuentes confiables. • Organiza información científica. • Redacta reportes de experimentos.

- Comunica información científica de manera clara.
- Reconoce los rasgos fundamentales de un texto argumentativo para expresar sus ideas, nociones y opiniones.
- Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para búsqueda de información y sistematización de la misma.
- Maneja las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento para regular su propio aprendizaje.
- Comunica claramente la información en forma verbal, escrita y electrónica, atendiendo distintas audiencias.

Actitudes y valores

- Muestra autonomía en su proceso de aprendizaje.
- Persevera para concluir con las tareas y actividades.
- Participa en el desarrollo de las actividades y forma parte del trabajo colaborativo.
- Refleja una actitud abierta y honesta para movilizar saberes previos respecto a conocimientos aprendidos en otros cursos.
- Incluye la perspectiva de género para construir relaciones equitativas.

- Construye ambientes de aprendizaje colaborativos para favorecer las relaciones interpersonales.
- Respeta las opiniones, ideas y participaciones entre pares y del profesorado.
- Persevera en la conclusión de su proceso formativo.
- Tolera diferentes situaciones para incorporar otros saberes.
- Reconoce la igualdad de derechos entre las personas y promueve el respeto a la dignidad humana.
- Participa y promueve la responsabilidad ciudadana y la interculturalidad.

Bibliografía básica

A continuación, se presenta un conjunto de textos de los cuales el profesorado podrá elegir aquellos que sean de mayor utilidad, o bien a los cuales tenga acceso, pudiendo sustituirlos por textos más actuales.

Escudero, R. (2010). La historia del efecto fotoeléctrico. En *MoleQla. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, núm. 11-13. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Número_Cero.pdf

Kuhn, Thomas S. (1987). *La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica 1894-1912*. Alianza Universidad.

Rodríguez-Meza, M. y Cervantes-Cota, J. (2006). El efecto fotoeléctrico. En *CIENCIA ergo sum*, vol. 13, núm. 3, pp. 303-311. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/104/10413309.pdf>

Silva, J. (2010). La catástrofe del ultravioleta. En *MoleQla. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, núm. 71-72. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero_Cero.pdf

Solbes, J. y Sinarcas, V. (2009). Utilizando la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos claves de física cuántica. En *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, núm. 23, pp. 123-151. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3082135>

Bibliografía complementaria

González, M. y Montaña, L. (2015). La espectroscopía y su tecnología: Un repaso histórico y su importancia para el siglo XXI. En *Latin-American Journal of Physics Education*, vol. 9, núm. 4, pp. 1-14. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5514757>

Martínez, R. (1999). La teoría de la radiación del cuerpo negro. En *Momento*, núm. 19, pp. 59-75. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/momento/article/view/35301>

Recursos de apoyo

Fraunhofer (canal) (2015). *200 years of Fraunhofer lines*. [Video] YouTube. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=eSMhVDQtPD4>

Harvard Natural Sciences Lecture Demonstrations (Canal) (2016). *Sodium Absorption Lines*. [Video] YouTube. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=7u3rRy97m9Y>

Unidad de aprendizaje II. Cuantización de la energía y origen de la física cuántica

En la segunda unidad se retoman los modelos científicos posteriores a la propuesta de la cuantización de la energía de Planck que lograron explicar los fenómenos de la radiación de cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y los espectros de emisión y absorción de gases, los cuales corresponden con la ley de Planck, la explicación del efecto fotoeléctrico de Einstein y el modelo atómico de Bohr, respectivamente; se contrastan estos modelos con los de la física clásica y se justifica la relevancia de la propuesta de Planck.

Propósito de la unidad de aprendizaje

Que el estudiantado identifique la propuesta de Planck en los modelos científicos de la ley de Planck, la explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico y el modelo atómico de Bohr, a partir del análisis de los modelos matemáticos para explicar los resultados experimentales de estos fenómenos desde la física cuántica.

Contenidos

- Ley de Planck y radiación de cuerpo negro
 - Cuantización de la energía
- La explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico
 - Cuanto de luz
- Modelo atómico de Bohr
 - Espectros de emisión y absorción de gases

Actividades de aprendizaje

Para desarrollar los contenidos de la segunda unidad se hará uso, principalmente, del lenguaje matemático y gráfico, ya que se sugiere que se comparen y analicen los modelos matemáticos de la física clásica con los correspondientes de la física cuántica que estén relacionados con los fenómenos analizados en la primera unidad.

En el caso de la radiación de cuerpo negro, los modelos que corresponden a la física clásica son el de Rayleigh y Jeans, el cual intenta explicar la radiación electromagnética de todas las longitudes de onda de un cuerpo negro a una temperatura dada, así como la ley de Wien, la cual describe la radiación térmica a altas frecuencias; como parte de la revisión documental realizada previamente el estudiantado se podrá percatar que el modelo Rayleigh y Jeans también es conocido como la catástrofe ultravioleta. Para poder comprender las problemáticas de los modelos clásicos e identificar la manera en que la propuesta de Planck resuelve estos problemas se recomienda que no solamente se haga uso de las expresiones matemáticas de dichos modelos, sino que además se hagan las comparaciones gráficas, es decir, una vez que Planck propone la cuantización de la energía y que surge la ley de Planck que explica la radiación electromagnética para un cuerpo negro, es recomendable que en un mismo plano se grafiquen o bosquejen los modelos clásicos con el cuántico para comprender que la física cuántica, de alguna manera, incluye a los modelos clásicos bajo ciertas condiciones.

En el caso del efecto fotoeléctrico, el principal modelo utilizado para explicar los resultados experimentales era el espectro electromagnético en el que se puede apreciar la relación entre la frecuencia y la longitud de onda y al mismo tiempo con la energía de las ondas electromagnéticas, en este caso la principal inquietud era saber cómo es que una onda como la luz podría interactuar con la materia y liberar electrones, los cuales son partículas con masa, por lo que para este fenómeno se propone retomar la tabla comparativa de la primera unidad y la explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico en la que se explica que la energía de un cuanto de luz se utiliza para dos cosas, la primera de ellas

es para liberar al electrón del material en el que se encuentra (función trabajo) y el resto de la energía se manifiesta en forma de energía cinética. En este sentido, también resulta fundamental que el estudiantado conozca el concepto de frecuencia umbral, para ello se puede hacer uso de la simulación del efecto fotoeléctrico que se encuentra disponible en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/photoelectric>, con ésta se puede hacer una simulación de práctica propuesta en el link <https://phet.colorado.edu/es/contributions/view/4724>, vale la pena mencionar que para acceder al documento es necesario registrarse dentro del PhET, siendo el acceso totalmente gratuito.

Para los espectros de emisión y absorción de gases se propone partir de los modelos conocidos como series de Balmer, Paschen, Lyman y Brackett que explican ciertas líneas espectrales del hidrógeno bajo condiciones muy específicas, pero no logran justificar el motivo físico por el cual seguían estos patrones. Estos modelos se justifican después de que Bohr propone un nuevo modelo atómico basado en la propuesta de la cuantización de la energía de Planck, por lo que el estudiantado podrá analizar la relación entre los modelos clásicos y el cuántico. Se recomienda que una vez que se haya estudiado el modelo de Bohr y cómo es que a partir de éste se explican los resultados experimentales de los espectros, se haga uso de la simulación disponible en <https://www.educaplus.org/luz/espectros.html>, con la intención de que el alumnado reconozca la importancia de los espectros, pues cada elemento tiene un espectro distinto, razón por la cual se suele decir que éstos son como las huellas digitales de los elementos.

El producto que resulta de este análisis es un documento con una extensión mínima de 4 cuartillas para explicar cómo es que la propuesta de Planck está incluida en las expresiones matemáticas de los fenómenos estudiados, se recomienda destinar la primera cuartilla para la introducción del documento y el resto de las cuartillas distribuirlo de manera uniforme para analizar cada uno de los fenómenos. Para la realización de las actividades de esta unidad se recomienda ampliamente hacer uso de bibliografía disciplinaria. El documento

se puede elaborar de manera individual o por parejas dependiendo del criterio e intereses del grupo.

Con lo que respecta al proyecto integrador, el conocer la diferencia entre los modelos de la física clásica y cuántica es información que resulta relevante y que se puede incorporar al documental, por lo que se puede entregar como avance una síntesis de la forma en que la propuesta de Planck resuelve los problemas que la física clásica no había podido explicar.

Evidencias	Criterios de evaluación
<p>El docente puede escoger las evidencias necesarias para evaluar el logro del propósito de la unidad por parte del estudiante, por lo que se hace alusión a la experiencia del docente para que determine cuáles actividades escoger y en qué momentos utilizarlas, en seguida se muestran algunas sugerencias acordes con los criterios de desempeño y con lo propuesto.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Documento con análisis de modelos clásicos y cuánticos. 	<p>Conocimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analiza expresiones matemáticas. • Interpreta información científica en diversas representaciones. • Compara modelos científicos de la física clásica con los de la física cuántica. • Interpreta la propuesta de la cuantización de la energía. • Utiliza la cuantización de la energía en el análisis de modelos científicos. • Expresa procesos específicos de fenómenos físicos. <p>Habilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpreta gráficas. • Utiliza recursos digitales para simular experimentos. • Organiza información a partir de su representación matemática. • Redacta textos científicos.

- Investiga información en fuentes confiables.
- Comunica información científica.
- Reconoce los rasgos fundamentales de un texto argumentativo para expresar sus ideas, nociones y opiniones.
- Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para búsqueda de información y sistematización de la misma.
- Maneja las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento para regular su propio aprendizaje.
- Comunica claramente la información en forma verbal, escrita y electrónica, atendiendo distintas audiencias.

Actitudes y valores

- Muestra autonomía en su proceso de aprendizaje.
- Persevera para concluir con las tareas y actividades.
- Participa en el desarrollo de las actividades y forma parte del trabajo colaborativo.
- Refleja una actitud abierta y honesta para movilizar saberes previos respecto a conocimientos aprendidos en otros cursos.

- Incluye la perspectiva de género para construir relaciones equitativas.
- Construye ambientes de aprendizaje colaborativos para favorecer las relaciones interpersonales.
- Respeta las opiniones, ideas y participaciones entre pares y del profesorado.
- Persevera en la conclusión de su proceso formativo.
- Tolera diferentes situaciones para incorporar otros saberes.
- Reconoce la igualdad de derechos entre las personas y promueve el respeto a la dignidad humana.
- Participa y promueve la responsabilidad ciudadana y la interculturalidad.

Bibliografía básica

A continuación, se presenta un conjunto de textos de los cuales el profesorado podrá elegir aquellos que sean de mayor utilidad, o bien a los cuales tenga acceso, pudiendo sustituirlos por textos más actuales.

Campos, C. (2010). La radiación electromagnética y los colores de la materia. En *MoleQla. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, núm. 25-27. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Número_Cero.pdf

Halliday, D. y Resnick, R. (1999). Física. Vol. 2: Versión ampliada. México: Compañía Editorial Continental.

Navarro, J. (2012). *El átomo cuántico Bohr, pasaporte cuántico a otro estado.* National Geographic.

Rodríguez, S. (2010). Evolución del concepto de átomo. En *MoleQla. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, núm. 8-10. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero_Cero.pdf

Serway, R. y Faughn, J. (2001). Física. México: Pearson Educación.

Young, H. y Freedman, R. (2009). Física Universitaria con física moderna. Vol. I. México: Pearson Educación.

Bibliografía complementaria

Braun, E. (1998). Una faceta desconocida de Einstein. México: FCE (Colección la Ciencia para Todos). Disponible en http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/19/htm/sec_2.htm

Martel, R. (2010). Aplicaciones del efecto fotoeléctrico: La célula fotoeléctrica. En *MoleQula. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, núm. 71-72. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero_Cero.pdf

Sánchez, C. (2010). Elementos ... ¿extraterrestres? En *MoleQula. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, pp. 85-86. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero_Cero.pdf

Recursos de apoyo

Animación Espectros de emisión y absorción. Disponible en <https://www.educaplus.org/luz/espectros.html>

ARD (Productor). *Max Planck y La Física Cuántica*. Serie Cumbres De Las Ciencias y La Técnica. Cap. 074. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=5eiUgaQqe1o>

Date un Voltio (2017). La catástrofe ultravioleta ¡Misterio cuántico resuelto! [Video] YouTube. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=tqoum6xr-FA>

Date un Voltio (2017). ¿Sabes qué es el Efecto Fotoeléctrico? [Video] YouTube. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=5CLj9uJPQKg>

QuantumFracture (Canal). El "Rayo Mortal" que Revolucionó la Física | feat. Catástrofe Ultravioleta [Video] YouTube. Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=8YL_QIGtdOc

PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder. Simulación "Efecto fotoeléctrico". Disponible en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/photoelectric>

PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder. Práctica "Efecto fotoeléctrico". Disponible en <https://phet.colorado.edu/es/contributions/view/4724>

Unidad de aprendizaje III. Inicios de la mecánica cuántica

En la tercera unidad de estudio se estudia el comportamiento dual de la luz y de la materia, para ello se hace una indagación sobre la propuesta de De Broglie sobre el hecho de asociar una longitud de onda a los electrones, así como a la luz se le asoció un comportamiento corpuscular al considerarla como un conjunto de fotones, adicionalmente se investiga sobre el Principio de Incertidumbre de Heisenberg para poder argumentar el comportamiento dual de la materia y, finalmente, se presenta el efecto Compton, como un caso particular de interacción entre ondas y partículas.

Propósito de la unidad de aprendizaje

Que el estudiantado reconozca, a partir de una revisión documental de carácter divulgativo, que el comportamiento dual de la luz y de la materia son fenómenos que, aunados a la propuesta de Planck, dieron origen a la Mecánica Cuántica, para que contraste la concepción de la materia y de la energía de la física clásica con la de la mecánica cuántica.

Contenidos

- Comportamiento dual de la luz y de los electrones
 - Experimento de la doble rendija
 - Propuesta de De Broglie
 - Principio de incertidumbre de Heisenberg

Actividades de aprendizaje

La mecánica cuántica ha evolucionado en gran medida durante el último siglo, sin embargo, los propósitos del curso se enfocan a comprender su origen, ya que los programas de estudio de educación secundaria y media superior no van

más allá del estudio del comportamiento dual de la luz y de la materia, por ello en esta última unidad se propone hacer una revisión documental de carácter divulgativo sobre la dualidad onda partícula; ésta no se debe de limitar únicamente a artículos de investigación o a otros documentos escritos, sino que se sugiere apoyarse en material audiovisual.

Se recomienda trabajar esta unidad construyendo una tabla comparativa que permita caracterizar una onda y una partícula para que, posteriormente, al abordar los subtemas de la propuesta de De Broglie y el Principio de Incertidumbre de Heisenberg se pueda comprender por qué la luz se puede analizar como onda y a veces como partícula dependiendo del fenómeno que se quiera estudiar, análogamente con los electrones, pues estos son partículas que se comportan como ondas bajo situaciones muy particulares, éste último fenómeno ayuda además a comprender que la mecánica cuántica es una rama de la física que se apoya en la estadística y la probabilidad.

Para que el estudiantado evidencie el cumplimiento del propósito de aprendizaje de la unidad se sugiere que elabore una narrativa en la que comunique el comportamiento dual de la luz y/o de la materia a adolescentes.

Respecto al proyecto integrador se deberá de culminar con la elaboración del documental científico, integrando la información trabajada a lo largo de las tres unidades de aprendizaje.

Evidencias	Criterios de evaluación
<p>El docente puede escoger las evidencias necesarias para evaluar el logro del propósito de la unidad por parte del estudiante, por lo que se hace alusión a la experiencia del docente para que determine cuáles productos escoger y en qué momentos utilizarlos, en seguida se muestran</p>	<p>Conocimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explica el comportamiento dual de la luz y de la materia. • Identifica las condiciones para observar un comportamiento dual. • Reconoce que la difracción de electrones evidencia su carácter ondulatorio.

algunas sugerencias acordes con los criterios de evaluación y a las actividades propuestas.

- Tabla descriptiva de onda y partícula.
- Narrativa sobre comportamiento dual.

Proyecto integrador

- Documental científico que muestre parte del proceso que originó la mecánica cuántica, considerando el conocimiento construido en las tres unidades de aprendizaje.

- Reconoce que el concepto de fotón está relacionado al carácter corpuscular de la luz.

- Reconoce que la mecánica cuántica se explica con base en la probabilidad.

Habilidades

- Investiga información científica en diversas fuentes.
- Clasifica información relacionada con las ondas y con las partículas.
- Comunica información científica con fines divulgativos.
- Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para búsqueda de información y sistematización de la misma.
- Maneja las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento para regular su propio aprendizaje.
- Comunica claramente la información en forma verbal, escrita y electrónica, atendiendo distintas audiencias.
- Utiliza herramientas digitales para la elaboración de materiales didácticos audiovisuales que fomenten el aprendizaje de la Física y sirvan para divulgar cómo se comenzó a cambiar el paradigma clásico al paradigma de la mecánica cuántica.

- Integra el conocimiento construido en un material didáctico audiovisual que sirva para fomentar el aprendizaje de la Física y divulgar cómo se comenzó a cambiar el paradigma clásico al paradigma de la mecánica cuántica.

Actitudes y valores

- Muestra autonomía en su proceso de aprendizaje.
- Persevera para concluir con las tareas y actividades.
- Participa en el desarrollo de las actividades y forma parte del trabajo colaborativo.
- Refleja una actitud abierta y honesta para movilizar saberes previos respecto a conocimientos aprendidos en otros cursos.
- Incluye la perspectiva de género para construir relaciones equitativas.
- Construye ambientes de aprendizaje colaborativos para favorecer las relaciones interpersonales.
- Respeta las opiniones, ideas y participaciones entre pares y del profesorado.
- Persevera en la conclusión de su proceso formativo.

- Tolera diferentes situaciones para incorporar otros saberes.
- Reconoce la igualdad de derechos entre las personas y promueve el respeto a la dignidad humana.
- Participa y promueve la responsabilidad ciudadana y la interculturalidad.

Bibliografía básica

A continuación, se presenta un conjunto de textos de los cuales el profesorado podrá elegir aquellos que sean de mayor utilidad, o bien a los cuales tenga acceso, pudiendo sustituirlos por textos más actuales.

Ruiz, A. (2010). Tocando la guitarra. En *MoleQla. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, pp. 4-5. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Número_Cero.pdf

García, J. (2010). Sobre la dualidad onda corpúsculo y su desarrollo histórico. En *MoleQula. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, pp. 29-31. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Número_Cero.pdf

Macho, J. (2010). Experimento de la doble rendija de Young. En *MoleQula. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, pp. 37-39. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Número_Cero.pdf

Bibliografía complementaria

Beltran, V. (1995). Para atrapar un fotón, México: FCE (La Ciencia desde México). Disponible en <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/107/htm/paraatra.htm>

Revello, J. (2010). El gato de Schrödinger. En *MoleQula. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, pp. 48-49. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero_Cero.pdf

Lorenzo, A. (2010). Un cielo a color. En *MoleQula. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, pp. 57-59. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero_Cero.pdf

Sinarcas, V. y Solbes, J. (2013). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la física cuántica en el bachillerato. En *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 31, núm. 3, pp. 9-25. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero_Cero.pdf

Recursos de apoyo

Date un Voltio (2017). El principio de incertidumbre de Heisenberg. [Video] YouTube. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=p9Ucf5LwWJM>

Unocero (2019). *Experimento inexplicable, la doble rendija*. [Video] YouTube. Disponible en <https://youtu.be/QelKg7GrZFg>

Date un Voltio (2016). *¿Qué es la mecánica cuántica?* [Video] YouTube. Disponible en <https://youtu.be/zOX-gbH7J64>

Perfil docente sugerido

Perfil académico

Maestría o doctorado en el área de educación con especialidad en Física o maestría en Ciencias Físico-Matemáticas con formación para la docencia (diplomados, especialidad, maestría o doctorado en el área de educación).

Deseable: experiencia de investigación en el área de enseñanza y aprendizaje de la Física.

Nivel académico

Obligatorio: nivel de licenciatura en el área de educación con especialidad en Física o ingeniería (Civil, Eléctrica y Electrónica, Geofísica, Geológica, Mecatrónica, Mecánica, Petrolera, Química, Ciencias de la Tierra, Física Biomédica), con formación docente demostrable (diplomados, especialidad, maestría o doctorado en el área de educación).

Maestría o doctorado en el área de educación con especialidad en Física o maestría Físico-Matemática, Astrofísica, Ciencias Físicas (Física Médica, Física) con formación docente demostrable (diplomados, especialidad, maestría o doctorado en el área de educación).

Deseable: experiencia de investigación en el área de enseñanza y aprendizaje de la Física (curso, talleres, diplomados).

Experiencia docente para:

- Conducir grupos de nivel básico (secundaria), nivel medio superior (bachillerato) y/o educación superior.
- Planear y evaluar por competencias.
- Utilizar las TIC y las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Retroalimentar oportunamente el aprendizaje de los estudiantes

Recursos bibliográficos del curso

Rodríguez-Meza, M. y Cervantes-Cota, J. (2006). El efecto fotoeléctrico. En *CIENCIA ergo sum*, vol. 13, núm. 3, pp. 303-311. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/104/10413309.pdf>

Secretaría de Educación Pública (2019). *Normas específicas de control escolar relativas a la selección, inscripción, reinscripción, acreditación, regularización, certificación y titulación de las licenciaturas para la formación de docentes de educación básica en la modalidad escolarizada (Planes 2018)*. México: SEP.

Silva, J. (2010). La catástrofe del ultravioleta. En *MoleQla. Revista de Química de la Universidad de Pablo de Olavide*, vol. 0, pp. 71-72. Disponible en https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero_Cero.pdf

Solbes, J. y Sinarcas, V. (2009). Utilizando la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos claves de física cuántica. En *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, núm. 23, pp. 123-151. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3082135>