
DISEÑO CURRICULAR DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

FÍSICA CONTEMPORÁNEA

5to. Año

FUNDAMENTACIÓN

El objetivo de este espacio curricular es introducir las bases de la física moderna, presentando los principales resultados que tuvieron origen en la revolución experimentada por la física a fines del siglo XIX. Los contenidos ilustran como se construyó la ciencia: nuevos conceptos o teorías son introducidas para resolver los problemas científicos que no eran explicados por las teorías vigentes. En este sentido, la contextualización histórica es un aspecto a tener en cuenta en la presentación de los conceptos y teorías.

Entre los ejes temáticos se presenta la teoría especial de la relatividad, que tiene bases en la mecánica newtoniana, a partir del concepto de sistema de referencia inercial y el principio de relatividad de Galileo. Los aspectos innovadores de la teoría de Einstein deben ser puestos en relieve a la hora de presentar esta unidad.

Otro aspecto que se aborda son los orígenes de la teoría cuántica, la cuantización de la energía se ejemplifica en la interacción de la radiación con la materia, donde es fundamental señalar la importancia de las aplicaciones tecnológicas de base cuántica en la sociedad de hoy.

El estudio de la radioactividad se justifica también por su interés actual. La discusión sobre la inestabilidad de los átomos y la equivalencia de masa-energía de Einstein en las radiaciones nucleares permiten avanzar con los contenidos de la mecánica cuántica.

La relatividad y la mecánica cuántica profundizan un cuestionamiento sobre la naturaleza, basado en el sentido común de las experiencias sensoriales.

La inclusión de Física Contemporánea, se justifica por tres motivos, por un lado permite dar una visión más realista a los alumnos sobre los principios físicos de principio de siglo, ya que la física de la escuela secundaria se refiere a la física entre el siglo XVIII y XIX. Por otro lado, la enseñanza de la física moderna nos permite poner de relieve los aspectos clave de la construcción del conocimiento científico, hacia adelante y confrontar ideas y las teorías científicas que revolucionó la física y la ciencia misma. Por último, las numerosas aplicaciones de la física la mecánica cuántica moderna, en particular, lo que llevó a los artículos en los que tienen contacto diario (teléfonos móviles, ordenadores, CD-ROM, etc.) y hoy en día, ofrecer un nivel de bienestar de personas antes insospechadas, también justifican su inclusión en programa.

DISEÑO CURRICULAR DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

CAPACIDADES A DESARROLLAR

- Comprender leyes de la Óptica Física y los fenómenos de Interferencia, Difracción y Polarización.
- Comprender y analizar los modelos atómicos y moleculares y los conceptos de la Relatividad y la Mecánica Cuántica.
- Desarrollar destreza en la aplicación los conceptos estudiados a situaciones problemáticas, tanto ideales como de la vida cotidiana.
- Reconocer relaciones entre investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación productiva e identifiquen las fortalezas y limitaciones de cada una.
- Utilizar apropiadamente el lenguaje científico de la física y los materiales, dispositivos e instrumentales básicos de uso habitual en trabajos de campo y laboratorios de investigación científica.
- Valorar el aporte de numerosos científicos al desarrollo de las Teorías sobre la naturaleza de la luz que permitieron una serie de notables logros tecnológicos y la evolución hacia nuevas Teorías.

EJES FORMATIVOS

EJE TEMÁTICO N° 1: ÓPTICA ONDULATORIA

Espectro de la radiación electromagnética. Ondas electromagnéticas. Velocidad de la luz en el vacío. Medición: Método de Roemer. Método de Foucault. Velocidad de la luz en otros medios. Consideraciones preliminares de los fenómenos de Interferencia, difracción y polarización.

EJE TEMÁTICO N° 2: FÍSICA DEL ÁTOMO

Física del Átomo y sus implicaciones en la ciencia, la tecnología y la sociedad: Estructura de la materia. Modelos atómicos. Radiación. Espectros.

EJE TEMÁTICO N° 3: FÍSICA DEL NÚCLEO

Física del Núcleo y su impacto en la ciencia, la tecnología y la sociedad. Núcleo atómico. Radiactividad. Energía nuclear, fisión y fusión.

DISEÑO CURRICULAR DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

EJE TEMÁTICO N° 4: TEORÍAS DE LA RELATIVIDAD

Teoría de la Relatividad: El tiempo y el espacio para sistemas en movimiento relativo. Transformaciones de masa y energía.

EJE TEMÁTICO N° 5: MECÁNICA CUÁNTICA

Mecánica Cuántica: Cuantificación de la radiación. Incertidumbre. Dualidad onda-partícula. Ecuación de Schrödinger. Partículas elementales: Aceleradores. Altas energías. Nociones sobre el modelo estándar.

ORIENTACIONES PARA LA ENSEÑANZA

La enseñanza de los temas de Física Contemporánea constituye uno de los desafíos más importantes dentro de los contenidos de ciencias que se deben desarrollar en el ciclo orientado en ciencias naturales.

Cuando hablamos acerca de las orientaciones didácticas para la enseñanza de la física contemporánea, nos encontramos frente a un conjunto importante de investigaciones en didáctica de enseñanza de la física que nos orientan sobre algunos aspectos relevantes que deberíamos considerar a la hora de planificar nuestras clases. Hablando en términos generales son tres las corrientes representativas de propuestas de enfoques metodológicos para introducir la física moderna y contemporánea en la enseñanza media:

- La exploración de los límites de los modelos clásicos; la no-utilización de referencias a los
- modelos clásicos; la elección de tópicos esenciales (Terrazzan, 1994; Camargo, 1996; Pereira, 1997; Alvetti y Delizoicov, 1998).

La primera corriente, proviene de trabajos de Gil y Solbes (1988) quienes señalan, a partir de análisis de libros didácticos de Física de España, que la mayoría de estos no hacía ninguna referencia acerca de:

- el carácter no lineal del desarrollo científico
- las dificultades que originan la crisis de la física clásica
- las profundas diferencias conceptuales entre la física clásica y la moderna

Para superar las limitaciones señaladas, los autores consideran necesario tener como referente un modelo constructivista de enseñanza-aprendizaje en la perspectiva de un cambio conceptual y metodológico (Gil et al., 1987; Solbes et al., 1987a; Gil y Solbes, 1993). Estos autores además sugieren cuatro actividades, introductorias para el desarrollo de un programa completo:

- 1- Revisión de las principales contribuciones de la física clásica;

DISEÑO CURRICULAR DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

- 2- Formación de una imagen de concepto de materia compatible con la física clásica;
- 3- Reconocimiento de una de que la física es una construcción que puede no resolver algunos problemas relevantes. Reconociendo al mismo tiempo que la física pre galileana fue sustituida por el nuevo paradigma clásico.
- 4- Conceptualización de la física clásica como un cuerpo coherente de conocimientos que consigue explicar casi todos los fenómenos conocidos en el siglo XIX, faltando unos pocos casos. Enumeración de estos problemas no resueltos.

Dentro de esta corriente metodológica, Carvalho et al (1999), sugiere como estrategia la exploración de los límites clásicos para la introducción de los nuevos temas.

La segunda corriente referida a—la no-utilización de referencias a los modelos clásicos— se atribuye a las investigaciones de Fischler y Lichtfeldt (1992) de la Universidad Libre de Berlín. En buena medida en oposición a la corriente anterior, estos investigadores consideran que el aprendizaje de la física moderna y contemporánea es dificultado por el uso frecuente de analogías clásicas. Por ejemplo, el átomo de Bohr, una vez aprendido, pasa a ser un obstáculo para el entendimiento de teorías más modernas. Así proponen cinco premisas básicas para el abordaje de la mecánica cuántica:

- Las referencias clásicas deben ser evitadas;
- Introducción del efecto fotoeléctrico a partir de las características de los electrones y no de los fotones
- La interpretación estadística del fenómeno debe ser usada en descripciones y las descripciones dualistas deben evitarse
- Relación de incertidumbre de Heisenberg debe ser introducida al comienzo - Exclusión del modelo de Bohr en el tratamiento del átomo de hidrógeno.

En la tercera corriente —elección de tópicos esenciales— es contribución de Arons (1990) de la Universidad de Washington. El autor propone que sólo unos pocos conceptos de física moderna y contemporánea deben ser enseñados en la escuela media. Según Arons, lo más importante en un curso introductorio de física moderna y contemporánea es proporcionar a los alumnos «alguna percepción» respecto a conceptos como *electrones*, *fotones*, *núcleos* y *estructura atómica*. Él defiende también la búsqueda de apoyo en la física clásica para abordar los tópicos modernos y contemporáneos. O sea, es necesario buscar en la física clásica los prerrequisitos esenciales para que los nuevos tópicos sean comprensibles.

En relación a las investigaciones desarrolladas en nuestro país podemos mencionar el trabajo producidos por Otero, Fanaro y Arlego (2009). En este trabajo se definen las distintas estructuras conceptuales que es necesario reconstruir para abordar el problema de cómo enseñar nociones cuánticas partiendo de la situación del alumno, respetando su lugar e invitándolo a que asuma su responsabilidad, es decir, generando una dinámica emocional de aceptación.

En la tesis de Fanaro (2009) relativa a la Enseñanza de la Mecánica Cuántica en la Escuela Media, se elabora una estructura conceptual de referencia relacionada con el enfoque de la Mecánica Cuántica de Feynman “Path Integrals” o “Caminos Múltiples”, que es alternativo y complementario al enfoque canónico. Su potencial reside en que permite prescindir del desarrollo estrictamente histórico y tradicional, que se adopta usualmente en la enseñanza. Se parte de la

DISEÑO CURRICULAR DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Física Clásica –cuyos conceptos son familiares a los estudiantes- y se analiza y fundamenta la transición entre la mecánica cuántica y la clásica. Así, se estudia cómo enseñar el concepto de sistema cuántico y los Principios de Superposición y de Correspondencia. La formulación matemática de la Integral de Camino se adapta al conocimiento matemático de los estudiantes empleando un marco geométrico-vectorial. La técnica se aplica para explicar los resultados que se obtienen en la Experiencia de la Doble Rendija (EDR).

Allí se adoptan los lineamientos didácticos propuestos en Otero (2006; 2007) que integran la Teoría de los Campos Conceptuales (Vergnaud, 1990), la Teoría del Aprendizaje Significativo (Ausubel, 1963, 1968; Novak, 1982; Gowin, 1981; Novak & Gowin, 1984); la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (Moreira, 2000) y las ideas sobre emociones, conocimiento y lenguaje de Maturana (1995).

Consideramos importante profundizar en los lineamientos didácticos propuestos por Vergnaud, quien considera que una propuesta didáctica debe basarse en situaciones de aprendizaje y buscar generar aprendizajes significativos.

En consecuencia es fundamental atender los siguientes aspectos a la hora de organizar nuestras clases:

- a) la elaboración de situaciones potencialmente significativas para los alumnos no es tarea fácil, y demanda un largo tiempo de preparación;
- b) situaciones basadas solamente en el dominio conceptual no son suficientes para que el alumno se sienta completamente involucrado;
- c) situaciones que los científicos consideran desafiantes en su vivencia profesional, no siempre son consideradas de la misma forma por los alumnos;
- d) una situación potencialmente significativa (fructífera) para el alumno es aquella que lo motive y lo seduzca, generando interés para que se empeñe en resolverla;
- e) podemos también diferenciar las situaciones en cuanto a su empleo en la clase: las que se destinan a la introducción de conceptos y las utilizadas como evaluación del aprendizaje. Sin olvidar que en las situaciones de evaluación también puede haber aprendizaje.

En cuanto a la teoría de David Ausubel, el concepto central de la es el de *aprendizaje significativo*, un proceso a través del cual se relaciona una nueva información, de manera no arbitraria y sustantiva (no literal), a un aspecto específicamente relevante de la estructura cognitiva del individuo. De esta forma, para Ausubel, el conocimiento previo (subsunsor) es el principal factor separado que influye en la adquisición de nuevos conocimientos. El aprendizaje significativo se opone al aprendizaje mecánico, en el cual hay solamente memorización de informaciones inconexas.

De acuerdo con la Teoría de los Campos Conceptuales, el proceso enseñanza-aprendizaje se da a partir de la elaboración de situaciones que tengan en cuenta la identificación de los conocimientos previos necesarios para que haya aprendizaje significativo, la interacción con conceptos nuevos y, en algunos casos, proporcionar una ruptura con conocimientos que puedan ser obstáculos. El aprendizaje significativo ocurre cuando el sujeto domina un conjunto de situaciones que relacionan varios conceptos y domina el campo conceptual que engloba estos conceptos.

DISEÑO CURRICULAR DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

De acuerdo con los referenciales teóricos adoptados, el profesor tiene como papel principal proveer, a través de la identificación y propuesta de situaciones, oportunidades a los alumnos para que desarrollen sus esquemas en la zona de desarrollo proximal (Vergnaud, 2004). Estas situaciones deben ser cuidadosamente escogidas y presentadas en el momento adecuado, para que ocurra el aprendizaje deseado. Pensamos entonces que el proceso enseñanza-aprendizaje debe de ser conducido de forma que el alumno conceptualice y desarrolle sus propios esquemas frente a una clase de situaciones y reconozca cuáles son los esquemas apropiados para diferentes clases de situaciones, para que, de esta forma, haya un aprendizaje significativo. Para que este procedimiento tenga el suceso pretendido, es necesario que el alumno se apropie de la situación propuesta, o sea, que sea significativa para él (Franchi, 1999, pág. 189).

EVALUACIÓN: CRITERIOS E INSTRUMENTOS²³

En cuanto a la evaluación se sostiene lo propuesto para el espacio curricular de Física Clásica.

La evaluación debe ser de carácter permanente, formativa tiene, y utilizar una variedad de instrumentos. Hay ciertas habilidades que no pueden ser evaluados en una simple prueba escrita por lo tanto herramientas de evaluación, además de las pruebas y el trabajo escrito y oral diversificado, debe incluir los registros realizados por el profesor a partir de observaciones en el desarrollo normal de las actividades en el aula.

En este marco, se recomienda:

- Incluir en la evaluación los informes derivados de las experiencias/prácticas educativas en el mundo del trabajo y actividades de investigación científica escolar realizadas por los estudiantes.
- Utilizar variadas estrategias e instrumentos de evaluación que promuevan la metacognición de los estudiantes, la auto y la coevaluación, a partir de, por ejemplo, portafolios, bases de orientación, redes conceptuales, V de Gowin, etcétera, y que no excluyen otros instrumentos, como las pruebas escritas, diseñadas de manera que resulten coherentes con las recomendaciones sobre la enseñanza, anteriormente mencionadas.
- Explicitar los criterios que se utilizarán para dar cuenta del nivel y características de la producción esperada y hacerlos conocidos y compartidos con la comunidad educativa. Por ejemplo:
 - En relación a los hábitos de trabajo.
 - En relación a la información propia del espacio curricular, algunos **criterios** de evaluación:

²³ **Documento: Consejo Federal de Educación: Marcos de Referencia de Educación Secundaria Orientada. Bachiller con orientación en Ciencias Naturales.** 2011

DISEÑO CURRICULAR DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

- Precisión al explicar aplicar la relación de Planck.
- Relación entre la insuficiencia de la teoría ondulatoria de la luz para explicar el efecto fotoeléctrico, con formulación de la teoría de Einstein de los fotones.
- Vinculación de la teoría de los fotones de la naturaleza corpuscular de la radiación electromagnética, cuya energía es definido por la relación de Planck.
- Asociación del comportamiento corpuscular de la luz para el efecto fotoeléctrico y comportamiento de las ondas los fenómenos de interferencia y difracción. - Interpretación de la dualidad onda-partícula de la luz.
- Interpretación de los efectos de la interacción de las radiaciones no ionizantes con la materia
- Caracterización cualitativa de la interacción de la radiación con la materia en el efecto fotoeléctrico, en el efecto Compton y la producción y la aniquilación de pares de partículas
- Reconocimiento de los efectos de la interacción de la radiación con la materia en imágenes para el diagnóstico en la medicina.
- Conocimiento del mecanismo para la producción de rayos X basado en el proceso inverso del efecto fotoeléctrico.
- Interpretación de los espectros atómicos basados en la emisión y absorción de los fotones y reconocer la Bohr contribución de esta interpretación.
- Interpretación de la relación de De Broglie.
- Reconocimiento de que la dualidad onda-partícula subyace en el principio de incertidumbre. Reconociendo, por la equivalencia entre masa y energía, la masa total del núcleo es un menor la suma de las masas de sus nucleones.
- Evaluación de las ventajas y desventajas del uso de las radiaciones ionizantes.
- Descripción e interpretación del proceso de fusión nuclear.
- Conocimiento de las ventajas e inconvenientes de las aplicaciones de la energía nuclear.
- Referidos a las relaciones interpersonales: alumno-alumnos-equipo de trabajo-docente.
- En relación a los modelos científicos escolares: complejización, pertinencia, abstracción, grado de generalidad, originalidad, aplicabilidad.

Algunos **instrumentos** de la evaluación sugeridos son: Test de lápiz y papel; respuestas escritas; listas de observación; registros ocasionales; portfolios; diarios de campo; exámenes escritos (preguntas cortas, largas, opción múltiple, entre otras); trabajos prácticos; informes de investigación; informes de actividades interactivas usando software o simulaciones.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

PARA DOCENTES

Alonso, M., y Finn, J. (1970): *Mecánica*. México, Fondo Educativo Interamericano.

Alonso, M., y Finn, J. (1970): *Física. Campos y ondas*. México, Fondo Educativo Interamericano.

Giancoli, D. C. (1985): *Física. Principios y aplicaciones*. Barcelona. Reverté.

Halliday, D., y Resnick, R. (1978): *Fundamentos de Física*. México/Barcelona. CECSA.

DISEÑO CURRICULAR DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

- Hewitt, Paul** (1995): *Física conceptual*, Addison Wesley Iberoamericana.
- Holton, G.** (1988): *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Reverté. Barcelona.
- PSSC** (1975): *Física* (3.a ed., dos volúmenes). Barcelona. Reverté.
- Tipler, P. A.** (1978): *Física* (dos volúmenes). Barcelona. Reverté.
- Alves De Carvalho Neto, R.** (2006): *Aspecto predictivo da mecânica clássica e da mecânica quântica: uma proposta teóricometodológica para alunos do ensino médio*. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS.
- Alves De Carvalho Neto, R.; Freire Júnior, O.; Silva, J.L.** (2009): Improving students' meaningful learning on the predictive nature of quantum mechanics. Vol.14. Nº 1: pp. 65-81.
- Araujo Pinheiro, L.; Cabral Da Costa, S.** (2009): *Relato sobre implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais ensino médio*. Trabalho apresentado na VII RELAEF. Revista Experiências em Ensino de Ciências.Vol.4. Nº3.-
- Fanaro, M. de Los A.** (2009): TESIS DOCTORAL “*La Enseñanza de la Mecánica Cuántica en la Escuela Media*”. <http://dspace.ubu.es:8080/tesis/handle/10259/109>
- Krey, I.; Moreira, M.A.** (2009): *Implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza para el tópico física de partículas en una disciplina de estructura de la materia basada en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol.8. Nº3.-
- Ostermann, F.; Moreira, M.A.** (2000): *Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores*. Revista Enseñanza de las ciencias. Vol.18 Nº3.-
- Otero, M.A.; Arlego, M.; Otero, M.R.** (2007): *El método de caminos múltiples de Feynman como referencia para introducir los conceptos fundamentales de la mecánica cuántica en la escuela secundaria*. Cad. Bras. Ens. Fís., Vol. 24. Nº 2.: p. 233-260.
- Otero, M.R.; Fanaro, M. de los A.; Arlego, M.** (2009): *Investigación y desarrollo de propuestas didácticas para la enseñanza de la Física en la Escuela Secundaria: Nociones Cuánticas*. Revista Electrónica de investigación en educación en ciencias. Vol.4. Nº1.-
- Vicentini, A.; Melquiades, F.L. et all.** (2011): *Instrumentação para ensino de física moderna e sua inserção em escolas de ensino médio- Relato de experiência*. Investigações em Ensino de Ciências – Experiências em Ensino de Ciências – Vol. 6. Nº 3, pp. 38-44.