



Desarrollo curricular

PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA EN FÍSICA

**Serie: Sentidos y prácticas en el currículum de
la formación de profesoras y profesores de
educación secundaria**

Documento de acompañamiento curricular para el tercer año
del Campo de la Formación Específica

Subsecretaría de Educación
Dirección Provincial de Educación Superior
Dirección de Formación Docente Inicial



DIRECCIÓN GENERAL DE
CULTURA Y EDUCACIÓN



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE
BUENOS AIRES

Autoridades

Gobernador

Axel Kicillof

Vicegobernadora

Verónica Magario

Director General de Cultura y Educación

Flavia Terigi

Subsecretaria de Educación

Claudia Bracchi

Directora Provincial de Educación Superior

Carlos Grande

Director de Formación Docente Inicial

Daniel Siarra

Equipos de trabajo

Subdirección Curricular

Dirección de Formación Docente Inicial

Subdirección Curricular

Elisa Adriana Pinelli

Coordinación de la Serie

Guido Gualtieri y Elisa Adriana Pinelli

Equipo de trabajo

Victor Furci, Fernanda Sciutto

Diseño editorial y maquetación

Equipo de la Dirección Provincial de Comunicación

Índice

Introducción	5
Aspectos particulares del tercer año priorizados en cada Unidad Curricular del Campo de Formación Específica	9
Astronomía	11
Articulación con las líneas de formación	13
Orientaciones para la enseñanza	14
Bibliografía sugerida	17
Ondas y Óptica	19
Orientaciones para la enseñanza	20
Articulación con las líneas de formación	22
Bibliografía sugerida	25
Termodinámica	27
Articulación con las líneas de formación	28
Orientaciones para la enseñanza	31
Bibliografía sugerida	32
Electromagnetismo	34
Articulaciones con las líneas de formación	34
Orientaciones para la enseñanza	35
Bibliografía sugerida	38
Matemática asociada a la Física	39
Orientaciones para la enseñanza	39
Articulaciones con las líneas de formación	43
Bibliografía sugerida	46
Didáctica de la Física	47
Orientaciones para la enseñanza	48
Articulaciones con las líneas de formación.....	52
Bibliografía sugerida	54

Introducción

Se presentan en este apartado algunas cuestiones que se consideran importantes al momento de planificar, fundamentar e implementar las propuestas didácticas del Diseño Curricular del tercer año, en el que se profundizan las ramas principales de la Física y sus contenidos específicos.

Además se analizan en este documento las articulaciones con primer y segundo año y el modo de dar continuidad con respecto al cuarto año de la formación docente inicial.

Se propone atender a ciertas pautas de lectura, comenzando por las definiciones técnicas del Diseño Curricular (DC), que ofrecen una visión general, sintética y operativa, de la propuesta curricular. Recuperar las tres líneas de formación, que encarnan los propósitos de la política educativa en general y la política curricular en particular.

En el caso del profesorado de educación secundaria en Física, los ejes considerados son:

1. La enseñanza de la Física
2. Conocimiento en Física y sobre la Física
3. La construcción del área de Ciencias Naturales

En este marco se promueve la integración entre el saber disciplinar, el pedagógico y el didáctico y la articulación con otras áreas de conocimiento, necesarios para la formación de docentes a desempeñarse en el Nivel Secundario, basado en los siguientes criterios:

- Construcción del conocimiento específico que una profesora o un profesor de Física debe dominar para poder guiar a sus estudiantes en la descripción, explicación y anticipación de los fenómenos físicos que ocurren a nuestro alrededor, y de los procesos de construcción y validación de dicho conocimiento.
- Desarrollo de criterios válidos que una profesora o un profesor de Física requiere para interpretar y valorar la información brindada por los medios de comunicación y las redes sociales, que le permita informarse y tomar decisiones con base científica en una sociedad moderna.

- Aplicación contextualizada del conocimiento didáctico específico necesario para poder enseñar este conocimiento disciplinar específico a sus estudiantes, de forma complementaria y en relación con el desarrollo histórico de la física, la epistemología y la pedagogía.

Se propone entonces una formación disciplinar, estrechamente acompañada por la adquisición del conocimiento pedagógico específico, que tenga especialmente en cuenta los problemas de aprendizaje inherentes a cada uno de los núcleos de física. Por ello las finalidades formativas propuestas en el Diseño Curricular para las distintas unidades curriculares están pensadas desde la integración de estos dos saberes (disciplinar y didáctico) y de los mismos con los de otras disciplinas y con los otros campos de formación. Para ello, es necesario pensar de manera estratégica cómo se va a interactuar con el mundo y cómo se va a enseñar, es decir abordar el contenido científico, las formas en que dicho conocimiento es construido y validado y, además, las formas de enseñarlo en el nivel de desempeño. Esto implica pensar la enseñanza y el aprendizaje como un proceso de alfabetización científica y tecnológica.

En este sentido, se busca superar la enseñanza tradicional, en tanto que no se pretende que las y los docentes en su formación inicial aprendan solo datos, principios, leyes y conceptos aislados, como verdades absolutas y acabadas, por el contrario se apunta a formar ciudadanos críticos que, además, cuenten con saberes sobre los procesos mediante los cuales se construye aquello que se asume como ciencia.

También se recomienda atender a las orientaciones sobre los diversos formatos de las unidades curriculares (asignatura, seminario, taller, entre otros), el régimen de correlatividades, y la bibliografía de referencia.

En relación con otros materiales curriculares de referencia que pueden orientar la implementación del tercer año, se sugiere la lectura del documento de desarrollo curricular elaborado por la DPES (Dirección Provincial de Educación Superior) para la implementación del primer año en 2023, del segundo año en 2024, el documento Organización y desarrollo de unidades curriculares cuatrimestrales y las resoluciones sobre conformación de los equipos institucionales, los diseños curriculares de Física, Química y Biología, y los diseños curriculares de la escuela secundaria.

Un segundo aspecto general que se propone considerar en el proceso de implementación del tercer año es la articulación vertical con espacios curriculares de primer, segundo y cuarto año. Este diseño se basa en una concepción espiralada del proceso formativo, superando la concepción de que un determinado contenido o procedimiento es aprendido de una vez y para siempre, si no que se construye en sucesivas y diversas aproximaciones. Esta concepción permite fijar el alcance o profundidad de los contenidos disciplinares abordados en cada Unidad Curricular, teniendo en cuenta saberes previos y próximas revisiones en cursos posteriores.

De manera similar, es importante considerar el proceso de articulación horizontal entre las asignaturas del Campo de Formación Específica, y la articulación con el Campo de Formación General y sus asignaturas del tercer año (Política educativa argentina, Problemas filosóficos de la educación y Trayectorias educativas de jóvenes y adultos), y con el Campo de la Práctica Docente (que focaliza en tercer año la especificidad de la tarea docente, la enseñanza y acompañamiento de las trayectorias educativas, la planificación de la enseñanza, la reflexión como instancia de aprendizaje y retroalimentación, por medio de la participación en situaciones de enseñanza áulica, planificadas y situadas territorial e institucionalmente).

Otro aspecto general del tercer año es la incorporación de unidades curriculares cuatrimestrales y la consecuente conformación de Equipos de Investigación y Extensión. Estos equipos permiten potenciar aprendizajes, siempre que se produzca una adecuada articulación entre espacios curriculares y equipos institucionales. Los espacios curriculares “Astronomía” (del Campo de Formación Específica) y “Trayectorias Educativas de jóvenes y adultos” (del Campo de Formación General), se incorporan en el tercer año, habilitando el crecimiento de los equipos de investigación y acompañamiento a las trayectorias educativas, cuyas producciones son consideradas insumos para la enseñanza del plantel docente de la carrera. Estos espacios formativos y de investigación habilitan procesos de articulación válida y significativa entre unidades curriculares.

También se propone considerar otra cuestión general, muy importante en el tercer año, que es la incorporación de la Didáctica de la Física como Unidad Curricular que aborda la didáctica específica, en formato de taller. Esta Unidad Curricular se incorpora en tercer año, junto con la propuesta del Campo de la

Práctica Docente, que enfatiza la planificación contextualizada de situaciones de enseñanza áulica. Esta característica articuladora del diseño entre estas dos unidades curriculares, debería ser aprovechada en un sentido formativo, en las unidades curriculares de contenidos específicos de Física, por el acercamiento de las y los estudiantes a las formas de producción y validación de conocimientos en cada Campo de la Física, su historia, sus aspectos epistemológicos y dificultades específicas para su enseñanza situada en el Nivel Secundario. En este sentido el diseño propone una formación profesional que permita el trabajo conjunto, con otras y otros docentes del área, para el diseño e implementación de propuestas didácticas que aborden temas complejos, multidisciplinares y significativos para las y los estudiantes de las escuelas secundarias.

Para favorecer este enfoque es útil recordar que los modelos científicos, junto a las actividades experimentales y el desarrollo de teorías altamente matematizadas, constituyen las tres formas principales de producción de conocimiento en Física. Estas formas de producción de conocimiento deberían estar reflejadas en forma equilibrada en las propuestas didácticas del tercer año. Interesa especialmente enfatizar la necesidad del trabajo con modelos y modelización en el proceso formativo de docentes de Nivel Secundario, considerando los escasos tiempos formativos disponibles, y la potencia epistemológica y cognitiva de los mismos.¹

La palabra “modelo” adquiere diferentes significados según se la emplee dentro del ámbito científico, en el lenguaje cotidiano y en particular en la enseñanza de las ciencias. Según Justi (2011), una definición bastante aceptada de modelo es aquella que lo define como una “representación parcial de un objeto, un evento, un proceso o una idea, creado con un objetivo específico”. Es importante notar que al hacer referencia a representaciones parciales de eventos, objetos o procesos se está asumiendo que el modelo puede ser modelo en términos de la estructura; la forma; las acciones; los procedimientos, entre otros. Esa parcialidad pone de manifiesto que los modelos: no son la realidad, no son copias de la realidad, y por lo tanto tienen limitaciones, tanto en los modelos científicos académicos, como en los modelos

1 Orozco Marbello, A., y Amador-Rodríguez, R. (2021). Revisión de modelos científicos en la enseñanza de la física: Un análisis para su abordaje en las aulas. *Biografía*. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/14875>

construidos en el marco de la ciencia escolar. Esta observación está vinculada al hecho bastante habitual, según recogen las investigaciones, donde se pone de manifiesto que, durante la enseñanza y el aprendizaje de un contenido, las y los estudiantes consideran que el modelo de ciencia escolar que se estudia es la realidad.²

Cabe destacar, finalmente, la importancia que se asigna a las prácticas de lectura, escritura y oralidad que se detallan en cada Unidad Curricular y que, según se expresa en el Diseño Curricular: “Como parte de la formación docente inicial se propone favorecer la interacción oral en clase a partir de aquello que se lee y escribe. Hablar acerca de lo escrito o leído permite expresar diversos puntos de vista y argumentar el propio, a la vez que se negocian sentidos y significados y se ejerce vigilancia crítica acerca de lo que se enuncia. Así, habilitar y empoderar las voces de las y los estudiantes contribuye a constituirlos como futuras y futuros profesionales. Este hablar profesional está vinculado con el discurso propio como docente”.

Aspectos particulares del tercer año priorizados en cada Unidad Curricular del Campo de Formación Específica

A continuación, se propondrán algunas ideas referidas a cada una de las unidades curriculares del Campo de la Formación Específica, como aclaraciones o sugerencias respecto de ciertos contenidos, elementos didácticos, recursos, o propuestas de actividades particulares, con ejemplos de casos y posibles contextos para la enseñanza, para acompañar la planificación didáctica y la enseñanza en las seis unidades curriculares del Campo de la Formación Específica del tercer año del Profesorado de Educación Secundaria en Física (Astronomía, Ondas y Óptica, Termodinámica, Electromagnetismo, Matemática asociada a la Física y Didáctica de la Física).

Cada apartado se organiza en los siguientes ejes: sentido de la unidad, articulaciones sugeridas, orientaciones para la enseñanza, ejemplos de abordaje y sugerencias bibliográficas.

Algunos aspectos que se enfatizan y resultan comunes a todas las unidades curriculares del Campo de la Formación Específica

2 Peticarrari, A., y Oliveira Figueiredo, A. (2022). El aprendizaje basado en modelos mantiene a los alumnos activos y con atención sostenida. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 19(3), 3102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3102

de tercer año son: recuperar e integrar contenidos de primer y segundo año; trabajar sobre el estudio de casos contextualizados, ya sea en relación con el desarrollo histórico de cada campo de la física o a sus aplicaciones tecnológicas, colaborando en la construcción de área de las Ciencias Naturales; articular con los otros campos de la formación, con los equipos institucionales y, especialmente, con la Unidad Curricular Didáctica de la Física.

Astronomía

El cielo es una presencia esencial al ser humano, aunque la sociedad en la que vivimos haya perdido su conexión con el cielo diurno y nocturno. La observación del firmamento a ojo desnudo no solo construye conocimiento, sino que nos permite emocionarnos en libertad. Fortalecer los vínculos con los otros es una forma de retomar nuestra relación individual y social con el cielo. (Néstor Camino, 2020)

El sentido de incluir esta Unidad Curricular en la formación de docentes de Física para el Nivel Secundario se expresa en sus finalidades formativas. Por un lado, se vincula con la importancia de la Astronomía como disciplina que, a lo largo de la historia —y en la actualidad—, ha aportado problemas y preguntas vinculados, por ejemplo, al origen y la evolución del universo, así como a la estructura y evolución de las estrellas, las galaxias y otros objetos celestes. Muchas de estas preguntas dieron origen a nuevos modelos, teorías y paradigmas dentro del desarrollo de la física como ciencia. Por otra parte, el conocimiento de esta disciplina requiere el estudio de distintos dispositivos tecnológicos de observación astronómica que requieren poner en práctica, articular e integrar distintos conocimientos y modelos explicativos de todas las ramas de la Física.

La Astronomía ha acompañado al ser humano en toda su historia y ha sido crucial en la comprensión del universo, revelando desde las partículas subatómicas más pequeñas hasta los supercúmulos de galaxias. Su influencia no solo ha transformado el conocimiento científico, sino que también ha dejado una profunda huella en la cultura y la sociedad. Los avances en este campo han permitido descubrir los secretos del cosmos y desarrollar tecnologías que han revolucionado la vida humana. Es y ha sido un área de especial interés para gran parte de la población, y en relación con otras áreas de la experiencia humana, como el arte, la filosofía y la espiritualidad. Los planetas, estrellas y demás cuerpos celestes despiertan enorme curiosidad, cuestionamientos, formulación de preguntas y, sobre todo, la reflexión sobre el lugar de la humanidad en el universo. Es así como producciones culturales diversas en la literatura, el cine, la música, y otras, son de habitual lectura y admiración por gran parte de la población.

En relación con las orientaciones didácticas para la enseñanza en esta Unidad Curricular, se sugiere promover actividades que relacionen los contenidos de Astronomía con fenómenos que

las y los estudiantes pueden observar en su entorno cercano: especialmente los fenómenos celestes que ocurren cotidianamente a su alrededor. Uno de los problemas en la enseñanza de esta disciplina, en el ámbito escolar, suele ser la desconexión y desconocimiento del cielo que se puede observar a diario y, entonces, se brinda implícitamente una idea errónea respecto a que estos fenómenos no tienen trascendencia en la vida corriente. De esta forma, las y los estudiantes suelen perder una importante oportunidad: la de comprender la cantidad de cambios culturales, filosóficos y científicos que ha habido en la historia de la humanidad en relación con la necesidad de explicar y predecir el movimiento de los astros en el cielo (Kuhn, 1957).

Por eso es importante conocer cuál ha sido en cada caso la dinámica del desarrollo histórico de las ideas y teorías acerca del tema a desarrollar, enseñar los contenidos científicos junto con sus métodos, privilegiar la puesta en cuestión de las creencias (conocimiento cotidiano de alumnas y alumnos) por sobre el cambio conceptual, articular las experiencias, el trabajo con textos, la exposición docente, la reflexión, la discusión, la argumentación y la resolución de problemas; todo esto, en un adecuado escenario didáctico donde las dudas, los errores y los intercambios entre pares y con su docente sean posibles, en la búsqueda de un aprendizaje cada vez más autónomo.

En síntesis, más allá de sus particularidades específicas, se sostiene que la enseñanza de la Astronomía no debe diferenciarse demasiado del modo en que deben enseñarse los contenidos de Ciencias Naturales en la escuela secundaria.

Formar a la profesora o al profesor para la enseñanza de la Astronomía va más allá de ilustrarlo en conjuntos de actividades o de transmitirle conocimientos teóricos, ya que la preparación para su enseñanza exige la construcción de una identidad profesional en el campo y, de acuerdo con Castiblanco (2013), un camino para lograr este propósito es educar en al menos tres dimensiones: disciplinar, sociocultural e interaccional. En lo disciplinar por medio de ejercicios de tipo metacognitivo, para el (re) conocimiento del contenido de la Astronomía, con base en resultados de investigación que articulan su historia, filosofía y epistemología. En lo sociocultural por medio del estímulo al pensamiento crítico y reflexivo, a partir de ligaciones entre conocimientos de las ciencias exactas, humanas y sociales, basados en ejercicios de análisis sobre diversas realidades y experiencias educativas. En lo interaccional para la preparación de clase

como un acto de investigación, a partir del enriquecimiento de la comunicación efectiva entre las y los participantes.

Articulación con las líneas de formación

En cuanto a posibles articulaciones de esta Unidad Curricular, se sugiere recuperar definiciones y aspectos epistemológicos de la Astronomía como disciplina autónoma que han sido abordados en Introducción a la Física y elementos de Astronomía, de primer año, tales como su carácter inter y multidisciplinar, la historia de la evolución de las ideas sobre la tierra y el universo, los modelos explicativos y conocimiento sobre el sistema solar, y especialmente los fenómenos observables asociados al sistema Sol-Tierra-Luna (día y noche, fases lunares, eclipses, clima y estaciones). También recuperar elementos de la observación astronómica a ojo desnudo y con telescopios.

Estos contenidos básicos del área pueden ser contextualizados, además, en relación con la enseñanza de la Astronomía en el Nivel Secundario, ya sea como contenidos específicos, o también como contextos de enseñanza de contenidos de física, u otras disciplinas del área, tomando como referencia los contenidos en distintas materias del Diseño Curricular de Nivel Secundario.

A la hora de planificar la enseñanza de ciertos contenidos de esta unidad, es importante fijar su alcance, retomando la concepción espiralada adoptada en este Diseño Curricular, con respecto a la profundidad de abordaje de cada rama de conocimientos de física, considerando que también se retomará y profundizará, en unidades curriculares correspondientes a cuarto año, como por ejemplo Relatividad, Astrofísica y Cosmología; Historia y Epistemología de la Física, y en los Espacios de Opción Institucional.

En relación con la Unidad Curricular Didáctica de la Física, se sugiere considerar las finalidades formativas de Astronomía, orientada a la formación de una persona científicamente alfabetizada que no solo conozca los resultados de la ciencia y sus productos finales, sino que comprenda sus procedimientos para identificar objetos y fenómenos; y se apropie y construya conceptos a partir de hablar, escribir, hacer y pensar sobre ellos. En esta asignatura se pretende favorecer una concepción de enseñanza pensando en la formación de ciudadanas y ciudadanos educados en la cultura científica de su tiempo.

Asimismo resulta pertinente mencionar las posibles articulaciones con la Unidad Curricular Cultura Digital con la finalidad

de vincular los distintos recursos disponibles para la enseñanza de la Astronomía, por ejemplo tecnologías como el software de observación del cielo, de simulaciones, interactivas, de análisis de datos, videos, fotografía astronómica con y sin telescopio, realidad aumentada, visualización 3D, películas, información en la web, etc., que ciertamente son recursos imposibles de ignorar, pero que además facilitan el desarrollo de ciertos procesos, siempre que la profesora o el profesor tenga clara la intención de su uso para un fin educativo, más allá de la mera motivación provisional o entretenimiento.

Orientaciones para la enseñanza

Algunos ejemplos, actividades o casos propuestos que podrían permitir abordar de manera contextualizada, articulada y significativa distintos contenidos de esta Unidad Curricular, en relación con los principales datos observacionales, modelos explicativos y teorías matematizadas vinculadas a la Astronomía, pueden ser los siguientes:

- **La Orientación y Navegación con base en la observación del cielo** (recuperar contenidos de posición y sistemas de referencia desde fundamentos y modelos de la mecánica clásica y de las matemáticas y Ciencias Naturales I y II).
- **Historia de la medición del tiempo y los calendarios.** El estudio del origen y forma de funcionamiento de los distintos tipos de relojes de sol utilizados desde la antigüedad para la medición del tiempo, permite recuperar contenidos de fundamentos y modelos de la mecánica clásica y de la óptica geométrica. La astronomía contribuyó al desarrollo de calendarios que permitieron organizar las actividades agrícolas y ceremoniales y su estudio es de fundamental importancia para conocer culturas de todo el mundo, desde los egipcios con su calendario solar, hasta los mayas y su calendario lunar, que utilizaban ciclos astronómicos para predecir fenómenos naturales. Estas observaciones fueron clave para la supervivencia de las sociedades y también influyeron en las festividades y rituales de diversas comunidades y constituyen una base de análisis del contexto histórico-cultural del desarrollo de la Astronomía.
- **Bases astronómicas del clima terrestre.** Se propone recuperar contenidos de ciencias de la Tierra de segundo año, abordar cuestiones como el efecto “invernadero” (efecto atmósfera), el

calentamiento global, articulando con Termodinámica, Electromagnetismo y Química y la actividad experimental I y II.

- **Aprovechamiento de la energía solar según la latitud terrestre**, pudiendo articular contenidos de Óptica, Electromagnetismo y Termodinámica, y el estudio del funcionamiento y diseño de colectores y paneles solares.
- **Propuestas de observación sistemática del cielo**; uso y acceso a instrumentos de observación astronómica, visita a observatorios o parques astronómicos, descripción, diseño y construcción de dispositivos de observación astronómica sencillos, entre otras. Se considera que tiene gran importancia la realización de actividades de observación a simple vista del cielo, ya que son indispensables para cumplir con el propósito de volver a reconciliar la Astronomía con la observación y para poder recuperar la costumbre ancestral que ligaba al hombre con su entorno, del cual el cielo era una parte más que trascendente. Estas actividades deben estar dirigidas a reconocer los astros más importantes que podemos ver en el cielo, y a tratar de determinar cómo estos modifican sus posiciones a lo largo del tiempo, siempre desde una posición centrada en nuestro propio punto de referencia. De esta forma, a partir de propuestas de observación y registro del cielo, tanto diurno como nocturno, las y los docentes podrán desarrollar contenidos sumamente importantes.
- A su vez, esta propuesta didáctica “geocéntrica”, centrada en la observación, descripción y explicación de los fenómenos celestes tal como se los puede distinguir a simple vista, debe dar lugar, posteriormente, a la introducción de una visión más abstracta y descentrada de nuestra posición de observadores terrestres. En este sentido, se cree que la explicación de los fenómenos astronómicos utilizando el modelo heliocéntrico, en el cual la Tierra se encuentra en movimiento, debe generarse luego de haber observado y comprendido cuáles son los fenómenos celestes que se desea explicar. De esta manera se estará reconociendo el valor que ha tenido el modelo geocéntrico a lo largo de la historia, de su gran simplicidad para modelar lo que se observa en el cielo y de su gran utilidad práctica para explicar y predecir la mayoría de los fenómenos celestes más cotidianos (Gellon, 2005).
- **Avances y observaciones astronómicas contemporáneas y actuales**. Desde la era moderna, la Astronomía ha experimentado avances impresionantes que han ampliado

significativamente nuestro entendimiento del universo: en el siglo XX, dos grandes teorías revolucionaron la física y la astronomía: la teoría de la relatividad de Albert Einstein y la mecánica cuántica. Ambas proporcionaron una nueva forma de ver el espacio, el tiempo y la materia, lo que permitió a las astrónomas y los astrónomos comprender fenómenos como la gravitación, el nacimiento y muerte de estrellas y el Big Bang, el evento que dio origen al universo.

También es preciso mencionar la astronomía de ondas gravitacionales que se constituirá en una pieza fundamental de la ciencia. A partir de la detección de las ondas gravitacionales (OG) por parte del proyecto LIGO se abrió un campo nuevo en la Astronomía. Y con el complemento de observaciones del espectro electromagnético, se inicia la llamada astronomía multimensajera que permitirá estudiar simultáneamente fenómenos desde distintas aproximaciones.

Por último se pretende destacar la siguiente información que se considera de utilidad para la planificación de acciones en la enseñanza de la Astronomía en la formación docente inicial.

En agosto de 2020 se conformó la Coordinación Nacional de Educación en Astronomía (NAEC Argentina), dependiente de la Asociación Argentina de Astronomía y de la Office of Astronomy for Education de la International Astronomical Union. NAEC Argentina está integrada por Néstor Camino (Esquel), Santiago Paolantonio (Córdoba), Mariela Corti (La Plata), María Silvina De Biasi (La Plata) y David Merlo (Córdoba). Su principal objetivo es llegar a las escuelas secundarias y a sus docentes con acciones específicas vinculadas a la enseñanza de la astronomía. En diciembre de 2021 comenzó el Proyecto de Investigación Plurianual 2021-2023 PIP CONICET “Fortalecimiento de la enseñanza de la astronomía en el secundario de Argentina”, integrado por los miembros de NAEC Argentina y por Bettina Bravo (Olavarría), Iván Bustos Fierro (Córdoba) y María Paula Álvarez (Mar del Plata). Sus objetivos implican una etapa de diagnóstico sobre el estado de situación de la enseñanza de la astronomía en el Nivel Secundario y en carreras de formación docente de profesoras y profesores en física, y otra de elaboración de propuestas didácticas tendientes a fortalecer esta área de la educación científica.

Bibliografía sugerida

Abad, A., Docobo, J. Á., y Elipe, A. (2018). *Curso de astronomía* (Vol. 84). Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Abramson, G. (2010). *Viaje a las estrellas: De cómo (y con qué) los hombres midieron el universo*. Siglo XXI Editores.

Asimov, I. (2002). *El Universo: de la tierra plana a los quásares*. Alianza Editorial.

Bazo, R., y Madsen, J. J. (1993). *El cielo 1, nuestro cielo próximo*. AZ Editora.

Boido, G. (1996). *Noticias del planeta tierra*. AZ Editora.

Boido, G., y Flichman, E. (2010). *Historia de un ave Fénix: El mecanicismo, desde sus orígenes hasta la actualidad*. Prometeo Libros.

Camino, N. E., Bravo, B., Bustos Fierro, I., Constantino Merlo, D., De Biasi, M. S., Corti, M. A., Paolantonio, S., y Álvarez, M. P. (s.f.). *Argonavis.ar: Sitio web educativo sobre didáctica de la astronomía*. <http://www.argonavis.ar>

Castiblanco, O. (2013). *Uma estruturação para o ensino de didática da física na formação inicial de professores: contribuições da pesquisa na área* [tesis de doctorado]. Universidade Estadual Paulista, Brasil.

Durham, F. P., y Purrington, R. D. (1989). *La trama del Universo: Historia de la cosmología física*. Fondo de Cultura Económica. <https://unqfilosofia.files.wordpress.com/2011/08/1-1-1-bibliografic3adarevolucic3b3n-copernicana.pdf>

Galadí-Enríquez, D., Martínez, V. J., Soler, E. M., y Miralles, J. A. (2005). *Astronomía fundamental* (Vol. 81). Universitat de València.

Gellon, G., Rosenvasser Feher, E., Furman, M., y Golombek, D. (2005). *La ciencia en el aula*. Paidós.

Justi, R., Guerrero, J. A. C., Franco, A. G., y Figueiredo, K. L. (2011). Experiencias de formación de profesores de ciencias latinoamericanos sobre modelos y modelaje. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 413-426.

Durham, F. P., y Purrington, R. D. (1989). *La trama del Universo: Historia de la cosmología física*. Fondo de Cultura Económica. <https://unqfilosofia.files.wordpress.com/2011/08/1-1-1-bibliografic3adarevolucic3b3n-copernicana.pdf>

Knopoff, P., Badagnani, D., y otros. (2015). Astronomía para la emancipación: dando significado a los ciclos solares observados en tiempo real, desde la subjetividad de los estudiantes. *Revista de Enseñanza de Física*, 27(Extra), 359-364.

Kuhn, T. S. (1957). *La revolución copernicana*. Planeta.

Maza Sancho, J. (2009). *Astronomía contemporánea*. Ediciones B.

Núñez, C. (1997). *Notas celestes: Un viaje por la Vía Láctea*. Fondo de Cultura Económica.

Rosenvasser Feher, E. (2005). *Cielito lindo: Astronomía a simple vista*. Siglo XXI Editores.

Sagan, C. (2004). *Cosmos*. Planeta.

Tignanelli, H. (2005). *Astronomía en la escuela: Propuestas de actividades para el aula*. Eudeba.

Ondas y Óptica

El sentido de incluir esta Unidad Curricular en el tercer año de la formación de profesoras y profesores de Física trasciende la mera descripción de fenómenos para posicionarse como un espacio de problematización y renovación didáctica. Tradicionalmente, la enseñanza de la Óptica se ha centrado en un abordaje geométrico y algorítmico (leyes de reflexión, refracción, ecuaciones de lentes), lo que ha limitado la exploración de la riqueza fenomenológica de la luz, su naturaleza, su relación con la visión y el color, y su papel central en la tecnología y la cultura. Palacios y Perales (1994) mencionan que “tradicionalmente, la óptica ha sido uno de los grandes parias de los programas escolares de la ciencia. La presentación del tema es basada, como muestran algunos libros didácticos, en la ecuación de lentes de Descartes, la óptica geométrica y la producción de imágenes a través de espejos y lentes, así como la explicación a través de la ecuación de Snell de la refracción de la luz y las leyes de reflexión”.

Lo anterior unido a que normalmente se encuentran en modelos híbridos que coexisten en la explicación de la luz a través de la teoría corpuscular y ondulatoria sin una reflexión sobre la complejidad y multiplicidad de fenómenos asociados a la luz. En este sentido, el abordaje de los problemas físicos asociados a la óptica es muy limitada y la riqueza de la exploración del fenómeno óptico es perdida, una vez que los problemas relacionados con la luz, la visión, el color y la imagen, así como la naturaleza de la luz, son poco explorados o reducidos a ley de Snell.

Esta unidad se propone superar esa visión reduccionista, enfatizando el estudio de las ondas como un modelo unificador para comprender la transferencia de energía en el universo, desde el sonido hasta la luz. Se busca que las futuras y los futuros docentes comprendan la dualidad onda-corpúsculo no como una mera coexistencia de modelos, sino como una evidencia de la complejidad de la naturaleza de la luz, abriendo la puerta a la Física Cuántica. El enfoque se enriquece al tomar a la Historia, Filosofía y Sociología de la Ciencia (HFSEC) como un organizador curricular que permite contextualizar los conocimientos, reconocer las ideas previas de las y los estudiantes —muchas veces análogas a modelos históricos (De Danon y Cudmani, 1993— y comprender la ciencia como una actividad humana compleja.

Orientaciones para la enseñanza

En relación con las orientaciones didácticas para una enseñanza significativa de Ondas y Óptica, se propone complementar y articular diversos enfoques. Por un lado, el enfoque histórico y problematizador permite utilizar la historia de la óptica y el desarrollo de la teoría ondulatoria para presentar los conceptos centrales, analizar controversias, experimentos cruciales y las similitudes y diferencias entre las ideas previas de las y los estudiantes, los modelos precientíficos y elaborados a lo largo de la historia, promoviendo y enriqueciendo el desarrollo conceptual. Se propone retomar los principales aportes de la Historia, Filosofía y Sociología de las Ciencias (HFSEC), (Alvarado y Nardi, 2021) tales como:

1. Proporcionar contexto a los conocimientos emergentes y sacar a la luz los aportes al conocimiento científico que no se han tenido en cuenta porque fueron desarrollados por colectivos poco relevantes,
2. Sugerir preguntas desafiantes sobre la emergencia de entidades científicas,
3. Permitir reconocer las ideas de las y los estudiantes al interpretar los fenómenos,
4. Ilustrar la Naturaleza de la Ciencia (NOS) al dejar en evidencia la complejidad de la actividad científica,
5. Invitar a leer buenas historias sobre “Hacer ciencia”,
6. Inspirar nuevas estrategias para presentar temas complejos.

Atendiendo a lo antedicho, es posible pensar en nuevas formas de organizar y secuenciar los contenidos en la formación inicial de profesoras y profesores de Física, teniendo la enseñanza de la física en la secundaria, como un organizador de las propuestas de enseñanza, y una fuente de gran fecundidad para seleccionar casos, insumos y problemas diversos y significativos, que no se reduzcan a la formulación de problemas geométricos.

En su trabajo *La tensión esencial*, Thomas Kuhn (1994), reconoce que la óptica, la electricidad y el calor no solo abarcan áreas de investigación y campos de la física sino comunidades con prácticas y discursos que los definen. Así, el abordaje de la Óptica desde un punto de vista geométrico y su persistencia en los currículos tanto universitarios como de educación secundaria puede deberse a la tradición mecanicista que establece como

ciencias clásicas a la óptica, la estática y la astronomía y que comparten un vínculo con la matemática. Sin embargo, esto deja por fuera una gama de problemas asociados a la naturaleza y propagación de la luz, las interacciones con la materia y las tecnologías asociadas a la luz que podrían tener efectos en la formación inicial de profesoras y profesores de Física, al ampliar la base fenomenológica y la comprensión del papel de la luz en la forma en que se interactúa con el mundo y el universo, así como interdisciplinariedades con astronomía, química, biología, arte y tecnología, entre otros.

Justamente, De Danon y Cudmani (1993) establecen un paralelismo entre las preconcepciones de las y los estudiantes con modelos históricos sobre óptica y encuentran tres grandes grupos problemáticos referidos a:

1. la naturaleza y propagación de la luz;
2. la formación de imágenes; y
3. el color.

Así mismo, concluyen que: “La historia de la física muestra el largo y lento proceso de reflexión y análisis que requirió al hombre ir construyendo un sistema científico coherente sobre los fenómenos más simples relacionados con la luz y la visión. El paso de los paradigmas precientíficos a los científicos tomó más de 2000 años de reflexión, es recién con Kepler, Galileo y Newton que comienzan a plasmarse los modelos actuales: aun así, hemos señalado cómo los viejos modelos vuelven a aparecer en estos pensadores; ellos han tenido además nuestro lenguaje hasta el punto de que resulta difícil evitar expresiones como la sombra que tal cuerpo arroja o tal objeto es de color verde, o hay poca luz acá o está aclarando o está luminoso”.

Por estas razones se propone adoptar un abordaje fenomenológico amplio: priorizando la exploración de una amplia gama de fenómenos asociados a la naturaleza y propagación de la luz, la formación de imágenes y el color, en articulación con lo cotidiano y lo tecnológico. Esta orientación intenta evitar la reducción del estudio de la óptica a la aplicación de leyes geométricas. Vincular los contenidos con aplicaciones tecnológicas y fenómenos de la vida diaria (sonar, ecografías, láser, telecomunicaciones, sistemas de iluminación), permite contextualizar el aprendizaje visibilizando la relevancia social del estudio de la física.

Otra sugerencia didáctica se vincula a la integración de tecnologías digitales para la enseñanza de ondas y óptica. Se propone el empleo de applets y simulaciones computacionales como instrumentos didácticos clave para visualizar y operar con fenómenos complejos (interferencia, difracción, entre otros) y conceptos abstractos (naturaleza de las ondas, dualidad onda-partícula, etcétera), favoreciendo la construcción de modelos mentales y el trabajo con múltiples representaciones (gráfica, algebraica, simbólica). Como señalan Santos y Stipcich (2009), los modelos virtuales (*applets* o simulaciones por computadora) se consideran instrumentos que favorecen la construcción de conocimientos, expanden las posibilidades de manipular y transformar los objetos, promueven el desarrollo de funciones psicológicas superiores para interpretar, organizar, planificar, comparar, relatar, seleccionar, tomar decisiones y representar el conocimiento empleando diferentes lenguajes que comprometen competencias cognitivas diversas. Interactuar con una simulación, con los pares de la clase, con la o el docente y con el saber, teniendo como finalidad dar respuesta a una actividad, implica afrontar una variedad de lenguajes tales como: el tecnológico, el cotidiano que empleará para discutir con sus compañeras y compañeros y con su docente, el científico (que incluye los términos disciplinares específicos), el algebraico (de las ecuaciones que se pongan en juego) y el gráfico.

También es relevante fomentar el aprendizaje basado en la indagación: diseñar e implementar actividades en las que se propongan problemas y preguntas relevantes, que promuevan la construcción, deconstrucción y reconstrucción de conocimientos por parte de las y los estudiantes, donde cada docente actúe con el objetivo de mediar y orientar aportando recursos didácticos pertinentes y promoviendo el desarrollo de formas de aprendizaje autónomo.

Articulación con las líneas de formación

Con respecto a las articulaciones verticales de esta Unidad Curricular, se propone retomar y profundizar contenidos de Introducción a la Física y elementos de Astronomía (primer año) y Fundamentos y modelos de la Mecánica Clásica (primer y segundo año), como los conceptos de movimiento oscilatorio, sistemas de referencia y energía. En Ondas y Óptica se sientan las bases para unidades curriculares de cuarto año, como Relatividad, Astrofísica y Cosmología (naturaleza de la luz, relatividad)

e Historia y Epistemología de la Física (análisis de revoluciones científicas vinculadas a las ondas y la óptica).

También se sugiere considerar algunas articulaciones horizontales entre los contenidos asociados a la descripción de ondas con los contenidos de Fundamentos y modelos de la Mecánica clásica y de Electromagnetismo, de tercer año, haciendo énfasis en el comportamiento de objetos físicos no materiales, socialmente difundidos, como las ondas electromagnéticas y mecánicas, de naturaleza diferente pero modelado similar. El modelo de ondas es un mecanismo por el cual se interpreta la transferencia de energía en el universo. El estudio de las ondas de sonido permite introducir nociones del modelo ondulatorio, que propicia vincularlo con el modelo del oscilador armónico simple, así como también con la transmisión del sonido en la naturaleza. La relación materia-onda electromagnética, tanto en la generación de luz por procesos en la materia, como en los efectos de la transferencia de esta energía a la materia al incidir luz sobre ella, son fundamentales para procesos físicos, químicos, biológicos y tecnológicos, abriendo además la puerta al estudio de la Física Cuántica, y la dualidad onda-partícula.

Otras posibles articulaciones en tercer año son: Didáctica de la Física, para analizar y diseñar secuencias de enseñanza que aborden las dificultades específicas de aprendizaje en este tema; Matemática asociada a la Física, para el trabajo con las representaciones gráficas de fenómenos ondulatorios en dos y tres dimensiones, el estudio analítico de funciones armónicas y la descomposición espectral de señales por el método de Fourier; el Campo de la Práctica Docente III, donde profesoras y profesores en formación pueden diseñar y poner en práctica actividades de laboratorio sencillas o proyectos de indagación para la escuela secundaria, basados en los ejemplos y contextos trabajados en esta unidad (por ejemplo: construir un espectroscopio casero, analizar el funcionamiento de una fibra óptica, simular el efecto Doppler con aplicaciones multimedia, entre otras).

Algunos ejemplos o casos que se sugieren a continuación, podrían permitir abordar de manera contextualizada, articulada y significativa distintos contenidos de esta Unidad Curricular, en relación con los principales datos observacionales, modelos explicativos y teorías matematizadas vinculadas a los fenómenos ondulatorios en general, y a la óptica en particular.

- **El sonido y sus aplicaciones:** estudio del sonar como instrumento para la navegación marítima; aplicaciones médicas

como la ecografía y litotricia, profundizando en las propiedades de las ondas mecánicas (reflexión, eco, ultrasonidos); la desinfección de material quirúrgico, el tratamiento local del dolor muscular o limpiezas dentales. El uso del sonido para la medición de distancias; en procesos industriales en los que se precisa una tolerancia muy baja con las irregularidades. Los órganos de audición en el mundo animal (como el caso de los murciélagos que utilizan los ultrasonidos como un sonar para volar en la oscuridad y otros animales como los delfines se comunican mediante ultrasonidos, o el caso de las ballenas y algunas aves que utilizan infrasonidos al comunicarse, entre otros). También puede ser interesante el estudio de los principios de funcionamiento de distintos instrumentos musicales (de percusión, cuerdas o vientos), y el funcionamiento de micrófonos y parlantes (en relación con Electromagnetismo).

- **La luz, la visión y tecnologías basadas en la luz:** análisis de la visión en animales y los principios de funcionamiento de instrumentos ópticos (lupas, anteojos, prismáticos, microscopios y telescopios), y el desarrollo evolutivo de los órganos de visión en animales (recuperando saberes de introducción a los sistemas biológicos). Investigación sobre el desarrollo del láser y sus aplicaciones (medicina, telecomunicaciones, industria), la computación óptica (sus ventajas y desventajas, comparada con la computación electrónica) y la historia de los sistemas de iluminación (distintos tipos de lámparas de combustión y eléctricas; considerando en cada caso los principios físicos de funcionamiento: combustión, incandescencia, fluorescencia, electroluminiscencia).
- **Ondas en la Tierra:** estudio de las ondas sísmicas, sus diferentes tipos, y los sistemas de detección y monitoreo, recuperando saberes de Ciencias de la Tierra.
- **Problemáticas sociocientíficas vinculadas a las ondas electromagnéticas:** análisis crítico de los impactos en la salud percibidos o reales de las radiaciones no ionizantes (antenas de celular, Wi-Fi, tendidos eléctricos de alta tensión, microondas para la cocción de alimentos, entre otras); o legales, tales como la medición de velocidades en los radares policiales de las rutas argentinas, aprovechando el efecto Doppler, fomentando la alfabetización científica.
- **Actividades experimentales y tecnologías digitales:** diseño y construcción de dispositivos sencillos (como un modelo de

telégrafo acústico o una cámara oscura), y uso de simulaciones para experimentar con fenómenos como la interferencia y la difracción.

Esta Unidad Curricular considera a quienes forman profesoras y profesores de Física, como sujetos históricos, que retoman elementos de su formación inicial y de su experiencia docente para actuar y consolidar la forma de comprender la enseñanza de la Física y la formación inicial de profesoras y profesores. En sus discursos se reconocen los aportes de la Historia, Filosofía y Sociología de la Ciencia para problematizar la presentación tradicional de la óptica y el estudio de las ondas, que incluyen elementos sociales, políticos, culturales y ambientales. Esta modalidad de práctica docente promueve la generación de espacios de diálogo y trabajo conjunto en equipos institucionales, rompiendo con la tradicional soledad de su actividad profesional y generando nuevas posibilidades para el desarrollo de propuestas desde diferentes aristas y saberes.

Bibliografía sugerida

Alvarado-Guzmán, L. L., y Nardi, R. (2021). *Discursos de los docentes formadores sobre el papel de la Historia de la Ciencia en la enseñanza de la Óptica para la formación inicial de profesores de Física. Biografía.*

De Danon, M. P., y Cudmani, L. (1993). Paralelismo entre los modelos pre científicos e históricos en la óptica: Implicancias para la educación. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 10(2), 128-136.

Hecht, E. (2017). *Óptica*. Pearson Educación.

Izquierdo Aymerich, M., García Martínez, Á., Quintanilla Gatica, M., y Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Kuhn, T. S. (2004). *La tensión esencial*. Fondo de Cultura Económica.

Palacios, F. J. P. (1998). Enseñanza de la óptica. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (1), 133-138.

Santos, G., y Stipcich, S. (2009). Múltiples representaciones en los applets: una alternativa para la apropiación de los códigos básicos en ciencia y tecnología. *Revista Electrónica Razón y Palabra*, (69).

Serway, R. A., y Jewett, J. W. (2015). *Física para ciencias e ingeniería* (Vol. 2). Cengage Learning.

Amo las Mates. (2013, 20 de mayo). *Redes difractivas* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=87rKZDRclAU>

QuantumFracture. (2018, 12 de junio). *Magnetismo y luz* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/h2jAS3js2hU>

Todo Física. (2020, 15 de marzo). *Reflexión de un láser sobre sí mismo* [Video]. YouTube. https://youtu.be/qX_CECbuh0Q

Termodinámica

El sentido de esta Unidad Curricular del tercer año, se centra en abordar con detalle el estudio de la energía, sus posibles transformaciones y su conservación. La Termodinámica, en su proceso histórico y disciplinar, ha construido los principios y leyes fundamentales que explican los intercambios de energía y trabajo entre sistemas (naturales y tecnológicos). Su relevancia actual es creciente, ofreciendo bases científicas para comprender la crisis climática, la eficiencia energética y el funcionamiento de tecnologías trascendentales, conectando la Física con situaciones de la vida diaria y la sustentabilidad ambiental.

Por otra parte, las finalidades formativas de la Unidad Curricular Termodinámica, intentan responder a ciertas problemáticas en la enseñanza tradicional de los contenidos asociados a la misma. La Termodinámica, como rama de la Física que describe a nivel macroscópico las transformaciones de la energía y las relaciones entre trabajo y calor, ocupa un lugar central en la formación de profesoras y profesores por su potencia para explicar fenómenos cotidianos y tecnológicos. Sin embargo, su enseñanza convencional suele presentar dificultades persistentes, relacionadas con la naturaleza abstracta de sus conceptos, la sobrecarga de formalismo matemático y la existencia de concepciones alternativas profundamente arraigadas en las y los estudiantes, muchas de ellas reforzadas por el lenguaje cotidiano y metáforas inexactas.

Algunos estudios describen las dificultades de modificar conceptos de la termodinámica que fueron contruidos de forma inexacta y erróneamente integrados, adquiridos a través de aprendizajes formales y sociales y de la interpretación de metáforas explicativas de fenómenos físicos que usualmente no concuerdan con aquellas validadas por la comunidad científica (Haglund y Jeppsson, 2013).

Considerando estas cuestiones se propone ir más allá de la mera transmisión de las leyes de la termodinámica y sus aplicaciones matemáticas. Se busca que las futuras y los futuros docentes comprendan la estructura epistemológica distintiva de esta disciplina —su carácter macroscópico y fenomenológico, en contraste con el enfoque microscópico de la Mecánica Estadística— y que adquieran herramientas didácticas específicas para desafiarlas. La formación se orienta a construir una comprensión profunda de conceptos fundamentales como temperatura,

calor, energía interna y entropía, superando visiones sustancialistas (como la del “calórico”) y promoviendo una interpretación científica basada en procesos e interacciones energéticas.

Asimismo, si lo que se requiere es explicar el comportamiento del sistema, se sustituyen sus propiedades cualitativas por formas cuantitativas o se vinculan a otras propiedades que sean cuantificables y mensurables, a condición de que estas varíen con las propiedades cualitativas; así, al describir, explicar o predecir el comportamiento de un sistema mediante teorías y modelos, se llevan a cabo actividades de modelización. Entre dichas actividades se encuentran plantear problemas, formular hipótesis, identificar los objetos del sistema, asignarles propiedades conceptuales, establecer relaciones relevantes entre las variables previamente establecidas, hacer inferencias, proponer predicciones y construir diseños experimentales para probar las hipótesis.

Un punto de interés es caracterizar algunas particularidades de esta rama de la Física. La Termodinámica, a diferencia de la Mecánica Estadística, no se pronuncia acerca de la estructura íntima de la materia ni es su intención indagarla; en cambio, la Mecánica Estadística, cuyos elementos básicos también se abordan en esta Unidad Curricular, postula uno u otro modelo de la estructura de la materia, según si es clásica o cuántica, y sobre esta base construye teorías de las cuales intenta deducir e interpretar las leyes que, por vía experimental, conoce la Termodinámica, entre otros de sus objetivos. La Termodinámica utiliza magnitudes de origen empírico, como por ejemplo la temperatura, presión, masa o densidad, por medio de las cuales intenta describir, desde un punto de vista macroscópico, cualquier sistema y los cambios que en él se producen cuando interactúa con el medio exterior. La mecánica estadística propone, por otra parte, un modelo microscópico de la materia, y definiciones estadísticas de las magnitudes mensurables (temperatura, presión, etc.) que permiten establecer puentes con la mirada macroscópica y empírica de los sistemas en estudio.

Articulación con las líneas de formación

Se propone ahora algunas ideas para la articulación horizontal y vertical de esta Unidad Curricular a fin de facilitar la organización de la propuesta didáctica a desarrollar, recuperando definiciones y aspectos epistemológicos de la Unidad Curricular Introducción a la Física y elementos de Astronomía, de primer año, tales como las definiciones de calor, temperatura, elementos

de calorimetría y modelo de gases ideales; y de Fundamentos y Modelos de la Mecánica Clásica, de segundo año, especialmente aquellos vinculados a la energía mecánica, el trabajo, los sistemas y las interacciones; con Química y la Actividad Experimental II, recuperando el estudio de las reacciones químicas y los conceptos de entalpía y energía libre.

También es importante considerar que en esta Unidad Curricular se establecen bases y referencias para el abordaje de problemáticas complejas en unidades curriculares de cuarto año, como Problemáticas Socioambientales; Física, Tecnología y Ambiente, donde los conceptos termodinámicos son cruciales para analizar la crisis energética, la eficiencia de procesos industriales y el impacto ambiental.

En relación con las articulaciones horizontales, se sugiere considerar la articulación con Electromagnetismo y Ondas y Óptica, para abordar fenómenos vinculados a la transferencia de calor por radiación, el efecto invernadero y el cambio climático global; con Didáctica de la Física, para analizar las dificultades de aprendizaje específicas de la termodinámica (como por ejemplo los conceptos de calor y temperatura, el uso de modelos macroscópicos y microscópicos para la explicación del comportamiento de sistemas termodinámicos) y el diseño de estrategias de enseñanza adecuadas para enfrentar estas dificultades; con el Campo de la Práctica Docente III, las y los docentes en formación podrán diseñar proyectos de indagación para la escuela secundaria basados en los ejemplos contextualizados trabajados en esta unidad (por ejemplo: análisis de la eficiencia térmica de un recipiente, estudio de los materiales aislantes en una vivienda, investigación sobre la regulación térmica en seres vivos), permitiéndoles experimentar la aplicación concreta de los conceptos termodinámicos en un contexto real de enseñanza.

En relación con las orientaciones didácticas se sugiere revisar las producciones de la didáctica específica, que incluyen un amplio número de publicaciones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de la termodinámica, identificando dificultades tradicionales y promoviendo estrategias superadoras. Se señalan algunos ejemplos:

- Adoptar un enfoque fenomenológico y contextualizado, partiendo de las experiencias sensoriales y fenómenos cotidianos (sensación de frío/calor, cocción de alimentos, funcionamiento de motores) para luego avanzar hacia la conceptualización

abstracta. Esto permite anclar los conceptos en experiencias concretas (Moraga Toledo y otros, 2019).

- Promover y generar algún conflicto cognitivo, diseñando secuencias didácticas que expliciten y confronten las ideas previas y concepciones alternativas de las y los estudiantes, utilizando el debate argumentado y el trabajo colaborativo para facilitar el cambio conceptual. La o el docente es quien se encarga de conectar los procesos de construcción del conocimiento de cada estudiante con el saber colectivo culturalmente organizado, enfatizando en una dinámica de clases opuesta a la de clases magistrales. El objetivo principal de las clases, en este sentido, se orienta a promover conflictos cognitivos que le permitan a cada estudiante un aprendizaje de la termodinámica más activo, confrontativo de sus propias ideas y receptivo de las opiniones de sus pares y de la profesora o del profesor, evitando que estos últimos sean el centro de las actividades.
- Enfatizar la enseñanza basada en modelos y modelización, trabajando en la construcción, explicitación y uso de modelos científicos-escolares, como una actividad central. Promover que a partir del análisis de un fenómeno natural o el funcionamiento de un dispositivo tecnológico, las y los estudiantes identifiquen variables, formulen hipótesis, diseñen experimentos (reales o virtuales) y elaboren modelos matemáticos a partir de datos, comprendiendo que los modelos son representaciones idealizadas, y por lo tanto, confrontables y mejorables, y que no se trata de copias de la realidad (Adúriz-Bravo y Izquierdo, 2008). Diferentes autoras y autores señalan que un modelo científico representa tanto una parte de la teoría científica como del fenómeno en estudio (Moreira, Greca, y Rodríguez, 2002). Es decir, que entran la parte aplicativa de una teoría, con algunos elementos seleccionados del fenómeno real que se desea estudiar. De esta forma, los modelos se caracterizan por ser idealizaciones de la realidad; formas que la representan de forma válida bajo ciertas condiciones en las que se incluyen solo las variables que se desean estudiar. Por lo tanto, la producción de modelos es una actividad central de la ciencia (Bachelard, 1981; Islas y Pesa, 2004). Por medio de dichos modelos las científicas y los científicos operan y trabajan sobre fenómenos naturales o dispositivos tecnológicos, para poder describir, explicar, anticipar e intervenir sobre los mismos (Islas y Pesa, 2001; Adúriz-Bravo y Izquierdo, 2008).

- Proponer la resolución de problemas cualitativos y abiertos, complementando la resolución de problemas numéricos tradicionales con problemas cualitativos que requieran explicaciones conceptuales, análisis de situaciones reales y la toma de decisiones basadas en principios termodinámicos, fomentando el pensamiento crítico (García y Rentería, 2013).
- Profundizar en la clarificación conceptual y lingüística, trabajando explícitamente en la distinción entre el lenguaje cotidiano y el científico, por ejemplo en conceptos críticos como “calor” y “temperatura”, dejando claro que el calor es un proceso de transferencia de energía y no una propiedad de los sistemas.

Orientaciones para la enseñanza

Algunos ejemplos, actividades o casos que se sugieren a continuación, podrían permitir abordar de manera contextualizada, articulada y significativa distintos contenidos de esta Unidad Curricular, en relación con los principales datos observacionales, modelos explicativos y teorías matematizadas vinculadas a los fenómenos termodinámicos.

- **La conservación y cocción de alimentos:** estudiando principios de funcionamiento, ventajas y desventajas de los diversos mecanismos de conservación y cocción de alimentos, a lo largo de la historia, en relación con contenidos recuperados de química y biología. El análisis termodinámico del funcionamiento de distintos tipos de electrodomésticos.
- **Regulación térmica de animales:** estudiando los mecanismos adaptativos desarrollados por diversas especies (endotermia, ectotermia, homeotermia, poiquilotermia, etcétera), recuperando saberes de Introducción a los sistemas biológicos.
- **Construcción de viviendas de alta eficiencia térmica:** analizando la influencia de las formas, estructura, materiales, orientación y otros factores en el diseño de viviendas y comparando su eficiencia térmica. Diseño de dispositivos experimentales que permitan comparar diversas propuestas. Se puede incluir en este caso el estudio de los diferentes sistemas de refrigeración y calefacción de viviendas, y su vinculación a problemáticas socio-ambientales.

- **Diseño y fabricación de vestimenta adecuada a cada clima:** estudiando los materiales, formas, diseño de distinto tipo de indumentaria adecuada para situaciones climáticas diversas.
- **Análisis de tecnologías para producción, transporte y consumo energético:** estudio de máquinas térmicas (motores de combustión, turbinas) y dispositivos de refrigeración, para comprender las limitaciones impuestas por la Segunda Ley de la Termodinámica.

Bibliografía sugerida

Adúriz-Bravo, A., e Izquierdo, M. (2008). Un modelo de modelos científicos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 40-49.

Bachelard, G. (1981). *El nuevo espíritu científico*. Nueva Imagen.

García, J. J., y Rentería Rodríguez, E. (2013). Resolver problemas: una estrategia para el aprendizaje de la termodinámica. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(2), 117-134.

Haglund, J., y Jeppsson, F. (2013). Confronting conceptual changes in thermodynamics by use of self-generated analogies. *Science & Education*, 23, 1505-1529.

Islas, S. M., y Pesa, M. A. (2001). ¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado? *Enseñanza de las Ciencias*, (Número Extra), 57-66.

Islas, S. M., y Pesa, M. A. (2004). Estudio comparativo sobre concepciones de modelo científico detectadas en Física. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 15(29), 117-144.

Moraga Toledo, S., Espinet Blanch, M., y Merino Rubilar, C. (2019). El contexto en la enseñanza de la química: Análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias de secundaria en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 71-90.

Moreira, M. A., Greca, I. M., y Rodríguez Palmero, M. L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), 36-56.

Sears, F. W., y Salinger, G. L. (1978). *Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*. Reverté.

Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., y Freedman, R. A. (2005). *Física universitaria* (11ª ed.). Pearson Educación.

Serway, R. A., y Jewett, J. W. (2013). *Física para ciencias e ingeniería* (9ª ed.). Cengage Learning.

Serway, R. A., Vuille, C., y Faughn, J. S. (2009). *Fundamentos de física* (8ª ed.). Cengage Learning.

Tipler, P. A., y Mosca, G. (2008). *Física para la ciencia y la tecnología*. Reverté.

Zemansky, M. W., y Dittman, R. H. (2009). *Calor y termodinámica*. McGraw-Hill.

Electromagnetismo

El sentido de esta Unidad Curricular de tercer año para profesoras y profesores es el estudio de los fenómenos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos los cuales son la base de las tecnologías modernas (comunicaciones, generación de energía, electrónica, ciencias de la computación, inteligencia artificial, entre otros) permitiendo comprender con mayor profundidad y detalle el mundo natural y tecnológico del que somos parte, y desarrollando una mirada crítica sobre el impacto social de estas tecnologías. Manejar estos conceptos con solidez y rigurosidad permitirá al futuro docente participar de debates, proyectos y actividades formativas en las que estén involucradas estas temáticas.

La propuesta formativa se diseña para que las y los estudiantes no solo aprendan de física, sino también sobre la física, tal como se afirma en el Diseño Curricular a través de los ejes organizadores del profesorado: 1) La enseñanza de la Física, 2) Conocimiento en Física y sobre la Física, y 3) La construcción del área de Ciencias Naturales. En este marco, el electromagnetismo se aborda como un campo fértil para problematizar la naturaleza de la ciencia, el desarrollo histórico de los conceptos y modelos físicos, los mecanismos de validación del conocimiento científico y las fecundas relaciones con otras disciplinas del área.

Articulación con líneas de formación

En cuanto a posibles articulaciones de esta Unidad Curricular, se sugiere recuperar definiciones y aspectos históricos del Electromagnetismo que han sido abordadas en Introducción a la Física y elementos de Astronomía, de primer año, tales como el concepto de carga eléctrica, el magnetismo natural, circuitos eléctricos básicos y conceptos elementales sobre la radiación electromagnética. También retomar conceptos básicos sobre fuerzas, campos de fuerzas y energía mecánica abordados en Fundamentos y modelos de la Mecánica Clásica de segundo año; y cuestiones vinculadas a modelos atómicos trabajados en Química y la actividad experimental II, de segundo año.

También es importante resaltar que en esta unidad curricular se sientan las bases conceptuales para unidades curriculares de cuarto año, como Relatividad, Astrofísica y Cosmología (campos en relatividad, electromagnetismo en el cosmos) e Historia y Epistemología de la Física (análisis de revoluciones científicas

y controversias vinculadas a la acción a distancia o la existencia del éter).

También resulta pertinente considerar articulaciones horizontales: con Ondas y Óptica, para comprender la naturaleza de las ondas electromagnéticas y sus aplicaciones tecnológicas; con Didáctica de la Física, para analizar las dificultades de aprendizaje específicas del electromagnetismo y diseñar secuencias de enseñanza basadas en el enfoque histórico y la indagación; con Matemática asociada a la Física, para el trabajo con las representaciones vectoriales, diferenciales e integrales vinculadas a las ecuaciones de Maxwell; con el Campo de la Práctica Docente III, para que las profesoras y los profesores en formación puedan diseñar e implementar en las escuelas secundarias secuencias didácticas inspiradas en el enfoque histórico, por ejemplo, replicando experimentos cruciales sencillos (como los de Oersted o los de Faraday) o utilizando simulaciones para visualizar campos electromagnéticos, articulando así el conocimiento disciplinar con la práctica concreta de enseñanza.

Orientaciones para la enseñanza

En cuanto a las orientaciones didácticas, se propone considerar que el rol del profesorado de Física es esencial al actuar como mediador entre la física académica y la enseñada en las escuelas. Durante la etapa de formación inicial, las futuras educadoras y los futuros educadores adquieren las herramientas para comprender y relacionar ambos contextos, lo que involucra no solo el dominio profundo del contenido de física, sino también una comprensión profunda de numerosos aspectos, a saber: cómo las y los estudiantes aprenden, la dinámica en las aulas, el conocimiento de los Diseños Curriculares, la utilización de recursos didácticos, entre otros. Una línea de investigación tradicional dentro de la didáctica específica que aborda estos “saberes otros” en el marco de la enseñanza de las ciencias, es la que se denomina “conocimiento pedagógico del contenido” (CPC). Fue iniciada por Schulman (1986), y desarrollada por numerosos investigadores hasta la actualidad (Magnusson y otros, 1999; Salazar, 2005; Park y Oliver, 2008).

Para abordar esta Unidad Curricular se propone, al igual que en otras materias, adoptar un enfoque sociocultural en la enseñanza, que integre la historia de la física como un componente central de la disciplina. En este sentido se sugieren las siguientes prácticas:

- Indagar y poner en tensión los modelos y saberes previos de las y los estudiantes, presentando a las y los docentes en formación problemas y preguntas contextualizadas, asociadas a fenómenos electromagnéticos naturales o al funcionamiento de dispositivos tecnológicos. Las tensiones o contradicciones entre modelos explicativos pueden generar discusiones tanto en pequeños grupos como con el grupo clase. Las interacciones discursivas promovidas en estos contextos se caracterizan por intentar ser verdaderamente dialógicas y permitiendo hacer visible la estructura epistemológica de la física y poniendo en cuestión la imagen autoritaria e inmodificable de la disciplina.
- Adoptar un abordaje histórico y controversial permite organizar la Unidad Curricular, tomando como hilo conductor algunas de las controversias desarrolladas en la historia del electromagnetismo, tales como el origen de la electricidad animal (Volta y Ampere), la acción a distancia y la existencia del campo electromagnético (Coulomb, Ampere y Faraday), el vínculo entre la corriente eléctrica y el origen del campo magnético (Oersted, Ampere, Faraday y Maxwell), la medición de la velocidad de la luz y la existencia del éter luminífero, entre otras. Se sugiere trabajar con materiales originales (fragmentos de trabajos científicos, diarios de laboratorio, cartas) de científicos como Gilbert, Faraday, Maxwell, Weber y Hertz, analizándolos no como anécdotas, sino como material de estudio que permite comprender la evolución de los conceptos, el contexto de producción y los mecanismos de validación experimental.
- Promover la integración de tecnologías digitales y de las actividades experimentales, utilizando desde simulaciones computacionales hasta unidades interactivas, como apoyo fundamental para la visualización y operación con conceptos y modelos del electromagnetismo. Simultáneamente, fomentar el diseño e implementación de dispositivos experimentales, vinculados al estudio de preguntas y problemas abiertos, propiciando un ambiente de colaboración para enfrentar colectivamente las dificultades propias de la experimentación real, facilitando un aprendizaje en contexto. Es crucial que la o el docente guíe el uso de estos recursos para discriminar información de calidad y evitar el refuerzo de ideas previas alejadas de los modelos explicativos aceptados por la comunidad científica en la actualidad. (Barriga, 2005).

- Acompañar y guiar una progresión desde las ideas iniciales hacia el conocimiento científico validado en la actualidad. Una vez que las ideas previas de las y los estudiantes son tensionadas, la o el docente debe tomar las conclusiones elaboradas por ellos y pasar en limpio cada una, para resaltar puntos de conexión o caracterizar el modelo que se desarrolla de forma colectiva. En ese momento, la o el docente debe realizar aportes teóricos, recursos o representaciones matemáticas pertinentes, que aproximen las conclusiones de las y los estudiantes al conocimiento científico validado en la actualidad.

Algunos ejemplos, actividades o casos que se sugieren a continuación, podrían permitir abordar de manera contextualizada, articulada y significativa distintos contenidos de esta Unidad Curricular, en relación con los principales datos observacionales, modelos explicativos y teorías matematizadas vinculadas a los fenómenos electromagnéticos.

- **Introducción al electromagnetismo.** Realizar una reseña histórica de la electricidad y el magnetismo hasta el siglo XVII, analizando los trabajos de William Gilbert a través de su diario de laboratorio y replicando experimentos sencillos para distinguir entre interacciones eléctricas y magnéticas. Se destaca el papel de los contextos del docente (navegación, minería) en la investigación sobre el magnetismo.
- **Profundización en el concepto de campo electromagnético.** Describir la situación del electromagnetismo en el siglo XIX, presentando la controversia entre las visiones de Newton (acción a distancia, ejemplificada en la ley de Coulomb y los trabajos de Neumann y Weber) y Maxwell (concepto de campo). Se sitúa a Heinrich Hertz como figura central, analizando la evolución de sus conceptos mediante la lectura de su diario de laboratorio y cartas. La fase culmine con el armado de un oscilador similar al de Hertz, permitiendo verificar experimentalmente la presencia de ondas electromagnéticas y la validez de las ecuaciones de Maxwell. A lo largo de esta fase se busca que las y los estudiantes respondan a preguntas como: ¿qué influye en las decisiones de los científicos?, ¿por qué los científicos escriben acerca de su trabajo?, ¿qué convenció a Hertz de la certeza de las ecuaciones de Maxwell?
- **Aplicaciones tecnológicas derivadas de los principios del electromagnetismo.** Principios de funcionamiento y desarrollo histórico de los motores eléctricos, generadores,

transformadores y dispositivos de telecomunicaciones. Dispositivos electrónicos que dieron origen a los sistemas de comunicación (micrófonos, parlantes, amplificadores a válvula de gas, antenas, transmisores y receptores de radio y televisión) y su desarrollo posterior en sistemas de computación, registro y cálculo (transistores, circuitos integrados, memorias, computadoras, teléfonos celulares, internet, sensores y actuadores, sistemas de control, entre otros).

Bibliografía sugerida

Barriga, F. D. (2005). Principios de diseño instruccional de entornos de aprendizaje apoyados con TIC: un marco de referencia sociocultural y situado. *Tecnología y Comunicación Educativa*, 20(41), 5-16.

Griffiths, D. J. (1999). *Introduction to Electrodynamics*. Prentice Hall.

Magnusson, S., Krajcik, J., y Borko, H. (1999). *Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching*. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Kluwer Academic Publishers.

Park, S., y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.

Salazar, S. F. (2005). El conocimiento pedagógico del contenido como categoría de estudio de la formación docente. *Actualidades Investigativas en Educación*, 5(2).

Serway, R. A., y Jewett, J. W. (2013). *Física para ciencias e ingeniería* (9ª ed.). Cengage Learning.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Tipler, P. A., y Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverté.

Matemática asociada a la Física

El sentido fundamental de esta Unidad Curricular es problematizar, profundizar y esclarecer la relación entre la Física y la Matemática, superando la visión reduccionista que las concibe como una mera relación de aplicación. Cuando se piensa en la enseñanza o el aprendizaje de la física, generalmente se establece una relación con la matemática, la que no siempre es clara para las y los estudiantes, y en algunos casos para las y los docentes formadores. En este sentido, existe evidencia que estos actores educativos tienen cierta tendencia a matematizar la física, confundiendo con la mera aplicación de fórmulas y algoritmos a los conceptos y teorías físicas (Karam, 2012; Mendes y Batista, 2016). Esto se traduce en que algunos estudiantes manipulen fórmulas sin una comprensión profunda de los conceptos físicos involucrados en ellas, y, por tanto, presenten dificultades para emplear los correspondientes modelos en la realización de experimentos (Islas, 2003).

Se busca entonces que las y los docentes en formación comprendan que la Matemática en la física cumple un rol potente y fecundo de lenguaje que permite explorar y expresar las leyes que rigen los fenómenos físicos (Vizcaino, 2015), pero que este lenguaje adquiere significado solo cuando está anclado en la comprensión conceptual de los fenómenos que representa. La unidad se orienta a desarrollar una mirada epistemológica sobre la modelización en física, entendiendo que el proceso de matematización es un proceso mental complejo y necesario para aprender física, y que va mucho más allá de la resolución de ejercicios algorítmicos.

Orientaciones para la enseñanza

Algunas orientaciones didácticas para el abordaje de esta Unidad Curricular recuperan diversas perspectivas didácticas como la contextualización de contenidos de enseñanza, que apunte a aprendizajes significativos, la incorporación de la historia y la epistemología de la ciencia, así como la exploración y trabajo con las ideas previas de las y los estudiantes.

Entendiendo que esta Unidad Curricular aborda la matematización de la clase de física, es pertinente considerar las relaciones epistemológicas y metodológicas entre la Física y la Matemática, considerando aspectos diversos referidos a las formas

de producción, validación y comunicación de conocimiento en cada disciplina.

Un primer punto, en este sentido, es referido al concepto de magnitud, considerando las diferencias de matices y usos en cada disciplina: toda magnitud matemática no es una magnitud física. Existe una relación entre la física y la matemática, donde el físico le asigna un determinado significado a las variables que utilizan, que no es el mismo significado que le asigna el matemático, debido a que en la física cada variable entrega información adicional a su valor numérico (Paty, 2006). En coherencia con lo anterior, (Redish, 2006) indica que, en la Física, los símbolos no son arbitrarios, pero son elegidos para activar una asociación mental, en particular, con alguna cantidad física o medición. No obstante, dicha asociación mental no es solamente matemática, lo que se busca es que la expresión tenga sentido para aquellas y aquellos que la leen, además de evocar a algún fenómeno de la realidad, perteneciendo a campos representacionales distintos, y requiriendo una redesccripción representacional, una forma de “traducción”, de un lenguaje a otro. (Ure y Pérez, 2005)

En segundo término, se sugiere considerar las relaciones algebraicas y funcionales entre magnitudes. Los fenómenos físicos son percibidos a través de características que pueden presentarse bajo la forma de magnitudes que tiene una expresión matemática, y a la vez, las relaciones entre dichas magnitudes pueden formularse bajo la forma de ecuaciones que relacionan estas magnitudes entre sí. Sin embargo, es importante profundizar y analizar este proceso de correspondencia. Vizcaino (2015), indica que la relación entre la Física y la Matemática va más allá del mero uso de cálculos numéricos y le da a la Matemática el estatus de lenguaje que le permite al físico o a la física explorar de mejor manera las leyes que rigen un fenómeno. Lo anterior implica que, en las clases de Matemática se resuelven ejercicios que son numéricos, sin embargo, en la clase de Física, además de resolver problemas y ejercicios, se le debe dar importancia a la comprensión de los conceptos. En esta línea, es necesario entender que la física y la matemática son ciencias diferentes que presentan una relación estrecha, y, por tanto, la literatura señala que esto hace más imperiosa la necesidad de diferenciarlas con respeto y valoración de las identidades de cada disciplina, durante los procesos de enseñanza.

Propuesta didáctica

Como propuesta didáctica para una enseñanza de esta unidad didáctica que supere la visión instrumental de la matemática en física, se sugiere implementar un proceso de cuatro momentos: modelizar, formalizar, matematizar y diferenciar lenguajes, que hemos elaborado a partir de las propuestas de diversas autoras y diversos autores que abordan esta problemática.

1. Modelizar como punto de partida. Modelizar corresponde al momento en que se genera una imagen mental sobre el concepto que se está intentando explicar, seleccionando o abstrayendo características consideradas como esenciales o relevantes, y descartando otras. Esta realidad simplificada constituye el núcleo del conocimiento científico y la modelización es la actividad sistemática a partir de la cual se puede construir y emplear este conocimiento; a su vez, en esta parte del proceso tanto el profesorado como el estudiantado, ponen en juego sus propios saberes previos, tanto sobre el fenómeno físico en estudio, como de otros modelos utilizados previamente. Ahora, al considerar una situación cualquiera de aprendizaje en el ámbito de la física se puede decir que, al comenzar a trabajar con un concepto se debe intentar que la o el estudiante sea capaz de plantear su propio modelo y eso implica establecer una imagen mental que le permita explicarlo (en lenguaje cotidiano o socialmente compartido), es decir, que las leyes de la Física aún en el nivel más bajo, no se aplican directamente al hecho físico sino a los modelos que sobre ellos construyen los sujetos (Colombo y Pesa, 2008). En consecuencia, la modelización se relaciona directamente con la generación de modelos mentales y su capacidad para describir, explicar, anticipar e intervenir sobre fenómenos naturales o dispositivos tecnológicos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Esto hace que el proceso de modelización permita confrontar, modificar y mejorar modelos, en el marco de interacciones discursivas válidas y constructivas.

2. Formalizar para construir el lenguaje científico. Formalizar concierne al segundo momento donde se le asignan las estructuras del lenguaje científico a los hechos físicos que se están estudiando, intentando generalizar, pero estableciendo rangos de validez del modelo adoptado. En este sentido, se trata de un proceso natural del pensamiento o de todo proceso cognitivo en la medida en que el lenguaje común es

en sí mismo un proceso de formalización. En efecto, cuando se enseña un concepto nuevo, lo primero que se debe hacer es indicarle a las y los estudiantes en qué espacio le es útil y qué le permitirá explicar; todo ello con el propósito de que pueda construir un discurso articulado para referirse al fenómeno en particular. En consecuencia, este proceso resulta de suma importancia a la hora de la construcción del aprendizaje por parte del alumnado, ya que es en este momento cuando las y los estudiantes se apropian de conceptos y procedimientos vinculados al hecho estudiado, demostrando que son capaces de hacer suyo el lenguaje científico que se les ha enseñado, considerando sus ventajas, limitaciones y ámbito de validez (Vizcaíno, 2015).

3. Matematizar. Es, en este esquema, el tercer momento donde se plantea la manipulación de los símbolos, es decir, se reconoce una estructura formal, utilizando una simbología matemática que contribuye a la explicación del fenómeno físico. En esta línea, Romero (2002), indica que matematizar un fenómeno físico no consiste en sobreponer, autoritariamente, un aparato matemático preexistente al fenómeno; sino de construir las magnitudes, relaciones y procedimientos apropiados, considerando su pertinencia, para representarlo y cuantificarlo. Para que la aplicación de la estructura matemática a un fenómeno físico tenga sentido, la matematización debe estar supeditada a la formalización que se realice del fenómeno en estudio. En resumen, matematizar conlleva un proceso de pensamiento que es mucho más que solo resolver problemas donde se aplican procedimientos matemáticos, implica un proceso mental necesario para aprender física en diálogo con saberes matemáticos disponibles.

4. Diferenciación de lenguajes. Trabajar explícitamente en la diferenciación entre el lenguaje puramente matemático (de carácter abstracto) y el lenguaje matemático asociado a la representación de fenómenos físicos, donde los símbolos no son arbitrarios, sino que activan una asociación mental con una cantidad física o medición (Redish, 2006). Considerar que el físico le asigna un significado específico a las variables que no es el mismo que le asigna el matemático (Paty, 2006), y profundizar las similitudes y diferencias entre las formas de producción y validación de conocimientos en cada una de las disciplinas, especialmente en relación con las actividades experimentales, las mediciones,

la elaboración de conjeturas e hipótesis, las formas de demostración y generalización, entre otras.

Con base en los cuatro momentos descritos, es importante destacar que las profesoras y los profesores de física deben comprender cómo las relaciones entre la Física y la Matemática han sido desarrolladas en la construcción del conocimiento científico. Esto realza la importancia de atender al uso del lenguaje, ya que en el entendido de que las estructuras y conceptos matemáticos son parte del lenguaje de la física, también desde ese lenguaje se realiza la construcción de la ciencia escolar. En lo específico, se debe diferenciar entre un lenguaje puramente matemático y un lenguaje matemático asociado a la representación de los fenómenos físicos, debido a que, en la Matemática, el lenguaje tiene un carácter de abstracción y generalización, diferente al de la Física. En este sentido en el Diseño Curricular, se propone para las prácticas de lectura y escritura correspondientes a Matemática para físicos, “reflexión acerca de hablar, leer y escribir en el contexto matemática, en tanto es en la actividad comunicativa donde se reconstruyen los conceptos de la Matemática y se formulan e interpretan los problemas asociados al área, a partir del análisis de los diferentes tipos de lenguaje que caracterizan a la disciplina (textual, simbólico y gráfico) y del trabajo didáctico que es necesario realizar en relación con estos lenguajes para la enseñanza de la Física”.

Articulación con las líneas de formación

En cuanto a posibles articulaciones de esta Unidad Curricular, se sugiere recuperar y profundizar los saberes matemáticos trabajados en Matemática y Ciencias Naturales I y II de los primeros años, pero resignificando y potenciando su uso en la modelización de fenómenos físicos. También es importante considerar que en esta Unidad Curricular se establecen las bases para un abordaje más complejo de la modelización matemática en las unidades de cuarto año, como Mecánica Avanzada y Física Teórica, y Física Cuántica, Atómica y Nuclear, donde los conceptos físicos requieren un mayor nivel de abstracción y formalización matemática.

En relación con las articulaciones horizontales, se considera que resulta fundamental trabajar en forma coordinada con Astronomía, Electromagnetismo, Termodinámica, y Ondas y Óptica, actuando esta unidad como un espacio de reflexión y explicitación

de los procesos de modelización y matematización que se llevan a cabo en aquellas, a partir de casos y ejemplos paradigmáticos de cada rama de la física. Con Didáctica de la Física, se sugiere analizar las dificultades específicas que presentan las y los estudiantes en la interpretación y uso del lenguaje matemático en la física y diseñar estrategias de enseñanza superadoras. Con el Campo de la Práctica Docente III, la articulación es crucial en lo concerniente a la relación entre los contenidos teóricos y su matematización y en la planificación didáctica de las prácticas en terreno. Las y los docentes en formación pueden analizar y diseñar secuencias de enseñanza para la escuela secundaria que respeten la progresión modelizar-formalizar-matematizar-diferenciar lenguajes, evitando caer en la enseñanza meramente algorítmica de la física.

Algunos ejemplos, actividades o casos que se sugieren a continuación podrían permitir abordar de manera contextualizada, articulada y significativa distintos contenidos de esta Unidad Curricular, en relación con los principales datos observacionales, modelos explicativos y teorías matematizadas vinculadas a las unidades curriculares del campo específico de tercer año:

- **Estimación del radio terrestre por Eratóstenes:** como un caso paradigmático de la historia de la Astronomía, en el que se utilizan modelos propios de la geometría y el cálculo. También resultan de interés los modelos y estimaciones realizadas por Aristarco en relación con los tamaños y distancias relativas entre el sol, la tierra y la luna.
- **La ley de Ohm:** en articulación con Electromagnetismo, se propone partir de la modelización de la experiencia cualitativa de cómo varía la corriente en un circuito al cambiar la resistencia o la tensión. Luego formalizar la relación entre estas variables, para finalmente matematizarla mediante la ecuación $V = I \cdot R$, analizando el significado físico (y matemático) de cada término y no solo su manipulación algebraica. Este caso permitiría revisar conceptos y formulaciones matemáticas del estudio de funciones de una variable
- **El concepto de velocidad instantánea:** abordar este concepto, en articulación con la Unidad Curricular de Fundamentos y Modelos de la Mecánica Clásica, siguiendo la secuencia de los tres momentos: 1) Modelizar: discutir cualitativamente qué significa que un auto vaya a “60 km/h” en un instante preciso; 2) Formalizar: introducir el concepto científico de velocidad como razón de cambio, utilizando lenguaje preciso;

3) Matematizar: llegar a la derivada de la posición respecto al tiempo como la herramienta matemática que cuantifica ese concepto; 4) Identificar similitudes y diferencias entre los procesos matemáticos y físicos (incluyendo el proceso de diseño experimental y medición). Este caso permitiría abordar cuestiones matemáticas vinculadas al análisis matemático de funciones de una variable.

- **Las leyes de Newton:** trabajar cada ley primero desde la modelización de situaciones cotidianas (un objeto que se desliza, un choque), luego formalizar los conceptos de fuerza, masa y aceleración con lenguaje científico, para finalmente matematizar las relaciones en la forma $\Sigma \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$, discutiendo el carácter vectorial, la notación utilizada y el significado de la sumatoria de fuerzas.
- **El concepto estadístico de Entropía:** un posible contexto para la enseñanza de cuestiones vinculadas a la Probabilidad y la Estadística puede ser el concepto de Entropía de Boltzmann, que se aborda en la Unidad Curricular Termodinámica. Boltzmann relaciona la entropía S con la probabilidad de un macroestado a través de la ecuación $S = k \ln(W)$, donde k es la constante de Boltzmann y W es el número de microestados accesibles. Es decir, un sistema con un mayor número de configuraciones microscópicas (microestados) posibles para un mismo estado macroscópico (como la energía o el volumen) es más entrópico, más desordenado y más probable.
- **Descomposición espectral de ondas sonoras:** un posible contexto para el estudio matemático de la superposición de funciones armónicas (Análisis de Fourier) es el análisis espectral del sonido de distintos instrumentos o voces humanas que afinan en un mismo tono. Este contenido, propio de la Unidad Curricular Ondas y Óptica, puede estudiarse por medio de la caracterización física del “timbre” del sonido, y es fácilmente visible por medio de aplicaciones informáticas, como por ejemplo las disponibles en [PHET](#).
- **Análisis de gráficos en física:** enseñar a interpretar gráficos, de uso habitual en las distintas unidades curriculares (posición-tiempo, voltaje-corriente, Presión-volumen) no solo como representaciones abstractas, sino como herramientas de modelización que permiten visualizar y predecir el comportamiento de los sistemas físicos, estableciendo puentes entre la representación gráfica, la formalización verbal y la

expresión matemática. Incluir el análisis del significado físico de las derivadas e integrales de las funciones de una o más variables en estudio, como por ejemplo los diagramas P-V-T en el estudio de procesos termodinámicos de gases ideales.

Bibliografía sugerida

Colombo, S. M., y Pesa, M. A. (2008). *Los modelos en la enseñanza de las ciencias*. Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Galagovsky, L. R., y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.

Islas, S. M., y Pesa, M. A. (2003). ¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado? *Enseñanza de las Ciencias*, (Número Extra), 58-60.

Karam, R. A. S. (2012). *Estruturação matemática do pensamento físico no ensino: uma ferramenta teórica para analisar abordagens didáticas* [Tesis de doctorado, Universidade de São Paulo]. Repositório Institucional USP.

Mendes, G. H. G. I., Batista, I. D. L. (2016). *Matematização e ensino de Física: uma discussão de noções docentes*. *Ciência & Educação (Bauru)*, 22(3), 757-771.

Paty, M. (2006). *La materia robada: El rol de las matemáticas en la constitución de las teorías físicas*. Universidad Nacional de Quilmes.

Redish, E. F. (2006). Problem solving and the use of math in physics courses. En *Proceedings of the Conference, World View on Physics Education*. [Editor/Páginas faltantes].

Romero, Á. R. (2002). La formalización de los conceptos físicos: El caso de la velocidad instantánea. *Revista Educación y Pedagogía*, 15(36), 57-67.

Ure, M. C. D., y Pérez, S. M. (2005). Dominios y representaciones: ejemplos de la Física y la Matemática en la Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 18(2), 43-52.

Vizcaino, D. F. (2015). Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 16(1), 95-111.

Didáctica de la Física

Esta Unidad Curricular tiene como sentido profundizar la conceptualización de la identidad epistemológica de esta disciplina, reconceptualizando temas abordados en Didáctica de las Ciencias Naturales y adecuándolos a la enseñanza de la Física. Se establecen criterios sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Física a partir del estudio de la naturaleza de los contenidos científicos, su génesis y evolución histórica, considerando los aportes de la investigación en enseñanza de la Física. Se analiza su repercusión social y vinculaciones con la educación, además de identificar las dificultades de aprendizaje de la Física, indagando en sus causas y características más relevantes en la enseñanza.

Por otra parte, se propone el análisis sobre la planificación y la evaluación teniendo en cuenta instrumentos diversificados que contemplen entre otros elementos, adaptaciones curriculares y propuestas colegiadas para abordar otros tipos de evaluación, caracterizando así el papel que debe jugar en el proceso de enseñanza y de aprendizaje de la Física.

La didáctica de la física, relacionada con los procesos de enseñanza como su objeto, tiene como fin el orientar las formas de pensamiento que conllevan la adquisición de conocimientos propios de la Física.

Tal como lo plantea Pulido (2009), “este proceso no se lleva a cabo en una sola dirección, contrario a los imaginarios actuales; la didáctica de la Física indaga y profundiza en dos sentidos: en los conocimientos del área por parte del profesor y la forma de impartirlos y los procesos de apropiación por parte del estudiante. Una actividad en que se ve inmerso la o el docente que planea sus clases, es observar bajo otros puntos de vista (otras situaciones físicas), los conceptos que comprendió de la lectura, pero que, al reflexionar sobre su validez, pueden tener debilidades o errores, o simplemente no ser válidos para determinadas situaciones que se planteen en el aula”. Es así como “la manera como el profesor desarrolla su clase, determinará qué imagen de ciencia el estudiante puede tener y acceder, también qué procesos de pensamiento, podrá llevar a cabo en este” (Pulido Méndez, 2009).

Las investigaciones por parte de varios autores (López, 2002), (García Sastre, Insuasti M., y Merino, 1999), (Gil Pérez et.al1999), (Campelo Arruda y Marín Antuña, 2001), (Ubaque Brito, 2009), se

han centrado principalmente en la construcción de propuestas para que las y los estudiantes orienten su estudio en la comprensión de los fenómenos propiamente y no únicamente en el desarrollo matemático en el que muchas veces se ven expuestos.

Lucero y otros (2006) escriben sobre la enseñanza de Física y concuerdan en dos grandes propósitos. Primero, brindar a las y los estudiantes los conocimientos de la disciplina para poder abordar las problemáticas específicas de un campo profesional determinado y aplicar las nuevas tecnologías que vienen y que vendrán, en la sociedad cambiante del mundo moderno y; segundo, desarrollar habilidades para el funcionamiento autónomo en los estudios científicos y en la resolución de problemas prácticos inherentes a cada disciplina.

Una propuesta de tipo didáctico trabajada por Ubaque Brito (2009) y Douglas de La Peña y otros (2006) plantean la importancia de fortalecer el lenguaje en la Física y manifiestan que siempre ha existido un lenguaje de comunicación entre la comunidad científica y la física misma, el cual ha permitido desarrollar las ideas que explican un fenómeno, entendiéndolo desde el análisis teórico o desde la actividad experimental. Tal lenguaje en general es asociado a las matemáticas. Este hecho trae consigo efectos negativos en la comprensión del fenómeno por parte de la o el estudiante, ya que ha visto la Física como una ciencia abstracta y difícil, la cual solo es necesario aprobar. La idea principal de la propuesta consiste en cómo orientar la actividad de la o el docente en formación en función del aprendizaje de la física con significado y sentido personal, usando el lenguaje simbólico de la disciplina como instrumento. Las actividades se orientan a la apropiación de conocimientos, desarrollo de habilidades y valores en el contexto de la enseñanza de la física que contribuyan a su desarrollo cultural e integral.

Orientaciones para la enseñanza

En relación con las orientaciones didácticas para la implementación de este taller, se propone incentivar en el alumnado un desarrollo y complejización conceptual que promueva la resolución de situaciones problemáticas y conflictos teóricos mediante el análisis y el contraste de distintos modelos en donde la o el docente debe hacer evidente los procesos de transformación y de conversión que se requieren para identificar los alcances y límites de un concepto en lugar de pensar en erradicarlos de su sistema cognitivo, tal como lo establece Tamayo Alzate (2006).

Lucero y otros (2006) consideran que un elemento fundamental para el avance y mejoría de los procesos pedagógicos en el desarrollo de una didáctica de la Física es entender que no solamente se puede abordar la resolución de problemas desde una mirada cuantitativa, también es necesario vincular procesos reflexivos que permitan un análisis cualitativo y un dominio empírico para alcanzar la comprensión del modelo matemático.

Dentro de los procesos didácticos, el uso del experimento se constituye en herramienta esencial para la enseñanza y comprensión de la Física. Autores como Fonseca, Hurtado, Lombana y Ocaña (2006), Ubaque (2009) y Flores, Caballero Sahelices y Moreira (2009) catalogan el experimento como una herramienta importante que posee la didáctica en la física, siendo una parte esencial y fundamental dentro del proceso de la enseñanza, debido a que le proporciona a la o el estudiante un pensamiento más creativo y una confianza por la investigación científica, lo cual le permitirá descubrir y comprobar determinados fenómenos o principios científicos. El experimento va a permitir que las y los estudiantes tengan una visión de la Física más práctica, real y emocionante, donde pueden refutar, admitir y consolidar los principales estamentos de la misma. Estos autores también destacan fundamentalmente tres clases de experimentos: real, mental y de simulación.

Los experimentos reales son aquellos que se llevan a cabo en el laboratorio en los cuales se da la posibilidad de interactuar con los elementos de medición y así estudiar el fenómeno utilizando los sentidos, permitiendo la interacción práctica. El experimento mental se caracteriza por comprender fenómenos de la física que son difíciles de comprobar directamente en un espacio de laboratorio, tal como el principio de inercia, para citar un ejemplo. Los experimentos virtuales responden a un tipo de prácticas que actualmente está en auge gracias al desarrollo de las TIC, en general son programas de computadora que brindan alternativas a las y los docentes para mostrar y enseñar un fenómeno natural mediante la visualización de los diferentes estados que el mismo puede presentar (Ubaque Brito, 2009). Este tipo de herramientas de experimentación permiten a las y los estudiantes cambiar las condiciones de un problema determinado.

Presentar cualquier tipo de estos experimentos, debe ser un camino para el enriquecimiento del aprendizaje y la comprensión del fenómeno que se estudia, por lo que la selección debe ser muy cuidadosa y además estar de acuerdo con las estrategias metodológicas y el proceso que va llevando el alumnado a

medida que va asimilando el contenido de la asignatura. Finalmente, estos autores concluyen que es fundamental el referente histórico del experimento, debidamente preparado, lo que permitirá las y los estudiantes comprender un poco más la naturaleza del fenómeno físico.

Las ideas hasta aquí planteadas están relacionadas con los enfoques propuestos en el Diseño Curricular para la formación de profesores de Física. En el Campo de la Formación Específica resulta relevante abordar la relación entre las tres formas principales de producción y validación de conocimiento en Física (las actividades experimentales, el trabajo con modelos explicativos y el uso de teorías altamente matematizadas) y sus formas de enseñarlas en el contexto de la ciencia escolar. Se considera necesario sostener procesos de alfabetización científica y tecnológica, a partir del establecimiento de relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente. Resulta significativo darle lugar al abordaje de cuestiones socio científicas en su complejidad, considerando aspectos epistemológicos actualizados.

Las tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han abierto nuevas posibilidades y expectativas cruciales para las y los docentes y las instituciones tal como se señala en la [Declaración mundial sobre la Educación Superior para el siglo XXI: visión y acción](#) (UNESCO,1998) :

“La educación superior debe hacer frente a la vez a los retos que suponen las nuevas oportunidades que abren las tecnologías, que mejoran la manera de producir, organizar, difundir y controlar el saber y de acceder al mismo. En un mundo en rápido cambio, se percibe la necesidad de una nueva visión y un nuevo modelo de enseñanza superior, que debería estar centrado en el estudiante, “así como una renovación de los contenidos, métodos, prácticas y medios de transmisión del saber [...]”. Los nuevos métodos pedagógicos también supondrán nuevos materiales didácticos”.

En principio la o el docente puede utilizar tales tecnologías, sin poseer conocimientos específicos del lenguaje de programación. Una de las principales propuestas es que se use la computadora en el laboratorio científico como sistema de control y visualización de sensores físicos y de adquisición de datos en aquellos experimentos en los que se necesita un gran número de éstos, pudiendo ser procesados además con programas propios. En la actualidad, los fabricantes de material de laboratorio de ciencias experimentales van incluyendo cada vez más un

mayor número de equipos que llevan ordenadores acoplados, los cuales recogen y tratan los datos experimentales, a partir de los cuales se pueden realizar simulaciones, construir gráficas que muestran la relación entre variables o realizar cálculos y ajustes de diferente tipo que ayudan al estudiante en el desarrollo de la experiencia.

En la Conferencia mundial sobre la ciencia para el siglo XXI (UNESCO, 1998), auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, se declaraba:

“Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, el alumnado deberían aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos”.

En este nuevo escenario, el equipo docente debe modificar su rol en el proceso de enseñanza y aprendizaje, convirtiéndose en el organizador de la interacción entre las y los estudiantes y los objetos de conocimiento, en el generador de interrogantes, estimulando permanentemente a los alumnos en la iniciativa y en el aprendizaje activo con creación, comunicación y participación. Debe guiar los procesos de búsqueda, análisis, selección, interpretación, síntesis y difusión de la información. No se trata únicamente de utilizar herramientas web, sino, sobre todo, de integrarlas en su práctica educativa.

El conocimiento no es “descubierto”, sino construido por las personas y tiene una estructura que puede ser analizada con el acompañamiento del personal docente formador. Este proceso permitirá mejorar o modificar los significados que forman parte del dominio conceptual, reconocerlos y establecer nuevas relaciones entre ellos, poniendo en evidencia, además, la efectividad de los recursos metodológicos empleados para conseguirlos.

Es importante señalar que una buena estrategia didáctica siempre deberá estar acompañada de una estrategia de evaluación que le permita construir y retroalimentar permanentemente el modelo, para que no se presente como una práctica aislada que no tenga resultados, pues la continuidad es la que genera procesos reales de transformación. Lo esencialmente importante, tal como se estableció en una conferencia de la UNESCO citada en este texto, es formar “seres integrales que utilicen

adecuadamente la ciencia y la tecnología” con el fin de afrontar los desafíos del mundo actual.

Articulación con las líneas de formación

En relación con las articulaciones con otras unidades curriculares, resulta ineludible la necesidad de abordar los conocimientos disciplinares de manera interrelacionada, promoviendo articulaciones horizontales con Electromagnetismo, Termodinámica, Ondas y Óptica y Matemática asociada a la Física; y articulaciones verticales con Didáctica de las Ciencias Naturales, Fundamentos y modelos de la Mecánica Clásica, Actividades experimentales de Ciencia y Tecnología escolar y Matemática y Ciencias Naturales II.

Además, resulta indispensable el planteo de experiencias integradas con el Campo de la Práctica III (enseñanza en el aula, el cuerpo y la voz, perspectiva de derechos en el aula, práctica colaborativa, lectura de documentos curriculares, planificación de la enseñanza, acompañamiento de las trayectorias, la reflexión sobre la enseñanza), enfocando en el desarrollo de los saberes disciplinares en la Escuela Secundaria.

Por último, teniendo en cuenta la necesidad de articular los distintos campos de la formación, se considera pertinente la relación con Problemas filosóficos de la educación por ejemplo: el sujeto, la alteridad y la otredad; el deseo de saber y de enseñar: ¿cómo enseñar física a una o un estudiante de secundaria al que “no le interesa”?; el problema de la verdad y la legitimación de saberes, promover una educación filosófica (no solo transmitir conocimientos, sino preguntas y formas “científicas” o “físicas” de abordarlos); Trayectorias educativas de Jóvenes y Adultos (valoración de saberes de jóvenes y adultos; construcción y participación en proyectos intra e interinstitucionales, modalidades, de las “capacidades” a la generación de condiciones educativas); Política educativa argentina (democratización de la enseñanza secundaria políticas públicas nacionales y de la provincia de Buenos Aires, del paradigma de la selectividad al paradigma de la democratización, diversidad en las aulas, acompañamiento a las trayectorias, revisar los sentidos “naturalizados” de la enseñanza de las ciencias, la secundaria como productora de sentido y de poder).

Algunos ejemplos, actividades o casos que se sugieren a continuación permiten abordar de manera contextualizada, articulada y significativa distintos contenidos de esta Unidad Curricular.

- **Análisis y reflexión sobre secuencias didácticas de enseñanza de la Física.** Se propone seleccionar secuencias didácticas que abordan la enseñanza de contenidos de las unidades curriculares de la formación inicial, y analizarlas tomando como referencia los principales modelos didácticos de las ciencias naturales y la Física (alfabetización científica tecnológica, investigación escolar, aprendizaje basado en problemas, entre otros).
- **Diseño de secuencias didácticas.** Proponer el diseño de secuencias didácticas que cumplan algún requisito, a modo de ejercicio, como por ejemplo la integración de los tres tipos de experimentación (real, mental y virtual) para un concepto físico específico, considerando el referente histórico del experimento y su potencial para generar conflicto cognitivo.
- **Análisis de problemas físicos.** Implementar la resolución de problemas desde un enfoque cualitativo y cuantitativo, vinculando procesos reflexivos que permitan un análisis conceptual previo al desarrollo matemático, tal como proponen Lucero y otros (2006).
- **Planificación con TIC.** Diseñar actividades que utilicen simulaciones computacionales como sistema de control y visualización de sensores físicos, procesando datos experimentales para construir gráficas y realizar ajustes que ayuden en la comprensión conceptual.
- **Estrategias de evaluación diversificadas.** Desarrollar instrumentos de evaluación que pongan a prueba no solo la memoria, sino también las facultades de comprensión, la aptitud para las labores prácticas y la creatividad, en coherencia con los lineamientos de la UNESCO (1998). Ver por ejemplo los trabajos de Cabana, Pesco y Macallini (2025); Martínez Torregrosa, Verdú Carbonell y Gíl Pérez (1996) y Mazzitelli, Guirado y Olivera (2013).
- **Proyectos de indagación escolar.** Diseñar proyectos para la escuela secundaria que aborden cuestiones sociocientíficas en su complejidad, estableciendo relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente, como parte de procesos de alfabetización científica y tecnológica.
- **Diseño e implementación de salidas didácticas para la enseñanza contextualizada de la Física.** Se propone el diseño, implementación y evaluación de salidas didácticas, junto con las y los docentes en formación, articulando saberes disciplinares en el marco de cuestiones sociocientíficas y ambientales.

Bibliografía sugerida

Cabana, M. F., Pesco, P., y Macallini, Y. (2025). Del parcial al portafolios: un cambio en la evaluación de física para la formación docente. *Revista de Enseñanza de la Física*, 37, 79-87.

Fonseca, M., Hurtado, A., Lombana, C., y Ocaña, O. (2006). La simulación y el experimento como opciones didácticas. *Revista Colombiana de Física*, 38(2), 707-710.

Gil Pérez, D., Carrascosa Alís, J., Dumas-Carré, A., Furió Mas, C., Gallego Badillo, R., Gené Duché, A., González, E., Guisasola Aranzabal, J., Martínez Torregrosa, J., Pessoa de Carvalho, A. M., Salinas, J., Tricárico, H., y Valdés Castro, P. (1999). ¿Cómo puede contribuir el conocimiento de la ciencia a una educación científica de calidad? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 17-28.

López, B. (2002). Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluadores de auxiliares didácticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 115-132.

Lucero, I., Concarí, S., y Pozzo, R. (2006). El análisis cualitativo en la resolución de problemas de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11(1), 85-96.

Martínez Torregrosa, J., Verdú Carbonell, R., y Gil Pérez, D. (1996). *La evaluación en una enseñanza de la física como construcción de conocimientos*. Universidad de Valencia.

Mazzitelli, C. A., Guirado, A. M., y Olivera, A. D. C. (2013). Las evaluaciones en física y en química: ¿qué aprendizaje se favorece desde la enseñanza en la educación secundaria? *Revista de Enseñanza de la Física*, 25(Extra), 527-534.

Pulido, W. (2009). La didáctica de la física como investigación en la enseñanza de la física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 4(1), 9-12.

Tamayo Alzate, O. E. (2006). *La evolución conceptual en el aula*. Editorial Universidad de Caldas.

Ubaque Brito, K. Y. (2009). *Experimento: una herramienta fundamental para la enseñanza de la física*. [Trabajo de grado/Tesis]. Universidad Francisco José de Caldas.

UNESCO. (1998). *Declaración mundial sobre la educación superior para el siglo XXI: visión y acción*. UNESCO.