

FÍSICA CLÁSICA Y MODERNA

6º AÑO (ES)



ÍNDICE

Física clásica y moderna y su enseñanza en el Ciclo Superior de la Escuela Secundaria	109
Mapa curricular	113
Carga horaria	113
Objetivos de enseñanza	113
Objetivos de aprendizaje	114
Contenidos	115
Eje temático. Mecánica y partículas	116
Objetivos de aprendizaje del eje temático	120
Eje temático. Mecánica y fluidos	120
Objetivos de aprendizaje del eje temático	122
Eje temático. Mecánica de cuerpos extensos	122
Objetivos de aprendizaje del eje temático	125
Eje temático. Física moderna	125
Objetivos de aprendizaje del eje temático	127
Orientaciones didácticas	128
Hablar, leer y escribir en Física	128
Trabajar con problemas de Física	133
Conocer y utilizar modelos en Física	138
Orientaciones para la evaluación	141
Relaciones entre actividades experimentales y evaluación	141
Criterios de evaluación	142
Instrumentos de evaluación	143
Evaluación de conceptos y procedimientos	144
Evaluación mutua, coevaluación y autoevaluación	145
Bibliografía	147
Disciplinar	147
Historia y filosofía de la ciencia	147
Didáctica de las ciencias experimentales	147
Recursos en Internet	148

FÍSICA CLÁSICA Y MODERNA Y SU ENSEÑANZA EN EL CICLO SUPERIOR DE LA ESCUELA SECUNDARIA

“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 [...]. Hoy más que nunca, es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad”.¹

Física clásica y moderna presenta los contenidos de la física escolar que completarán la formación de los estudiantes en este campo de conocimientos. Sus contenidos están concebidos en una continuidad de enfoque con la formación que se desarrolló durante los tres primeros años del Ciclo Básico de la Escuela Secundaria, como así también en 4º y 5º año del Ciclo Superior.²

La materia aborda los contenidos necesarios para una formación en física acorde a los fines de la alfabetización científica propuesta para esta etapa de la escolaridad; brinda a los estudiantes un panorama de las formalizaciones de la física básica, sus aplicaciones a campos diversos y las vinculaciones existentes con la tecnología cotidiana. Considera, además, un nivel de profundidad en el tratamiento de los contenidos acorde a la proximidad de la asignatura con los estudios superiores.

Se trata de una propuesta que articula con los fines establecidos para la Educación Secundaria, común y obligatoria, en relación con la formación para la ciudadanía, el mundo del trabajo y la continuidad en los estudios superiores. Estos fines implican cambios en la perspectiva curricular de la educación en ciencias en general, y de la física en particular, que no se producen de manera arbitraria sino que resultan requisitos para que dichos fines se logren. Una educación científica, entendida en función de estos logros, involucra una transformación profunda respecto de la formación en ciencias que se produjo hasta el momento.

Tradicionalmente, la enseñanza de las ciencias en la Escuela Secundaria tuvo la finalidad casi exclusiva de preparar para los estudios posteriores y sostuvo un enfoque centrado en la presentación académica de unos pocos contenidos. Este posicionamiento encontraba su fundamento en la función misma de la Escuela Secundaria: una instancia que involucraba a un número reducido de estudiantes que continuarían sus estudios en la Educación Superior, en particular en la universidad. Este vínculo entre la Escuela Secundaria y la universidad, encontraba su correlato natural en una concepción de la primera como no obligatoria y reservada solo a una minoría de la población con intenciones de ascenso social, por medio de su formación y calificación laboral como profesionales. De acuerdo a este pensamiento, resultaba natural que las materias fueran los antecedentes de las respectivas asignaturas en la universidad y, por lo tanto, la educación en ciencias no hacía más que reflejar la situación, tratando los contenidos de las disciplinas científicas como prerrequisito para los estudios superiores.

¹ Unesco, *Conferencia mundial sobre la ciencia para el siglo XXI: un nuevo compromiso*. Budapest, Unesco, 1999.

² En el Ciclo Básico, las materias vinculadas con la Física son *Ciencias Naturales* (1º año) y *Físico Química* (2º y 3º año). En el Ciclo Superior Orientado en Ciencias Naturales, por su parte, las asignaturas son *Introducción a la Física* y *Física* (4º y 5º año respectivamente).

La ciencia en la escuela se definía a partir de la enseñanza de unos pocos conceptos, principios y leyes de las disciplinas científicas. Esta orientación, sin embargo, resulta insuficiente incluso como instancia de preparación para los futuros científicos, fundamentalmente porque se transmite una idea deformada y empobrecida de la actividad científica, al presentarla como algo ajeno e inaccesible al conjunto de la población.

Cabe insistir, en primer lugar, en que una educación científica como la practicada hasta aquí, tanto en la secundaria como en la misma universidad, centrada casi exclusivamente en los aspectos conceptuales, es igualmente criticable como preparación de futuros científicos. Esta orientación genera una visión deformada y empobrecida de la actividad científica, que no solo contribuye a una imagen pública de la ciencia como algo ajeno e inasequible –cuando no directamente rechazable–, sino que disminuye drásticamente el interés de los jóvenes por dedicarse a la misma.³

Desde este enfoque tradicional, que defiende la función propedéutica y la excelencia académica, se logran paradójicamente resultados inversos: desinterés de los jóvenes por los contenidos y las prácticas científicas, escasa formación en ciencias, como así también la imposibilidad de relacionar o transferir los conocimientos científicos a la comprensión del mundo natural o tecnológico que los rodea.

La enseñanza de la Física desde esta visión implica una especie de ritual de iniciación. Los estudiantes son introducidos –sin mayores explicaciones– a un mundo de definiciones, fórmulas y ecuaciones, con un fuerte peso de la operatoria matemática, que son aprendidas de manera más o menos mecánica y que, además, tienen escasa vinculación con lo tecnológico o la cotidianidad de los jóvenes.

Esta perspectiva resulta insuficiente en el contexto actual, dado que a partir de la Ley de Educación Nacional y la obligatoriedad de la Escuela Secundaria, la educación en ciencias debe resultar valiosa en el proceso de formación de los estudiantes, sea que se incorporen al mundo del trabajo o continúen los estudios superiores, incentivando su participación como miembros activos de la sociedad.

Una educación científica concebida de esta manera, requiere ser pensada desde la concepción de la alfabetización científica tecnológica. Ésta constituye una metáfora de la alfabetización tradicional, entendida como una estrategia orientada a lograr que la ciudadanía adquiera cierto nivel de conocimientos de ciencia, y saberes acerca de la ciencia, que le permitan participar y fundamentar sus decisiones con respecto a temas científico-tecnológicos que afecten a la sociedad en su conjunto.

La alfabetización científica está íntimamente ligada a una educación de y para la ciudadanía. Es decir, que los ciudadanos sean capaces de comprender e interpretar los problemas de la sociedad y el mundo, así como actuar y participar activa y responsablemente sobre ellos, con la conciencia de que es posible transformar la sociedad dado que no todo está determinado desde un punto de vista biológico, económico o tecnológico.

En palabras de Berta Marco, “formar ciudadanos científicamente [...] no significa hoy dotarles solo de un lenguaje, el científico –en sí ya bastante complejo–, sino enseñarles a desmitificar y decodificar las creencias adheridas a la ciencia y a los científicos, prescindir de su aparente

³ Matthews, Michael, Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias en Comunicación, Lenguaje y Educación. Madrid, Fundación Infancia y Aprendizaje, 1991, pp. 11-12, 141-155. Solbes, Jordi y Vilches, Amparo, STS interactions and the teaching of physics and chemistry en Science Education, Cambridge University Press, 1997, pp. 81 (4), 377-386.

neutralidad, entrar en las cuestiones epistemológicas y en las terribles desigualdades ocasionadas por el mal uso de la ciencia y sus condicionantes sociopolíticos".⁴

Desde esta visión, las clases de Física deben pensarse en función de crear situaciones propicias para el logro de los propósitos descritos, incentivando la participación de docentes y estudiantes activos que construyen conocimiento en la comprensión de los fenómenos naturales y tecnológicos en su riqueza y complejidad.

Que los estudiantes accedan a los conceptos, procederes y explicaciones propias de las ciencias naturales, en el transcurso de la escolarización, es tanto una necesidad –por lo que implica respecto de la formación presente y futura de los jóvenes– como un derecho. La escuela debe garantizar que este campo de conocimientos que la humanidad ha construido durante diferentes momentos de la historia circule en las aulas, se comparta, se recree y se distribuya democráticamente.

Estos conocimientos constituyen herramientas para comprender, interpretar y actuar sobre los problemas que afectan a la sociedad; se los valora en tanto permiten participar activa y responsablemente, pero también se reconocen sus limitaciones porque no aportan soluciones para todos los problemas ni permiten resolver la totalidad de los conflictos desde esta óptica.

La alfabetización científica implica conocer conceptos y teorías de las diferentes disciplinas, como así también entender a la ciencia como una actividad humana en la cual las personas se involucran, dudan y desconfían de lo que parece obvio, formulan conjeturas, confrontan ideas y buscan consensos, elaboran modelos explicativos que contrastan empíricamente, avanzan, vuelven sobre sus pasos y revisan críticamente sus convicciones.

En este sentido, una persona científicamente alfabetizada podrá interiorizarse sobre los modos particulares en que se construyen los conocimientos que producen los científicos, cómo circulan en la sociedad y la diferencia que tienen respecto de otras formas de conocimiento. Estará en condiciones, también, de ubicar las producciones científicas y tecnológicas en el contexto histórico y cultural donde se producen, reconociendo que la ciencia no es neutra ni aséptica y que como institución está atravesada por el mismo tipo de intereses y conflictos que caracterizan a la sociedad en la que se inscriben.

Desde la perspectiva de la alfabetización científica y en relación con el marco político de los fines establecidos para la Educación Secundaria, es necesario replantearse los objetivos y las formas de enseñar ciencias, más orientadas a la comprensión. En las aulas, las investigaciones desarrolladas por las didácticas específicas de las ciencias han demostrado que la comprensión solo se logra superando el reduccionismo conceptual, a partir de propuestas de enseñanza de las ciencias más cercanas a las prácticas científicas que integren los aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos. En palabras de Dereck Hodson, "los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones, con tal que haya suficientes oportunidades y apoyos para la reflexión".⁵

El enfoque que se explicita en este Diseño Curricular, basado en la idea de alfabetización científica tecnológica para la educación en ciencias, propone una labor de enseñanza diferente que atienda a

⁴ Marco, Berta, "Alfabetización científica: un puente entre la ciencia escolar y las fronteras científicas" en *C&E Cultura y educación*, vol. 16, n° 3, 2004, pp. 273-288.

⁵ Hodson, Dereck, "In search of a meaningful Relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education" en *International Journal of science education*, n° 14, 1992, pp. 541-566.

las dificultades y necesidades de aprendizaje del conjunto de los jóvenes que transitan la Educación Secundaria. La impronta que la educación científica genere en ellos debe facilitar su comprensión y desempeño en relación con los fenómenos científico-tecnológicos. En este sentido, “la mejor formación científica inicial que puede recibir un futuro científico coincide con la orientación que se dé a la alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía [...] [ya que] dicha alfabetización exige, precisamente, la inmersión de los estudiantes en una cultura científica”.⁶

¿Qué es la cultura científica? ¿Cómo se la puede enseñar en las aulas? Es necesario considerar, entre otras, las siguientes dimensiones de la cultura científica:

- la capacidad de interpretar fenómenos naturales o tecnológicos;
- la comprensión de mensajes, informaciones, textos de contenido científico y, en el caso de los estudiantes, la posibilidad de producirlos;
- la evaluación de enunciados o conclusiones de acuerdo con los datos o justificaciones que los sostienen.

Además de comprender y utilizar modelos y conceptos, el aprendizaje de la cultura científica –y de la Física en particular– incluye el desarrollo de destrezas comunicacionales en relación con los mensajes de contenido científico, la capacidad de comprenderlos y de generarlos. Hay que tener en cuenta que estos mensajes utilizan, además de textos escritos u orales, distintos lenguajes específicos de las ciencias (por ejemplo, los sistemas de símbolos como las curvas de nivel que representan el relieve en los mapas). Por eso, se considera que en el aprendizaje tiene tanta importancia distinguir entre el uso que se hace de un término en el lenguaje científico y en el lenguaje cotidiano, como el aprendizaje de términos nuevos. Es relevante prestar atención a los aspectos relacionados con la comunicación y el lenguaje en la clase de ciencias, dado que sin ellos no podría hablarse de una cultura científica.

Las actividades vinculadas con el uso del lenguaje se deben ofrecer en todos y cada uno de los núcleos de contenidos, así como en toda tarea escolar en el ámbito de la Física. Al resolver problemas, es necesario trabajar sobre el significado de los datos y las consignas. Al encarar investigaciones –tanto bibliográficas como experimentales– se hará necesario enfrentar los usos del lenguaje en los textos que sean abordados y en la redacción de informes de las experiencias. Del mismo modo, al dar una definición, formular una hipótesis o argumentar se dan oportunidades claras de ejercitar las prácticas de lenguaje y su uso en el ámbito de la Física.

Debe quedar claro que no se trata de dejar de lado el uso de cálculos u operaciones propias de la Física, sino de entender que la enseñanza centrada únicamente en estas habilidades provoca aprendizajes que dan una visión empobrecida de la ciencia, y que la desvinculan de su carácter cultural y de sus aplicaciones cotidianas. Los cálculos y las formalizaciones deben integrarse, junto con el lenguaje coloquial, para crear una comunidad de habla dentro las clases de Física. Estas herramientas lingüísticas y matemáticas tendrán significado en la medida en que se permita discutir acerca de sus aplicaciones y efectos, sirvan para dar explicaciones o corroborar hipótesis, y no que se transformen en una finalidad en sí misma.

Estas últimas consideraciones deben ser tenidas en cuenta tanto durante el desarrollo de cada uno de los ejes temáticos propuestos como en la evaluación de las actividades vinculadas con el lenguaje en el ámbito específico de esta disciplina.

⁶ Gil Pérez, Daniel y Vilches, Amparo, “Educación, ciudadanía y alfabetización científica: mitos y realidades” en *Revista Iberoamericana de Educación*, OEI, n° 42, 2006.

MAPA CURRICULAR

Los contenidos seleccionados, de acuerdo a su relevancia (científica), pertinencia (en cuanto a los fines de los estudios superiores y el enfoque para la enseñanza), adecuación (con vistas a una alfabetización científica) y relación de continuidad y progresiva complejización (respecto de los temas trabajados en los años anteriores), se han organizado jerárquicamente en ejes temáticos y núcleos de contenidos.

- Ejes temáticos: indican grandes bloques temáticos que posibilitan la comprensión de los fenómenos según las interpretaciones teóricas actuales. En este caso se trata de *Mecánica y partículas*, *Mecánica y fluidos*, *Mecánica de cuerpos extensos* y *Física moderna*.
- Núcleos de contenidos: constituyen agrupaciones de contenidos hacia el interior de los ejes, organizados por afinidades temáticas que facilitan la exposición de los contenidos.

Materia	Física clásica y moderna
Año	6°
Ejes temáticos y núcleos de contenidos	Mecánica y partículas <ul style="list-style-type: none">• Movimientos y su descripción.• Fuerzas, equilibrios y movimientos.• Conservaciones en Física.
	Mecánica y fluidos <ul style="list-style-type: none">• Fluidos en equilibrio.• Movimientos de fluidos.
	Mecánica de cuerpos extensos <ul style="list-style-type: none">• Descripción de estados y movimientos.• Teoremas de conservación.• Gravitación.
	Física moderna <ul style="list-style-type: none">• El fracaso de la Física clásica.• La unificación de las fuerzas.

CARGA HORARIA

La materia Física clásica y moderna corresponde al 6° año de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales. Su carga horaria es de 108 horas totales; si se implementa como materia anual su frecuencia será de tres horas semanales.

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

- Generar espacios de colaboración entre pares para favorecer el diálogo sobre los fenómenos naturales y tecnológicos, y los procesos de expresión científica que surjan de ellos.
- Incorporar, con distintos grados de complejidad, el uso de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Conectividad (NTICX) en la enseñanza de la Física clásica y moderna.

- Favorecer el encuentro entre la experiencia concreta de los estudiantes, a propósito del estudio de ciertos fenómenos naturales o tecnológicos, y las teorías científicas que dan cuenta de los mismos.
- Generar la circulación en el ámbito escolar del *saber ciencias*, el *saber hacer sobre ciencias* y el *saber sobre las actividades de las ciencias*, en sus implicancias éticas, sociales y políticas.
- Modelizar, desde su actuación, los modos particulares de pensar y hacer que son propios de la Física como actividad científica.
- Acompañar a los estudiantes en la construcción de conceptos científicos, considerando las representaciones y los marcos conceptuales a partir de los cuales se aproximan al conocimiento.
- Plantear problemas a partir de situaciones cotidianas y/o hipotéticas, que permitan a los estudiantes avanzar desde sus concepciones previas hacia los modelos y conocimientos científicos escolares a enseñar.
- Planificar actividades de investigación escolar que combinen diversas estrategias didácticas (por ejemplo, búsquedas bibliográficas, trabajos de laboratorio o salidas de campo) en las cuales se pongan en juego los contenidos abordados en los ejes y núcleos temáticos.
- Explicitar los criterios de selección de las actividades propuestas y las pautas que se definen para su concreción, como así también las demandas específicas que se plantean a los estudiantes para la realización de las tareas de aprendizaje en Física.
- Evaluar las actividades con criterios explícitos, concordantes con las tareas propuestas y los objetivos de aprendizaje planteados.
- Trabajar con los errores de los estudiantes como fuente de información de los procesos intelectuales que están realizando y como parte de un proceso de construcción de significados compartidos.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Incorporar la terminología específica de la Física en el análisis o la identificación de fenómenos naturales y tecnológicos.
- Utilizar conceptos y procedimientos físicos durante las clases para argumentar y explicar fenómenos naturales o artificiales.
- Leer textos escolares o de divulgación científica y comunicar la interpretación alcanzada en diversos formatos y géneros discursivos.
- Producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos: justificar, argumentar, explicar y describir, entre otros.
- Escoger y utilizar diversos modos de comunicación de una misma información científica, según los diferentes destinatarios posibles: grupos de trabajo, estudiantes de años inferiores, compañeros u otros actores escolares y de la comunidad.
- Elaborar hipótesis contrastables vinculadas con el comportamiento de sistemas físicos, que permitan indagar las relaciones entre las variables involucradas.
- Utilizar conceptos, modelos y procedimientos de la Física en la resolución de problemas cualitativos y cuantitativos relacionados con los ejes y los núcleos temáticos trabajados.
- Identificar el conjunto de variables relevantes para el comportamiento de diferentes sistemas físicos.
- Establecer relaciones de pertinencia entre los datos experimentales y los modelos teóricos.
- Diseñar y realizar trabajos experimentales de física escolar, utilizando instrumentos y dispositivos que permitan contrastar las hipótesis formuladas acerca de los fenómenos físicos vinculados con los contenidos específicos.

CONTENIDOS

En esta materia se abordan los contenidos que pertenecen a la Mecánica, una de las ramas más formales de la Física tanto en lo que respecta al tipo de objetos que estudia como a su generalidad. Si bien se trata de un conjunto de saberes fundantes y primordiales para la construcción de la Física como disciplina, su tratamiento se realiza recién durante el último año de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales dado su carácter altamente abstracto, con ejemplos y problemas que obedecen a formulaciones matemáticas difíciles de asociar con los fenómenos físicos cotidianos.⁷

La acumulación simultánea de formalismo y abstracción genera que conceptos esenciales para la construcción del *edificio conceptual de la Física*, como los de posición, tiempo, velocidad y fuerza, no lo sean para el inicio del aprendizaje de la Física escolar.

Los estudios sobre mecánica, por ejemplo, tienen la característica de que –si bien son muy generales– sus aplicaciones más inmediatas se apoyan fuertemente en la idealidad de los modelos que se requieren para su implementación. Esto genera que esta rama de la Física tenga un carácter dual: por un lado, presenta los principios rectores que se aplican a casi todas las ramas de la Física, como las leyes de Newton o las ecuaciones horarias; por otro, la generalidad refuerza su carácter abstracto y por lo tanto de difícil acceso a partir de la experiencia cotidiana. Esto último explica la dificultad conceptual que supone su abordaje para la mayoría de los estudiantes.

Al igual que en años anteriores, el abordaje de los contenidos deberá hacer hincapié en algunas dimensiones que se consideran importantes para la enseñanza de la Física: el desarrollo histórico de los conceptos, la perspectiva experimental y el formalismo creciente al servicio de la explicación y la predicción.

- La *perspectiva histórica* permite trabajar la dimensión histórica del surgimiento de los conceptos –como necesidad de una comunidad de investigación– y evitar de ese modo una perspectiva de enseñanza centrada solo en las formalizaciones. Esto resulta interesante dado que los fenómenos que aborda la materia, y su estudio, son conocidos desde hace mucho tiempo y forman parte de la cultura occidental y oriental. Las investigaciones vinculadas a los movimientos por ejemplo, en especial de los astros, son las primeras de las que se haya tenido noticia; como lo señala Thomas Kuhn, son las que provocaron mayores cambios desde la cosmovisión que la ciencia provee del lugar del hombre en el universo.
- Las diferentes actividades que se propongan en el aula deben hacer hincapié en la *perspectiva experimental* y la elaboración de hipótesis que luego serán corroboradas mediante la experiencia. Se considera que no hay nada tan rico como la experiencia para articular la manipulación de objetos concretos con el uso de un lenguaje abstracto que permita dar

⁷ Otro motivo que explica el tratamiento de estos contenidos en el 6º año, es la cercanía de esta instancia con los ingresos a estudios superiores. Se considera importante trabajar en el último año de la Escuela Secundaria contenidos similares a los que el estudiante verá durante ese ingreso. De cualquier manera, a pesar de la similitud, no se trata de contenidos específicos de los estudios superiores así como tampoco se espera que resulten suficientes para los cursos introductorios. De hecho, este Diseño Curricular aborda contenidos de educación secundaria y, como tales, orientan y preparan al estudiante pero no garantizan el ingreso; por lo tanto no pueden quedar estrictamente definidos por los requerimientos de los niveles superiores.

cuenta de lo observado. La necesidad de un anclaje observacional de ciertos conceptos, y su presencia en casi todas las prácticas cotidianas, requiere trabajar de manera persistente con materiales de bajo costo.

- Los fenómenos mecánicos tienen dos *perspectivas de formalización*, que se deben presentar, manejar y trabajar en cuidado equilibrio con los fenómenos observables para evitar un formalismo desprovisto de experiencia. Se trata, por un lado, de la introducción de conceptos teóricos necesarios para alcanzar una descripción que trascienda lo meramente observable (fuerzas, aceleraciones, presiones, entre otros). Y por otro, del formalismo matemático propio de la Física que posibilita utilizar las ecuaciones para hallar relaciones entre observables.⁸
- Los contenidos tienen carácter prescriptivo y constituyen los conocimientos que serán objeto de enseñanza durante el año. No obstante, el orden en que han sido organizados no implica una estructura secuencial única al momento de planificar las actividades del aula. La cinemática o los intercambios de energía, por ejemplo, deberán tratarse vinculados con otros núcleos. Por lo tanto, se propone que el docente elabore a partir de estos núcleos –y en función de las elecciones didácticas que realice y en conocimiento del contexto en que se desarrolla la tarea educativa– las unidades didácticas que permitan dar verdadero sentido y posibilidad de aprendizaje a los estudiantes.

EJE TEMÁTICO. MECÁNICA Y PARTÍCULAS

Movimientos y su descripción

Descripción de movimientos mediante gráficos y ecuaciones. Parámetros de movimientos: velocidad y aceleración. Análisis cualitativo de movimientos diversos. Movimientos característicos: variados y uniformemente variados. Movimientos en dos dimensiones. Composición de dos movimientos.

Este núcleo de contenidos introduce a los estudiantes en la descripción de movimientos en general, y no solo en el estudio de casos sencillos como se suele proponer en los libros de texto.

Muchas veces, en aras de una supuesta simplicidad, se reduce el estudio de la cinemática al de los movimientos que pueden ser descritos por medio de una ecuación horaria sencilla (los variados y uniformes en una dimensión, por ejemplo), dejándose de lado la complejidad que implica describir un movimiento cuya ecuación se desconoce. Esta sobresimplificación, si bien da lugar a una abundante ejercitación, quita el estudio de los movimientos y las variaciones temporales del área de los problemas de la Física transformándolo en un fértil terreno en variedades de ejercitación.

Al estudiar los movimientos, o las variaciones de magnitudes, no siempre se utilizan ecuaciones como las del MRU o MRUV, dado que esto significaría desvirtuar el trabajo de la Física reduciéndolo al de las ecuaciones triviales.

⁸ El uso de ecuaciones es importante porque se trata de un elemento distintivo de la Física. Sin embargo, debe manejarse con cuidado porque muchas veces se corre el riesgo de confundir el fenómeno físico con la expresión matemática que lo describe, centrando la enseñanza del fenómeno en la operatoria del cálculo y dejando de lado su relación con el observable.

El problema del movimiento es, en general, un problema kepleriano, de magnitudes, mediciones y predicción; quien lo estudia debe tomar decisiones acerca de cómo representar los movimientos para facilitar su análisis: tal vez convenga usar gráficos o tablas, pero serán muy pocos los casos en que las ecuaciones brinden una solución al problema.

De acuerdo a esto, se sugiere iniciar el tratamiento de los contenidos de este Eje con movimientos acotados, definir los parámetros, la forma de medirlos y el modo de representarlos para comunicar la información y analizar su evolución, sobre todo en función de lograr predicciones observables acerca de dicha evolución. De esta manera, se retoma desde la cinemática la posibilidad de trabajar con verdaderos problemas y ver las ecuaciones como casos especiales en que la solución se presenta en tanto regularidad matemática.

Se puede iniciar el estudio de los movimientos a partir de algunos ejemplos concretos: desplazamientos de insectos, crecimiento de hojas o raíces de plantas, evolución de la superficie libre durante el llenado de recipientes de distintas formas, u otro considerado adecuado para la observación.⁹ La intención consiste en introducir a los estudiantes en el estudio de la variación temporal de alguna cantidad (en particular, podría ser una posición) para analizar su tasa de variación (velocidad) y elegir las formas más convenientes que permiten representar dicha variación.

Una vez que se plantea el problema y se reconoce la complejidad, resulta necesario analizar ejemplos de algunos casos históricos vinculados a la búsqueda de regularidades, como los estudios de Galileo y Kepler, y mostrar de qué manera solo en casos sencillos se llega a la solución general. Este tema, desde otra perspectiva, es abordado por la materia Filosofía e historia de la ciencia y de tecnología, por lo que se sugiere generar articulaciones entre ambos espacios curriculares.

Las ecuaciones horarias son útiles para el trabajo predictivo, pero es importante reconocer que el estudio de la cinemática no debería limitarse a las ecuaciones de los movimientos sencillos, sino que éstos son apenas unos pocos ejemplos posibles. En el estudio más general, de hecho, debería incluirse también el análisis de gráficos y tablas, tanto sea para representar los movimientos variables como para hacer predicciones a partir de regularidades.

Estudiadas las ecuaciones de movimiento uniforme y variado, se las puede relacionar con los movimientos de algunos objetos que permiten mediciones reiteradas (ascensores, trenes, colectivos o autos de juguete), analizar la adecuación de las leyes en cada caso y generar el interés de los estudiantes en relación con el estudio del modelo propuesto y su validez.

Los movimientos en dos dimensiones se pueden estudiar a partir de observaciones o del caso histórico de Galileo y el tiro; no se pretende el trabajo vectorial intenso, ni un desarrollo exhaustivo de los lanzamientos oblicuos en presencia de gravedad.

⁹ Se ha experimentado con el llenado lento de recipientes de diversas geometrías, lo cual resultó de utilidad porque permitió a los estudiantes incorporar la creación y el consenso de las definiciones necesarias para la descripción y el estudio del llenado.

Fuerzas, equilibrios y movimientos

Fuerzas e interacciones sobre partículas. Efectos de las fuerzas. Condiciones de equilibrio. Leyes de Newton. Estudio de sistemas sencillos. Movimientos rectilíneos y curvilíneos. Fuerzas elásticas y oscilaciones.

En 2º año del Ciclo Básico de la Escuela Secundaria (Físico Química), se planteó el núcleo de contenidos *Fuerzas, interacciones y campos*.¹⁰ A partir de su abordaje se propuso que los estudiantes "comenzaran a introducirse al lenguaje de la física clásica intentando, desde un principio, asociar los cambios en los sistemas con las fuerzas o presiones que reciben desde otros cuerpos. La noción fundamental, sin embargo, es la de interacción y no la de fuerza, ya que los sistemas no rígidos interactúan mecánicamente con otros a través de presiones".¹¹

En 4º y 5º año se procuró que los estudiantes analicen los intercambios de energía y estudien las fuerzas magnéticas y eléctricas en detalle; se trabajó también la noción de interacción que, en este Diseño, se refuerza teniendo en cuenta tres aspectos.

- Toda interacción entre sistemas es simétrica (3ª ley de Newton). Esto sitúa a los objetos intervinientes en pie de igualdad y busca desnaturalizar las ideas de que los objetos más grandes o pesados hacen más fuerza que los livianos.
- Todas las fuerzas son producto de interacciones entre objetos materiales y no entre entidades abstractas. Por esto es incorrecto hablar de *las fuerzas de la velocidad o de la frenada*.
- La fuerza es la magnitud de una interacción. La fuerza no es la interacción sino su medida en unidades adecuadas (newton, kilogramos fuerza). Hay interacciones gravitatorias y el peso es la medida de las mismas cerca de la Tierra; también hay interacciones eléctricas que se manifiestan por medio de las fuerzas que los cuerpos cargados reciben, etcétera.

Es necesario que los estudiantes reconozcan estas propiedades a partir de diversas situaciones planteadas por el docente y contemplen que la interacción de contacto es solo una, y no la más frecuente como suele creerse. Se introducen los diagramas de cuerpo libre, como una herramienta de descripción y análisis, y se propone no dar reglas rígidas para su construcción ni sistemas privilegiados para describirlos.

El estudio de la interacción, y por lo tanto de las fuerzas, remite necesariamente a las leyes de Newton para estudiar los efectos de las fuerzas sobre cuerpos puntuales. Debe quedar en claro que, cuando los cuerpos son extensos y deformables, las fuerzas pueden provocar no solo aceleraciones sino también deformaciones o roturas. Esta distinción es importante porque el problema inicial newtoniano (el gravitatorio) implicaba la acción de una fuerza a distancia y la descripción de un objeto indeformable, un planeta por ejemplo, y su movimiento a partir de la acción de esta fuerza.

Si bien la ley de Newton $F=ma$ reviste un importante carácter histórico, y desde ese punto de vista resulta apropiado su estudio, no es menos cierto que sus implicaciones solo son válidas para cuerpos puntuales y algunos casos particulares de sólidos rígidos (aquellos en los que no

¹⁰ Algunos de los contenidos que se incorporaron en este núcleo son: fuerzas y presiones como medida de las interacciones; interacciones de contacto y a distancia; representación de fuerzas; unidades; uso elemental de vectores para representar fuerzas; diagramas de fuerzas.

¹¹ DGcYE, *Diseño Curricular para la Educación Secundaria, 2º año*. La Plata, DGcYE, 2007.

hay rotación). Por lo tanto su potencial explicativo es muy limitado, reduciéndose a unos pocos ejemplos idealizados.

Las fuerzas aplicadas sobre los cuerpos no siempre provocan como efecto más visible la aceleración de una partícula, porque son pocos los casos cotidianos de objetos que respondan al modelo de la partícula o del sólido indeformable. La ley de Newton no puede dar cuenta de deformaciones, roturas o rotaciones tan frecuentes en las aplicaciones cotidianas de fuerzas. Este tema se trata en el Eje *Mecánica de cuerpos extensos*, pero podría incluirse en el tratamiento de la dinámica al momento de analizar la respuesta de distintos sistemas ante la aplicación de fuerza.

El abordaje de las leyes de Newton también permite retomar el problema del peso y estudiar los movimientos en presencia de gravedad, justificando por qué se los considera de aceleración constante y en qué medida es correcta esa aproximación.

Al tratar las leyes de Newton es relevante volver sobre la forma en que se habla acerca de los fenómenos. Las fuerzas describen estados instantáneos de cosas y brindan una explicación causal –en el sentido de que lo que sucede al aplicar la fuerza es una consecuencia de ella, una instantánea del movimiento–. Es importante comparar este discurso de los fenómenos con el trabajado en 4º año a partir de la energía, dado que en ese caso no se analizaron las instantáneas sino los procesos. Ambas descripciones son, por lo general, complementarias.

Conservaciones en Física

Noción de cantidades conservadas en Física. Conservación de la cantidad de movimiento y de la energía mecánica. Fuerzas conservativas y no conservativas.

La noción de cantidades conservadas se abordó en 3º año a partir de la idea de carga eléctrica y número de partículas, y en 4º mediante la noción de energía. Se retoma en esta materia para realizar un estudio más detallado de situaciones mecánicas, trabajando la conservación de la energía mecánica y la cantidad de movimiento.

En este contexto, se puede volver sobre la relación entre trabajo mecánico y energía cinética (teorema de las fuerzas vivas) con el propósito de comparar las formas, energética y dinámica, que permiten describir un mismo proceso, por ejemplo la frenada de un auto. Se retoman las nociones de energía potencial gravitatoria y se analizan diversas situaciones que posibilitan distinguir entre fuerzas conservativas y no conservativas.

Se sugiere no detenerse demasiado en este último aspecto, dada la extensión de los contenidos que conforman el núcleo, y avanzar en el tratamiento de la noción de cantidad de movimiento para analizar efectos como la retropropulsión, los cohetes y los choques de objetos. Se propone analizar situaciones de más de un cuerpo en los cuales la conservación de la cantidad lineal de movimiento permite explicar distintos fenómenos.

Los choques en una o dos dimensiones pueden analizarse con una cámara digital, un celular o con animaciones que pueden hallarse en sitios web.¹² Estas herramientas permiten observar el caso cuadro por cuadro, trabajar la cantidad de movimiento del sistema y analizar su conservación.

¹² Se sugiere la visita del siguiente enlace: http://videos.educ.ar/play/Disciplinas/_Fisica/Choques_y_conservacion_del_impulso_Lineal, sitio consultado en septiembre de 2011.

El análisis detallado de los problemas de propulsión o de choque involucra ecuaciones complejas que se encuentran por fuera de la formación en el nivel secundario. Por lo tanto, se sugiere un trabajo de investigación sencillo que aborde, por ejemplo, las fases consideradas para la puesta en órbita de un satélite por medio del lanzamiento de cohetes; esto permite analizar el efecto acelerador del desprendimiento de una etapa del cohete.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DEL EJE TEMÁTICO

A partir del abordaje de este eje temático y el desarrollo los núcleos de contenidos, los estudiantes deberían:

- analizar variaciones temporales de sistemas a partir de nociones como velocidad, tasa de cambio y aceleración;
- representar distintos procesos de cambio mediante la utilización de herramientas variadas (gráficos, ecuaciones o tablas), seleccionando la que mejor se adecue a cada caso;
- describir diversos procesos naturales o tecnológicos, valiéndose en un inicio del lenguaje coloquial e incorporando paulatinamente términos científicos;
- predecir, mediante ecuaciones, evoluciones de sistemas sencillos o idealizados;
- explicar la evolución de sistemas sencillos a partir de relaciones de causalidad entre fuerzas o presiones y las variaciones de magnitudes físicas de los sistemas estudiados;
- utilizar y fundamentar el uso de los modelos apropiados para describir la evolución de los sistemas físicos;
- reconocer y utilizar correctamente las unidades en que se deben expresar las distintas magnitudes;
- comprender las ideas de sistema, intercambio, evolución y equilibrio, y utilizarlas en las descripciones de fenómenos o procesos;
- utilizar la noción de conservación de la energía mecánica para describir e interpretar el desarrollo de procesos mecánicos;
- aplicar las nociones de conservación de la energía mecánica para describir y explicar situaciones cotidianas.

EJE TEMÁTICO. MECÁNICA Y FLUIDOS

Fluidos en equilibrio

Noción de presión en fluidos en equilibrio. Densidad de un fluido. Teorema fundamental de la hidrostática. Presión atmosférica. Variación de la densidad con la altura. Fuerzas sobre objetos inmersos en fluidos: principio de Arquímedes.

Las nociones de densidad y presión de un fluido se han abordado en 2º y 3º año del Ciclo Básico (Físico Química), y en 4º año del Ciclo Superior (Introducción a la Química). En esta materia se profundiza la relación entre densidad de un fluido (compresible o incompresible) y la presión en su interior.

El teorema fundamental de la hidrostática es útil para cuantificar la relación entre presión, densidad y profundidad en el seno de un fluido; permite analizar la noción de presión sobre el fondo de un recipiente y la de presión atmosférica como efecto del peso de una columna de aire.

A partir de la idea de presión atmosférica, y teniendo en cuenta la altura de la columna de aire que provoca una atmósfera de presión, pueden estudiarse o investigarse las variaciones de densidad del aire, tomando la altura como caso de un fluido compresible. Se puede analizar de este modo, por ejemplo, la proporción de oxígeno para las distintas alturas y su impacto en la actividad humana.

En este núcleo de contenidos se propone trabajar con dos unidades de presión, que actualmente son de uso frecuente e incluso se presentan en las noticias que indican el estado del tiempo: la atmósfera y los hectopascales.

El análisis de la fuerza sobre cuerpos sumergidos, por su parte, es interesante en tanto supere el relato acerca de la clasificación de los cuerpos que flotan y aquellos que no lo hacen, o de los estados de flotación. De hecho, los cuerpos flotan o no en función del conjunto de fuerzas que actúan sobre ellos y no por una propiedad de los cuerpos.

Para investigar este tema se puede construir un ludión de Descartes, con un capuchón de birome o un tubo de ensayo, y estudiar su movimiento partir de la variación de densidad.¹³ Esta herramienta permite el abordaje de diversos contenidos que se plantean como parte de la materia –la compresibilidad de los gases, entre ellos– y posibilita realizar un trabajo integrador que capte la atención y el interés de los estudiantes.

Movimientos de fluidos

Descripción de fluidos en movimiento. Presión hidrostática y dinámica. Caudal. Teorema de Bernoulli: aplicaciones. Movimiento de fluidos viscosos. Noción de viscosidad.

En este núcleo se abordan algunas características de los fluidos incompresibles en movimiento; se realiza un uso acotado de las ecuaciones dado que se propone un tratamiento conceptual de los contenidos.

Es posible trabajar la noción de caudal como parámetro para medir la cantidad de fluido que emerge de una boca, o que atraviesa una sección dada de una cañería por la que circula un fluido. La relación entre caudal, sección y velocidad permite el análisis de casos diversos y la identificación del comportamiento del fluido cuando un canal se bifurca, ensancha o estrecha.

El teorema de Bernoulli se puede explicar en su versión ideal, o incorporando la carga de rozamiento para que resulte similar al teorema de conservación de la energía mecánica, es decir:

$$(P_A + \frac{1}{2}\delta v_B^2 + \delta gh_B) - (P_B + \frac{1}{2}\delta v_A^2 + \delta gh_A) = Q_{AB}$$

Sin embargo, el uso de esta ecuación resulta complejo por lo que se sugiere un manejo conceptual y cualitativo del comportamiento del fluido en distintas situaciones. Es importante

¹³ Hay diversos diseños de ludiones, lo cual permite que los estudiantes y el profesor no se ciñan a un único modelo.

dejar de lado el uso de ejemplos sencillos –pero erróneos– del teorema de Bernoulli¹⁴ porque, a pesar de su sencillez, inducen a errores conceptuales o responden a creencias por autoridad que dejan de lado el razonamiento por parte de los estudiantes.

Los fluidos viscosos, por su parte, son un tema complejo. Es fundamental esclarecer la diferencia entre las nociones de viscosidad y densidad, dado que los estudiantes suelen asociar lo denso con lo viscoso. A partir del análisis de fluidos viscosos se pueden analizar dos situaciones, idealizadas pero clarificadoras.

- Por un lado, el movimiento de un objeto material –una gota o una esfera por ejemplo– cayendo en un fluido que puede ser agua o aire. En este caso, no es difícil mostrar y analizar de qué manera un objeto alcanza una velocidad límite si está sometido a una fuerza viscosa y, al mismo tiempo, a la gravedad (tal es el caso de la caída de lluvia o de una esfera en un líquido). Si se dispone de tubos plásticos, transparentes y lo suficientemente largos, puede estudiarse la cinemática de la caída de una pequeña esfera en distintos fluidos.
- Por otro, la caída de presión en una cañería por la que circula un fluido con rozamiento, haciendo una analogía con la circulación sanguínea que se produce en el cuerpo humano, donde el corazón se considera una bomba y las cañerías están representadas por las arterias y las venas (aunque la suposición de rigidez de estas últimas es, en realidad, un mal modelo).

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DEL EJE TEMÁTICO

A partir del abordaje de este eje temático y el desarrollo los núcleos de contenidos, los estudiantes deberían:

- describir el estado de un fluido a partir de las nociones de presión, densidad o caudal;
- describir diversos procesos, valiéndose en un inicio del lenguaje coloquial e incorporando paulatinamente términos científicos;
- predecir evoluciones de sistemas sencillos o idealizados que impliquen fluidos mediante ecuaciones;
- interpretar los movimientos de objetos dentro de fluidos, a partir de presiones y fuerzas que actúan sobre ellos;
- utilizar la noción de presión atmosférica para dar cuenta fenómenos cotidianos;
- fundamentar el uso de los modelos apropiados para describir la evolución de sistemas físicos;
- describir el comportamiento de fluidos viscosos y no viscosos en situaciones sencillas;
- reconocer y utilizar correctamente las unidades en que deben expresarse las distintas magnitudes que describen los fenómenos estudiados.

EJE TEMÁTICO. MECÁNICA DE CUERPOS EXTENSOS

Descripción de estados y movimientos

Centro de masa y centro de gravedad de cuerpos extensos. Cuerpos rígidos y deformables. Estado de deformación. Sistema del centro de masa. Descripción de los movimientos de un cuerpo rígido. Rotación y traslación.

¹⁴ Por ejemplo la sustentación u otros que se encuentran en los libros de texto.

La noción de centro de masa (y de centro de gravedad) resulta útil para analizar el comportamiento de un cuerpo o un sistema de partículas. Se propone su abordaje, sin hacer un tratamiento matemáticamente extenso ni complejo del cálculo de la ubicación del centro de masa, para dar cuenta de algunas situaciones que se describen en el núcleo de contenidos *Teoremas de conservación*. Si el docente lo estima pertinente, puede plantear y explicitar la distinción entre centros de masa y de gravedad.

Una vez que se presenta el concepto de centro de masa, es importante debatir cómo se describen los procesos vinculados con un objeto extenso, entendiendo que al estudiar los cuerpos extensos es necesario establecer la distinción entre cuerpos rígidos y deformables.

Los cuerpos rígidos son una idealización (junto con las partículas que los conforman) y es necesario establecer que, al considerarlos, se trabajará sobre la base de un modelo aproximado. Los cuerpos deformables pueden clasificarse a partir de su ecuación constitutiva. Según cuál sea esta ecuación que relaciona magnitudes mecánicas y termodinámicas del sólido, se clasifican en sólidos deformables elásticos o plásticos.

- Comportamiento elástico: un sólido se deforma y adquiere energía potencial (elástica); es decir que aumenta su energía interna. Los materiales elásticos lineales pueden además ser isótropos o no-isótropos, como la madera o las resinas.
- Comportamiento plástico: en estos casos, ante la presencia de un esfuerzo externo la deformación resulta irreversible; aunque se retiren las fuerzas causantes, las deformaciones persisten.

Esta distinción permite clasificar los cuerpos a partir de los materiales que los constituyen y establecer una vinculación con los usos tecnológicos no limitada a los casos ideales de cuerpos perfectamente elásticos o estrictamente rígidos; esto resulta a su vez un tema interesante para investigaciones escolares o el trabajo de laboratorio.

El análisis de los cuerpos no rígidos, posibilita también estudiar la dinámica del cuerpo rígido. De este modo, se abordarían las nociones de desplazamiento del centro de masa y del eje de rotación. Se sugiere considerar solo un cuerpo sencillo, y en situaciones acotadas, porque la dinámica del cuerpo rígido requiere de conocimientos de matemática avanzada. Sin embargo, es posible analizar situaciones idealizadas para ejemplificar, tal serían el caso de la rodadura y el deslizamiento.

Teoremas de conservación

Cantidades conservadas en cuerpos rígidos: energía y cantidad de movimiento.
Nociones de momento angular e inercia. Conservación del momento angular;
ejemplos y aplicaciones cotidianas.

Los teoremas de conservación forman parte de la dinámica del cuerpo rígido por lo que su estudio se puede realizar junto con el núcleo de contenidos *Descripción de estados y movimientos*. En este caso, se retoman las nociones de cantidad de movimiento lineal del centro de masa (con una inercia asociada a la traslación del cuerpo) y de momento angular de rotación (con una inercia vinculada a la rotación del cuerpo respecto de su eje).

Es necesario que las presentaciones que se realicen sean cualitativas y permitan analizar situaciones sencillas de rotación de cuerpos aislados (planetas, satélites o casos conocidos de

patinadores y atletas que varían su momento de inercia para aumentar la velocidad de rotación sobre su eje).

Si se estima pertinente, es posible analizar las expresiones de los momentos de inercia de un cuerpo de geometría sencilla. De hecho, una investigación considerada interesante, y relativamente sencilla, consiste en predecir y estudiar qué tipo de cuerpo (qué geometría) de la misma masa cae más rápido por un plano inclinado.

Gravitación

El problema de Kepler y Newton: órbitas y leyes. Ley de gravitación universal.
Movimiento de planetas y satélites.

El problema de Kepler se abordó con anterioridad en vinculación con la noción de cinemática para explicar cómo se predice la posición de los planetas a partir de observaciones. En este núcleo de contenidos se recupera el tema a partir de una investigación que permita reconocer las condiciones en que Johannes Kepler y Tycho Brahe realizaron dichas observaciones y los datos que construyeron durante el proceso.

Se considera importante analizar de qué manera Kepler –utilizando los datos recopilados– formuló las leyes del movimiento planetario, a partir de las cuales afirmó que los planetas giran alrededor del Sol, en órbitas elípticas a diferentes velocidades (y no en órbitas circulares con movimiento uniforme), y que sus distancias relativas con respecto al Sol se relacionan con los períodos de revolución de los planetas.

Kepler trabajó durante años para encontrar un modelo que permitiese explicar los movimientos planetarios, valiéndose de los pensamientos neoplatónicos y el sistema heliocéntrico de Nicolás Copérnico.¹⁵ Después de probar, sin éxito, con infinitud de formas geométricas perfectas, lo intentó con variaciones del círculo: las elipses. Advirtió que con ellas concordaban de manera exacta los datos obtenidos durante las observaciones, lo cual contradecía uno de los paradigmas pitagóricos que en ese momento histórico seguía considerándose cierto, después de 2000 años.

Una vez que se presenta el problema de Kepler, se sugiere investigar o relatar las leyes que surgen de él, y que se utilizan para comparar los datos existentes del sistema solar.

Cuando Isaac Newton planteó el problema de las órbitas, imaginó que la gravedad de la Tierra influenciaba la Luna y contrabalanceaba la fuerza centrífuga. Sin embargo, contrariamente a lo supuesto, Newton nunca demostró su ley de gravitación porque no se conocía el valor de la constante. Propuso, sin embargo, una dependencia de la distancia que con posterioridad fue utilizada por Charles-Augustin de Coulomb.

La ley de Newton no se puede utilizar en este año para calcular las órbitas planetarias. De igual modo, sí se pueden realizar cálculos de interés sobre el valor de la gravedad en planetas pequeños y hacer uso de las leyes de Kepler para mostrar la variación de los períodos de orbitación de los satélites artificiales según la altura de las superficies a la que se los coloca.

¹⁵ Este dato se considera valioso porque recupera la noción de que la teoría no se impone a los sentidos, sino que los científicos trabajan a partir de marcos conceptuales que, por lo general, prefieren flexibilizar en lugar de considerar definitivamente malos.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DEL EJE TEMÁTICO

A partir del abordaje de este eje temático y el desarrollo los núcleos de contenidos, los estudiantes deberían:

- describir el estado de un cuerpo rígido a partir de la rotación, la traslación y el centro de masa;
- describir las características de distintos cuerpos deformables y, considerándolas, proponer posibles usos tecnológicos;
- predecir evoluciones de sistemas sencillos o idealizados que impliquen cuerpos rígidos o deformables;
- interpretar los movimientos de los cuerpos rígidos valiéndose de los teoremas de conservación;
- conocer y utilizar las leyes de Kepler para realizar cálculos sencillos basados en las órbitas de los planetas;
- reconocer la ley de gravitación de Newton como una de las primeras conceptualizaciones unificadoras de la Física;
- reconocer y utilizar correctamente las unidades en que deben expresarse las distintas magnitudes que describen los fenómenos estudiados.

EJE TEMÁTICO. FÍSICA MODERNA

El fracaso de la Física clásica

Los problemas de la Física clásica al inicio del siglo xx: la velocidad de la luz y los espectros atómicos. Las primeras propuestas de solución; Albert Einstein y Niels Bohr: relatividad y cuantificación. Órdenes de magnitud donde se manifiestan las nuevas teorías. Corroboración y validez.

En este núcleo de contenidos se presentan, descriptiva e introductoriamente, algunas de las observaciones que dieron lugar al surgimiento de nuevas ramas de la Física en el inicio del siglo xx. Una de ellas aborda el problema galileano de las velocidades relativas, dado que la luz parecía moverse en todos los sistemas a la misma velocidad. La otra, se plantea a partir de las observaciones de los espectros de emisión y absorción estudiados hacia mediados del siglo xix.

En relación con las velocidades relativas, es posible rastrear los distintos experimentos que se efectuaron para determinar la velocidad de la luz, y realizar un recorrido que permita reconocer de qué modo las técnicas fueron mejorando la calidad de las determinaciones. Estas mejoras en la precisión consolidaron la idea de que la luz se movía en forma independiente del observador, lo cual generó la reformulación de las nociones de tiempo y espacio, como así también de energía.¹⁶

En cuanto a las observaciones de los espectros de emisión y absorción, las discontinuidades o las líneas espectrales no resultaban explicables en términos de la teoría de emisión de ondas electromagnéticas. Estas y otras evidencias experimentales provocaron la reformulación del

¹⁶ Este tema se puede vincular con el análisis de las reacciones nucleares que se realizó en los años anteriores de la Escuela Secundaria.

modelo de átomo que, a su vez, generó la revisión de las nociones de onda y partícula a nivel de los fenómenos sub-microscópicos.

No se propone un tratamiento extenso de los temas anteriores, pero se considera que una visión de la Física actual resultaría incompleta si se dejaran de lado, sobre todo en la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales. Se propone trabajarlos a partir de investigaciones o seminarios que aborden cuestiones tales como: experiencias que precedieron a las nuevas teorías, discusiones instaladas en la comunidad que toman como punto de partida estas teorizaciones, escalas de validez de las nuevas teorías (velocidad y energías en que se manifiestan los efectos relativistas, o escalas espaciales donde son manifiestos los comportamientos cuánticos de la materia), entre otras.

La unificación de las fuerzas

Las fuerzas en la naturaleza. Las cuatro interacciones fundamentales. Campos y partículas. Noción de partículas mediadoras. La unificación electro-débil. La gran unificación.

Desde 3^{er} año, al plantear el modelo atómico y las características del núcleo, se mencionó la necesidad de recurrir a nuevas fuerzas que permitieran la coexistencia de partículas de la misma carga en un espacio reducido como el núcleo atómico. La existencia de las fuerzas nucleares surge casi como una demanda de estabilidad de los núcleos.

Ya en 3^{er} año, y más aún en 5^o, al referir a los campos se mencionó la capacidad de los mismos para interactuar solo con determinados objetos (los que tienen carga, con el eléctrico; los que tienen masa, con el gravitatorio; etc.). Por este camino se puede introducir durante este año la idea de campo como mediador de interacciones y la noción moderna de partícula mediadora de campo: fotón, mesón, entre otros.

La interacción electro-débil es tal vez la menos intuitiva en lo que respecta a su presentación, ya que no es perceptible en el entorno cercano ni tampoco hay argumentos que den cuenta de la necesidad de su existencia como en el caso de la fuerza nuclear fuerte. Por eso los alcances pretendidos de este núcleo solo requieren que el alumno conozca de su existencia, sin necesidad de recurrir a la comprensión de funcionamiento (ruptura espontánea de simetría) que excede los objetivos de esta introducción al modelo estándar.

En lo que respecta a la unificación, solo se la describirá en sus aspectos generales, sin dejar de reflexionar sobre algunas cuestiones llamativas (por ejemplo, la postulación y posterior descubrimiento de partículas que surgen de una especulación teórica como los mesones). Esto significa que la existencia de estas partículas no da cuenta de resultados experimentales ni de la observación, sino que simplemente completa un modelo teórico. Este tema se presta especialmente para trabajar en forma conjunta con la materia Filosofía e historia de la ciencia y la tecnología, y mediante el abordaje del contenido hipótesis y modelos teóricos.

Para el desarrollo de este núcleo de contenidos también se sugiere la realización de seminarios que permitan a los estudiantes exponer los resultados de sus búsquedas e investigaciones.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DEL EJE TEMÁTICO

A partir del abordaje de este eje temático y el desarrollo los núcleos de contenidos, los estudiantes deberían:

- reconocer los límites de la mecánica clásica y las propuestas que se han desarrollado para superarla;
- conocer los rangos de valores en los cuales el modelo clásico está vigente y el orden de magnitud en el que deben utilizarse las teorías alternativas;
- conocer las hipótesis y predicciones más sencillas del denominado *modelo standard*;
- planificar, organizar y desarrollar investigaciones bibliográficas acerca de temas acotados;
- recopilar información y ordenarla para su posterior presentación;
- compartir los resultados de una investigación ante diversos públicos, utilizando recursos variados y lenguajes adecuados;
- realizar presentaciones orales de los temas que se investiguen, combinando los términos específicos de la disciplina con el lenguaje coloquial.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Las orientaciones didácticas planteadas para esta materia consideran dos aspectos. Por un lado, presentar como actividades de aula algunas de las prácticas específicas de la disciplina y que están relacionadas tanto con los conceptos como con sus metodologías. Por otro, resignificar prácticas escolares y didácticas que, aunque puedan ser habituales en la enseñanza de la Física, a veces, por un uso inadecuado o rutinario, van perdiendo significado y valor formativo. Se incluyen, además, orientaciones para la evaluación consistentes con la perspectiva de enseñanza.

Las orientaciones se presentan como actividades, no en el sentido de ser ejercitaciones para los estudiantes sino prácticas sociales específicas, compartidas y distribuidas entre todos los actores en el ámbito del aula, que deben ser promovidas por el docente.

De acuerdo con el enfoque de enseñanza propuesto para esta materia, y en consonancia con los fundamentos expuestos en el Diseño Curricular para la Educación Secundaria, se señalan tres grandes pilares del trabajo en el aula, que si bien no deberían pensarse ni actuarse en forma aislada, constituyen unidades separadas a los fines de la presentación.

- Hablar, leer y escribir en Física.
- Trabajar con problemas de Física.
- Conocer y utilizar modelos en Física.

HABLAR, LEER Y ESCRIBIR EN FÍSICA

La comunicación (de ideas y/o resultados) es una actividad central para el desarrollo científico. Desde la perspectiva de la alfabetización científica tecnológica, constituye un elemento central en la enseñanza de la ciencia escolar, por lo cual debe trabajarse explícitamente dando tiempo y oportunidades variadas para operar con ella y sobre ella.

Como dice Jay Lemke “[...] no nos comunicamos solo a través del intercambio de signos o señales, sino gracias a la manipulación de situaciones sociales. La comunicación es siempre una creación de una comunidad”.¹⁷ Comunicar ideas científicas no implica solo manejar los términos específicos de las disciplinas sino establecer puentes entre este lenguaje específico y el lenguaje más coloquial acerca de la ciencia.

Por ello es que se pretende establecer en el aula de Física una comunidad de aprendizaje. Esto implica gestionar el aula de tal manera que los intercambios de ideas, opiniones y fundamentos ocurran como prácticas habituales, permitiendo a los alumnos adentrarse en un mundo de conceptos, procedimientos y acciones específicas.

Son conocidos los obstáculos que enfrentan los estudiantes con el lenguaje en las clases de ciencias: es habitual comprobar que presentan dificultades para diferenciar hechos observables e inferencias, identificar argumentos significativos y organizarlos de manera coherente. Otras veces, no distinguen entre los términos de uso científico y los de uso cotidiano y por ende los utilizan en forma indiferenciada. A menudo escriben oraciones largas con dificultades de coordinación y subordinación o muy cortas sin justificar ninguna afirmación.

¹⁷ Lemke, Jay, *Aprender a hablar ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 1997.

Muchas veces es difícil precisar si las dificultades se deben a una mala comprensión de los conceptos necesarios para responder a la demanda que plantean las tareas, o están vinculadas con el dominio del género lingüístico correspondiente. A menudo, se sostiene que los diferentes géneros lingüísticos se aprenden en las clases de lengua y que no son objeto de aprendizaje en las clases de ciencias.

Sin embargo, desde el enfoque que sostiene este Diseño se acuerda con lo expresado por Neus Sanmartí cuando plantea que "las ideas de la ciencia se aprenden y se construyen expresándolas, y el conocimiento de las formas de hablar y de escribir en relación con ellas es una condición necesaria para su evolución y debe realizarse dentro de las clases de ciencias".¹⁸ Se entiende, en esta línea, que las dificultades que experimentan los estudiantes en relación con las prácticas de lenguaje propias de las materias de ciencias solo pueden superarse por medio de un trabajo sistemático y sostenido sobre el lenguaje, en el contexto de las disciplinas específicas en la que tales prácticas se significan.

Las habilidades discursivas que requieren las descripciones, las explicaciones y las argumentaciones, como expresiones diversas pero características de las ciencias, constituyen formas de expresión del lenguaje científico caracterizadas por contenidos propios. Por lo tanto, no es posible pensar que pueden ser enseñadas exclusivamente en las clases de lengua. Es precisamente en las clases de ciencia donde los géneros específicos adquieren una nueva dimensión, al ser completados por los términos que les dan sentido. Y así como cualquier persona es capaz de hablar y comunicarse en el lenguaje de su propia comunidad, un estudiante es capaz de aprender el lenguaje característico de las ciencias si éste se pone en circulación en las aulas.

El lenguaje es un mediador imprescindible del pensamiento; no es posible pensar sin palabras y formas lingüísticas. Los conceptos se construyen y reconstruyen, social y personalmente, a partir del uso de las expresiones del lenguaje que se manejan dentro de un grupo que les confiere sentido. Por ello, es el aula de ciencias el ámbito donde tales sentidos se construyen, por supuesto a partir de palabras y expresiones del lenguaje pero con una significación propia y gradualmente más precisa. Es en este sentido que se sostiene, desde el enfoque de este Diseño, que el aula de Física debe constituirse en una comunidad de aprendizaje.

Así como es importante la discusión y el debate de ideas para la construcción del conocimiento científico, también será necesario –para la construcción del conocimiento escolar– dar lugar a la discusión de las ideas en el aula y al uso de un lenguaje personal que combine los argumentos racionales y los retóricos. Esto se considera un paso previo y necesario para que el lenguaje formalizado propio de la Física se vuelva significativo para los estudiantes.

Este cambio de perspectiva es importante, dado que presupone una revisión de la manera tradicional de plantear las clases de Física. Por lo general, las clases se inician mediante la exposición de conceptos y sus definiciones, luego se presentan los ejemplos y, por último, las ejercitaciones. Lo que aquí se propone, en cambio, es un recorrido que va desde el lenguaje descriptivo y coloquial de los estudiantes –acerca de un fenómeno o problema planteado por el docente– hacia la explicación del mismo, llegando a la definición formal como último paso en el camino de construcción del concepto.

¹⁸ Sardà Jorge, Anna y Sanmartí Puig, Neus, "Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias", en *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, vol. 18, nº 3, noviembre de 2000, pp. 405-422.

Teniendo en cuenta este enfoque, se sugiere el trabajo de a pares o en pequeños grupos y los debates generales en los que las prácticas discursivas resultan fundamentales para establecer acuerdos durante la tarea –al expresar disensos o precisar ideas, hipótesis o resultados vinculados con los conceptos de Física–.

Estas consideraciones implican que, en la práctica concreta del trabajo escolar en Física, los estudiantes y el docente en tanto miembros de una comunidad específica –la del aula de Física– lleven adelante, de manera sostenida y sistemática, diversas acciones.

- Leer y consultar diversas fuentes de información y contrastar las afirmaciones y los argumentos en las que se fundan con las teorías científicas que den cuenta de los fenómenos involucrados.
- Cotejar distintos textos, comparar definiciones, enunciados y explicaciones alternativas. Para esto es necesario seleccionar y utilizar variedad de textos, revistas de divulgación o fuentes de información, disponiendo el tiempo y las estrategias necesarias para la enseñanza de las tareas vinculadas al tratamiento de la información científica.
- Trabajar sobre las descripciones, explicaciones y argumentaciones, y fomentar su uso tanto en la expresión oral como escrita. Es importante tener en cuenta que estas habilidades vinculadas con la comunicación son parte del trabajo escolar en esta materia; por ello deben enseñarse explícitamente generando oportunidades para su realización y evaluación. El trabajo con pares o en grupos colaborativos favorece estos aprendizajes y permite ampliar las posibilidades de expresión y circulación de las ideas y conceptos científicos.
- Producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir).
- Propiciar la escritura de textos específicos teniendo en cuenta la comunicación de ideas a diferentes destinatarios. De este modo, para garantizar la comprensión, se evita la copia del discurso del docente o del libro de texto.

Para que estas actividades puedan llevarse adelante, el docente debe incluir prácticas variadas como:

- presentar los materiales de lectura y compartir algunas explicaciones que favorezcan la comprensión y el trabajo con y sobre los textos de Física, a partir de la consideración de las dificultades específicas que éstos plantean (léxico abundante y preciso, estilo de texto informativo, modos de interpelación al lector, etcétera);
- precisar los formatos posibles o requeridos para la presentación de informes de laboratorio, actividades de campo, visitas guiadas, descripciones, explicaciones, argumentaciones y planteo de hipótesis;
- señalar y enseñar explícitamente las diferencias existentes entre las distintas funciones de un texto (oral o escrito): describir, explicar, definir, argumentar y justificar;
- explicar y delimitar las demandas de tareas hechas a los estudiantes en las actividades de búsqueda bibliográfica o en la presentación de pequeñas investigaciones (problema a investigar, formato del texto, citas o referencias bibliográficas, extensión, ilustraciones, entre otras) o todo elemento textual o paratextual que se considere pertinente;
- leer textos frente a los estudiantes, en diversas ocasiones y con distintos motivos, especialmente cuando los mismos presenten dificultades o posibiliten la aparición de controversias o contradicciones que deban ser aclaradas, debatidas o argumentadas.

La actuación de un adulto competente en la lectura de textos científicos, ayuda a visualizar los procesos que atraviesa un lector al trabajar un texto de Física con la intención de conocerlo y comprenderlo.

El lenguaje propio de la Física

Además de lo expuesto, el discurso científico en Física presenta algunas especificidades debido a que se utilizan distintos niveles de descripción, representación y formalización. En este sentido, el lenguaje que se utiliza habitualmente es compartido por toda la comunidad y los científicos expresan ideas también con las formas discursivas, sintácticas y gramaticales del lenguaje cotidiano. Esta cuestión oscurece, a veces, el significado de algunos términos que, utilizados corrientemente, tienen connotaciones diferentes a las que se le da en el ámbito científico.¹⁹ Por esto, uno de los propósitos de la materia consiste en enseñar cómo valerse de dichos términos con precisión.

Esto no implica, sin embargo, que se pueda dar por comprendido un concepto, exclusivamente, a partir del uso correcto del término, pero sí que es un elemento necesario en la enseñanza. La necesidad de precisar el significado de los conceptos, no solo debe incluir el uso de los términos específicos, sino también garantizar que los estudiantes tengan la oportunidad de construirlos, partiendo de sus propias formas de expresarse hasta enfrentarse con la necesidad de precisar y consensuar los significados; de este modo, se evita que los memoricen para repetirlos. Además, es preciso considerar el uso de las expresiones adecuadas a cada nivel de descripción de los objetos de la Física.

En relación con los contenidos definidos para este año, al referir a la mecánica no coexisten –en las explicaciones de los fenómenos– los niveles macroscópicos con los modelos microscópicos, pero sí son relevantes los modelos y su rango de validez (la partícula, el sólido deformable y el fluido ideal). Estas diferencias, que pueden resultar menores para un físico o un profesor, no son triviales para quien recién se inicia en el uso de estas expresiones. En aquellos casos en que se haga referencia a procesos físicos o intercambios de energía durante un proceso, los términos utilizados remitirán a fenómenos del orden macroscópico involucrados en estos procesos.

Por último, es necesario consignar que cada disciplina tiene un dialecto propio. Un caso paradigmático de la Física son los nombres propios asignados a las magnitudes (x a la posición, t al tiempo, E a la energía, etc.), sus unidades, sus fórmulas y las formalizaciones matemáticas que dan cuenta de la impronta cultural del desarrollo de la Física, diferenciándola de una ciencia meramente descriptiva.

En este sentido, los simbolismos que representan las magnitudes también deben ser aprendidos. Su enseñanza requiere hacer evidentes las necesidades que llevaron a su creación y las ventajas que de ello derivan. De este modo, se presenta la lógica interna del simbolismo en lugar de transmitir un compilado de fórmulas a memorizar. Es necesario establecer cómo, por qué y para qué surgieron y cómo son utilizados estos lenguajes particulares cuyo aprendizaje genera para los estudiantes dificultades análogas al aprendizaje de una lengua extranjera.²⁰

¹⁹ Términos como energía, fuerza, masa, electricidad, materia, tienen un significado en el aula de Física y otro en el uso cotidiano.

²⁰ Lemke, Jay, op. cit.

Desplegar estas actividades, es también un modo de mostrar a la producción científica como una actividad humana en toda su complejidad. Actividad que se desarrolla en una comunidad de hombres y mujeres que hablan sobre temas específicos con su lenguaje propio –construido sobre la base del lenguaje coloquial y precisado mediante símbolos, ecuaciones y expresiones corrientes– por el cual se expresan, muestran sus disensos y consensos y hacen posible la comprensión común de los fenómenos que se analizan y la construcción de los marcos teóricos y metodológicos que les sirven de referencia.

Por lo tanto, la enseñanza debe promover que los estudiantes –gradualmente– incorporen a su lenguaje coloquial respecto de la Física los elementos necesarios de este lenguaje particular que les permita comprender y comunicarse con otros acerca de fenómenos y procesos propios de estas materias.

Las fórmulas, los símbolos y las representaciones

El uso que se realice de las ecuaciones matemáticas en la enseñanza de la Física es un punto que debe aclararse. Es fundamental que el estudiante, al utilizar estas expresiones, comprenda qué es lo que expresa la ecuación, en qué clase de fenómenos corresponde su aplicación, cuáles son las variables que intervienen, así como las reglas necesarias para obtener valores numéricos a partir del pasaje de términos. Estos contenidos, ya trabajados en matemática desde el aspecto formal, deben retomarse y transferirse al ámbito de las aplicaciones en Física. Esto significa que deben ser explícitamente enseñados y resignificados en el espacio específico de las clases de Física para vincularlos con los fenómenos a los que aluden.

Se ha señalado en los núcleos de contenidos la importancia que tiene utilizar distintas representaciones (tablas, gráficos y ecuaciones) para interpretar movimientos. En este sentido, una tarea que el docente debe asumir consiste en la lectura simultánea –cuando se considere pertinente– de gráficos y tablas. Del mismo modo, resulta valioso que explique cómo se traduce la ecuación al ser utilizada para construir una tabla de valores o los gráficos correspondientes.

Estas representaciones forman parte de los lenguajes de la Física y los estudiantes deben leerlas, interpretarlas y traducirlas correctamente con sus propias palabras. Una tarea de enseñanza consistente con este punto es, por lo tanto, traducir el significado de una de estas representaciones en el ámbito de aplicación específico y hacerlo en el lenguaje más coloquial que la situación permita, sin descuidar por ello la precisión del lenguaje. Esto significa que hablar en un lenguaje coloquial, para hacerlo progresivamente más preciso, no implica hacer una traducción incorrecta de la naturaleza de la expresión sino mostrar que hay formas de expresarla –y por lo tanto de comprenderlas– que resultan equivalentes.

Es importante hacer un señalamiento respecto de la enseñanza de las fórmulas físicas y la nomenclatura y del uso de las ecuaciones matemáticas para expresar resultados o predecir comportamientos de diversos sistemas. En el transcurso de la Escuela Secundaria se promueve la lectura y escritura de fórmulas por parte de los estudiantes; en 2º y 3º año fueron necesarias para realizar cálculos cuantitativos, en tanto en 4º y 5º se utilizaron especialmente en los diversos ámbitos de la Física. Pese a esto, es importante considerar que –dado que las ecuaciones son representaciones matemáticas de procesos o relaciones– el uso de fórmulas en años anteriores agiliza la cuestión algebraica pero requiere todavía del cuidado de la interpretación conceptual que se realice de las ecuaciones en el campo de la Física que se esté tratando.

También se indicó oportunamente que es el docente quien está encargado de escribir y utilizar correctamente las ecuaciones y señalar las variables intervinientes, en tanto no se pretendía que el estudiante fuera capaz de escribirlas o analizarlas en forma autónoma. En 3^{er} año, en cambio, se estableció como pertinente que el estudiante conozca y escriba las ecuaciones y comience a reconocer las variables de las que depende un determinado problema con mayor autonomía; lo mismo se ha sostenido en 4^o y 5^o año.

En lo referente a los sistemas de unidades, desde el punto de vista de la construcción de una ciencia escolar –propuesta que da el encuadre al trabajo en la Escuela Secundaria–, se espera acercar a los estudiantes a la comprensión de los fenómenos y a las particulares formas de proceder en cada una de las ciencias con las que se trabaja. Por ello, escapa a los fines de la escolaridad incluir variados sistemas de unidades, muchas de las cuales no son de uso corriente. Antes bien, lo que se pretende es introducir el uso adecuado de las convenciones mostrando su lógica interna y necesidad, así como visualizar que la escritura de las ecuaciones propuesta no es la única, pero es la que se estudiará durante el año escolar.

En el caso de las expresiones matemáticas, es necesario destacar también que no se pretende que los estudiantes deduzcan las fórmulas de determinados procesos a partir de las otras ecuaciones, sino solo cuando ello sea necesario. No se persigue como objetivo transformar a los estudiantes en sujetos algebraicamente diestros, dado que en el tiempo del que se dispone esto iría en desmedro de la conceptualización y la comprensión de la lógica de dicha ecuación. Sí es de esperar que una vez que se arriba a la expresión matemática, mediante la cual se busca un determinado resultado, los jóvenes puedan paulatinamente y con ayuda del profesor y sus pares:

- elegir un sistema de unidades homogéneo que permita operar adecuadamente;
- realizar las operaciones matemáticas que implica el cálculo, sea en forma manual o con calculadora;
- expresar el resultado con la cantidad de decimales que sean propios del problema, de modo que no se copie sin criterio una expresión del visor de la calculadora;
- dar una interpretación del resultado obtenido expresando sus conclusiones en forma de oración.

Un nivel superior de comprensión del lenguaje simbólico de la física, implica la lectura de ecuaciones físicas y la interpretación de su significado –como relación entre variables de un estado o de un proceso–, sobre todo para aclarar las relaciones cuantitativas, en especial las situaciones cinemáticas o dinámicas, procesos de intercambio de energía o las potencias disipadas en diversas situaciones. Este paso no es sencillo y, en este sentido, no se considera indispensable que el estudiante pueda leer una ecuación y extraer multitud de implicancias de ella. No obstante, sí se espera que pueda predecir al menos el comportamiento de una variable en función de otra y reconocer si una variable dependiente crecerá o decrecerá al variar alguna de las magnitudes de las que depende.

TRABAJAR CON PROBLEMAS DE FÍSICA

La resolución de problemas es reconocida como parte fundamental de los procesos de la ciencia, constituyendo una de las prácticas más extendidas. En tanto quehacer científico implica

buscar respuestas a una situación por medio de diversos caminos y constatar, además, que esa respuesta sea adecuada. Al resolver un problema, el experto, el científico, recorre en forma bastante aproximada los pasos señalados por George Polya:²¹

- identifica el problema y sus conexiones conceptuales;
- genera un plan de acción en la búsqueda de soluciones;
- obtiene resultados que interpreta;
- evalúa en qué medida los resultados son coherentes con las concepciones científicas propias de cada ámbito.

En todo momento, el experto monitorea la marcha de las acciones que lleva a cabo. Sigue un recorrido hacia adelante –hacia la resolución del problema a partir de los datos– que, sin embargo, no es lineal. Va y vuelve desde los datos al marco teórico, hasta obtener resultados satisfactorios o verosímiles.

Se espera que los estudiantes, en colaboración con un docente experto en la materia y con sus pares, recorran esos mismos pasos al enfrentar problemas de ciencia escolar. El docente deberá promover las acciones necesarias para que los estudiantes adquieran estas habilidades con creciente autonomía; para lograrlo debe:

- presentar situaciones reales o hipotéticas que impliquen verdaderos desafíos para los estudiantes, que admitan varias soluciones o alternativas de resolución, en lugar de trabajar exclusivamente problemas cerrados con solución numérica única;
- promover la adquisición de procedimientos en relación con los métodos de trabajo propios de la física;
- requerir el uso de estrategias para su resolución y por lo tanto, la elaboración de un plan de acción en el que se revisen y cotejen los conceptos y procesos científicos involucrados y no solo aquellos que presenten una estrategia inmediata de resolución –entendidos habitualmente como ejercicios–;
- integrar variedad de estrategias (uso de instrumentos, recolección de datos experimentales, construcción de gráficos y esquemas, búsqueda de información de diversas fuentes, entre otras) y no exclusivamente problemas que se realizan con lápiz y papel;
- ampliar las posibilidades del problema no reduciéndolo a un tipo conocido;
- fomentar el debate de ideas y la confrontación de diversas posiciones en el trabajo grupal durante el proceso de resolución de las situaciones planteadas;
- hacer comprender que los procedimientos involucrados en su resolución constituyen componentes fundamentales de la metodología científica en la búsqueda de respuestas a situaciones desconocidas.

Estas cuestiones exigen un trabajo de enseñanza distinto del que supone exponer un tema y enfrentar a los estudiantes a la resolución de ejercicios tipo con mayor o menor grado de dificultad. Es decir, la resolución de ejercicios o el uso de algoritmos sencillos es un paso necesario aunque no suficiente para el logro de los desempeños planteados.

El docente, como experto en cuestiones de Física, en sus métodos y sus conceptos, es quien puede recrear un panorama conceptual y metodológico para facilitar el acceso de los estudiantes a este amplio campo de conocimientos. Sus acciones se encaminan a diseñar intervenciones

²¹ Polya, George, *Cómo plantear y resolver problemas*. México, Trillas, 1987.

y explicitaciones de su propio quehacer que propicie en los estudiantes tanto el aprendizaje de conceptos y procederes, como la reflexión sobre su propio pensamiento en materia de problemáticas científicas.

Si bien el trabajo con problemas puede utilizarse en cualquiera de los núcleos de contenidos de Física de este año, se señalan a continuación algunos ejemplos en los cuales pueden plantearse problemas cerrados o ejercicios y otros más adecuados para la resolución de problemas más abiertos.

Problemas cerrados o ejercicios: pueden plantearse en aquellos núcleos cuyos objetivos se relacionan con el aprendizaje del uso de fórmulas o ecuaciones matemáticas. En este año, se puede realizar por ejemplo el cálculo de posiciones y velocidades utilizando ecuaciones horarias o gráficos, o el cálculo de presiones o de su variación con la profundidad. Al realizarse este tipo de ejercitaciones tendientes al aprendizaje o aplicación de un algoritmo, la secuencia debería comenzar por problemas en los cuales la cantidad de datos sea la estrictamente necesaria para obtener la respuesta y el procedimiento sea directo; luego, con situaciones en las cuales existan más o menos datos de los necesarios, de modo que el estudiante deba decidir de qué manera seleccionar o buscar los datos pertinentes para la solución. De este modo, se seguirá avanzando hasta lograr que el estudiante maneje con soltura, y cada vez mayor autonomía, tanto los conceptos vinculados como los algoritmos requeridos. Es importante que el docente tenga en cuenta algunas cuestiones a la hora de trabajar con ejercicios.

- La complejidad del problema no debe estar centrada en los algoritmos matemáticos necesarios para la resolución, dado que esto conspira contra el aprendizaje de la técnica y la interpretación de la respuesta.
- El rol del docente, como experto, debe ser el de presentar, según el caso, un modelo de resolución del ejercicio, pensando en voz alta y explicitando los pasos que va siguiendo a la hora de resolverlo, pero a su vez intentando que los estudiantes puedan alcanzar una dinámica propia de resolución evitando que solo consigan copiar al docente en los pasos seguidos.

Problemas abiertos: en general, cualquier investigación escolar puede pensarse como un ejemplo de resolución de problemas abiertos. En este año, estos problemas pueden plantearse en cada uno de los ejes temáticos y núcleos de contenidos de la materia. A continuación, se señalan un problema abierto (o semi-abierto) adecuado a los contenidos de Física para este año.

Se desea describir el vaciado de un líquido en una botella perforada: ¿qué podría realizarse para lograrlo?, ¿de qué variables dependerá el vaciado?, ¿se alterará la velocidad del vaciado en función del tamaño de orificio?

El trabajo con problemas e investigaciones escolares

En el enfoque de este Diseño Curricular, las investigaciones escolares se orientan a posicionar a los estudiantes ante la posibilidad de trabajar los contenidos de la materia a partir de problemas, de forma integrada, aprendiendo simultáneamente los marcos teóricos y los procedimientos específicos de la Física.

Según las pautas que se ofrezcan para el trabajo, las investigaciones pueden ser dirigidas (aquellas en las que el docente indica paso a paso las acciones a realizar por los estudiantes) o abiertas (en las que la totalidad del diseño y la ejecución de las tareas está a cargo de los estudiantes, bajo la supervisión del docente). Esta división depende de diversos factores que

se deben considerar: el nivel de conocimiento de los estudiantes respecto de los conceptos y los procedimientos que se utilizarán, la disponibilidad de tiempos, la forma en que se define el problema, la diversidad de métodos de solución, entre otros.

Trabajar con los alumnos en investigaciones escolares implica cierta gradualidad, comenzando por trabajos más pautados y avanzando hacia un mayor grado de autonomía de los estudiantes, en la medida en que éstos adquieran las habilidades necesarias. Es conveniente destacar que en el 6° año, dado que este enfoque de enseñanza tiene una continuidad durante la totalidad de la Educación Secundaria, los estudiantes deben dar cuenta de la incorporación de cierto nivel de destrezas, tanto en el plano procedimental como en el conceptual, que facilite el trabajo con investigaciones.

Al realizar investigaciones con el fin de resolver un problema se pone en juego mucho más que el aprendizaje de conceptos, por lo cual las investigaciones escolares no pueden reducirse a la realización de trabajos experimentales pautados, sino que deben implicar procesos intelectuales y de comunicación –cada uno explícitamente enseñado y trabajado por y con los estudiantes–.

Estas investigaciones escolares pueden realizarse desde el inicio mismo de la actividad, dando oportunidades a los estudiantes para aprender las técnicas, los procedimientos, los conceptos y las actitudes que resulten pertinentes en cada situación para la resolución del problema. Así entendidas, pueden llevarse a cabo en cualquier momento del desarrollo de una temática ya que no es necesario que el estudiante haya aprendido los conceptos para que pueda investigar; puede empezar a intuirlos o conocerlos a partir de la misma. Es decir, las investigaciones pueden ser el motivo a partir del cual los conceptos a trabajar surjan y aparezcan como necesarios en el contexto mismo de lo investigado. A modo de síntesis, se mencionan algunas fases de las investigaciones escolares que permiten orientar el trabajo.²²

- Fase de identificación del problema: en este momento se promueve la discusión de ideas por parte de los estudiantes, quienes podrán identificar una situación a resolver, conceptualizarla, formular las posibles hipótesis y clarificar las variables a investigar.
- Fase de planificación de los pasos de la investigación: en esta instancia se confeccionan los planes de trabajo y se los coteja con el grupo de pares y con el docente.
- Fase de realización: en ella se llevan a cabo los pasos planificados, realizando la búsqueda de información o la recolección de datos experimentales.
- Fase de interpretación y evaluación: en esta instancia los datos relevados se valoran, se interpretan y se comparan con los de otros grupos y otras fuentes hasta establecer su validez.
- Fase de comunicación: en este momento se redactan informes o se expresan las conclusiones en forma oral, ante el grupo o la clase, propiciando los debates sobre los resultados o planteando nuevas investigaciones asociadas que permitan profundizar la problemática trabajada. Es importante que la comunicación se establezca utilizando diversos formatos: afiches, láminas, gráficos, tablas, demostraciones de cálculos y no solo mediante informes.

Una tarea importante a cargo del docente es guiar a los estudiantes por un camino que les permita comprender la lógica y la cultura propia del quehacer científico. De este modo, pensar una investigación escolar –en el marco de la resolución de un problema– tiene como finalidad evidenciar ante los estudiantes la forma en que se plantean las investigaciones en el ámbito

²² Caamaño, Aureli, "Los trabajos prácticos en ciencias" en Caamaño Aureli, de Pro Antonio y Jiménez Aleixandre, María Pilar, *Enseñar Ciencias, Serie Didáctica de las ciencias experimentales* (176). Barcelona, Graó, 2005.

científico. Siempre hay alguna situación que no está del todo resuelta o en la que lo conocido hasta el momento resulta insatisfactorio para que se constituya en un problema. Además, resulta preciso insistir en la realización de planes de acción, discutirlos con los grupos de estudiantes, dar orientaciones específicas o sugerencias cuando sea necesario, así como disponer de los medios adecuados para la realización de las investigaciones, coordinar los debates o plenarios para distribuir entre los estudiantes los resultados y conclusiones alcanzadas.

Asimismo, es importante planificar los tiempos que requieren las investigaciones escolares y generar las oportunidades necesarias para los aprendizajes que deben realizarse dado que, junto con la obtención de información y datos, se están poniendo en juego destrezas y habilidades de diverso orden que hacen a la comprensión del modo de hacer ciencias. Seguramente, la extensión variará de acuerdo con los diversos contextos, la disponibilidad de información, la profundidad de la cuestión planteada, el interés que despierte en los estudiantes, entre otros factores. Sin embargo, es necesario establecer que una investigación escolar requiere, como mínimo, de tres clases en las que puedan realizarse las fases de identificación y planificación, la realización y finalmente la comunicación.

Una investigación escolar no implica, necesariamente, el uso del laboratorio o de técnicas experimentales sofisticadas. Muchas y muy buenas investigaciones escolares pueden llevarse a cabo mediante búsquedas bibliográficas o por contrastación con experiencias sencillas desde el punto de vista técnico, realizadas en el aula e incluso en los hogares. Las instancias de investigación escolar son también oportunas para analizar casos de experimentos históricos que aportan datos valiosos acerca de la construcción de determinados conceptos y del recorrido que llevó a los modelos actualmente aceptados.

En 6º año, en particular, hay varios contenidos que se pueden abordar o profundizar mediante los trabajos de investigación bibliográfica; las propuestas pueden considerar la noción de gravedad o los modelos de unificación en la Física. También se sugiere que los estudiantes participen en debates o sesiones de preguntas a expertos que trabajan con materiales deformables o utilizan satélites de comunicaciones. Se pueden programar, además, visitas de estudio a sitios vinculados con los contenidos de la materia.

De acuerdo con lo planteado, las actividades de investigación debe pensarse en función de que los estudiantes aprendan a:

- elaborar planes de acción para la búsqueda de soluciones al problema o pregunta planteada;
- elaborar hipótesis que puedan ser contrastadas por vía de la experiencia o de la búsqueda de información;
- diseñar experiencias o nuevas preguntas que permitan corroborar o refutar la/las hipótesis;
- realizar experiencias sencillas;
- utilizar registros y anotaciones;
- utilizar los datos relevados para inferir u obtener conclusiones posteriores;
- encontrar alternativas de solución a los problemas presentados que sean coherentes con sus conocimientos físicos;
- construir y reconstruir modelos descriptivos o explicativos de fenómenos o procesos;
- comunicar la información obtenida en los formatos pertinentes (gráficos, esquemas, ejes cartesianos, informes, etc.);
- trabajar en colaboración con otros estudiantes para la resolución de la tarea, al aceptar los aportes de todos y descartando aquellos que no sean pertinentes tras la debida argumentación.

Para lograr lo anterior, los docentes deben:

- plantear problemas de la vida cotidiana y/o situaciones hipotéticas que involucren los contenidos a enseñar;
- elaborar preguntas que permitan ampliar o reformular los conocimientos;
- orientar a los grupos en la formulación de los diseños o hipótesis de trabajo;
- explicar el funcionamiento del instrumental de laboratorio o de técnicas en los casos en que deban usarse para resolver el problema;
- evidenciar los conflictos y las contradicciones que se presentan entre las ideas intuitivas o incompletas de los estudiantes y los conceptos o procedimientos a aprender;
- promover el interés por encontrar soluciones a problemas o preguntas surgidas de la propia necesidad de conocer de los estudiantes sobre los temas propuestos;
- estimular la profundización de los conceptos necesarios y precisos para responder a las preguntas o problemas formulados, de modo que el proceso de aprendizaje esté en consonancia con las prácticas de la actividad científica;
- orientar hacia la sistematización de la información, datos o evidencias que avalen o refuten las hipótesis planteadas por los estudiantes.

En esta materia puede proponerse la realización de investigaciones escolares en relación con prácticamente todos los contenidos planteados para este año. Las preguntas a formular deben tener en cuenta los contenidos, los conceptos y los procedimientos a enseñar.

Las investigaciones escolares que se realicen deben presentarse a partir de problemas o preguntas que se profundicen con ayuda bibliográfica o por medio de trabajos experimentales de posible realización. En este sentido, es posible trabajar ampliamente con situaciones que promuevan investigaciones escolares en las que, además de las búsquedas bibliográficas, se trabaje con experiencias en las que se utilicen aparatos y/o técnicas sencillas como en los casos que se presentan a continuación.

- ¿Cómo puede determinarse el rozamiento durante la caída de un objeto por un plano inclinado? ¿De qué manera puede disminuirse este rozamiento?
- ¿Cómo se utiliza el teorema de Bernoulli para determinar la velocidad de un móvil? ¿Cómo se utilizan los tubos de Pitot en una aeronave?
- ¿Qué aportes conceptuales y técnicos ha hecho la Física moderna a la visión y uso de la tecnología? ¿Qué nociones de Física moderna se han usado para la fabricación de los electrodomésticos de uso cotidiano?

CONOCER Y UTILIZAR MODELOS EN FÍSICA

Los modelos son formas específicas de la actividad científica y su uso y construcción deben ser enseñados. Es necesario, además, revisar la forma de trabajo con los modelos en las aulas. Una de las confusiones más frecuentes en la enseñanza de la Física, consiste en homologar la enseñanza de la disciplina a la enseñanza de modelos científicos aceptados, tomando a estos últimos como contenidos a enseñar.

Al recortarse de su necesaria interacción con el fenómeno, el modelo se vuelve carente de sentido. Al dejar de lado el problema que el modelo procura resolver, éste se transforma solo en un esquema estático y no representa ninguna realidad. Múltiples son los ejemplos de modelos que se han transformado en verdaderos objetos de enseñanza, tales como el modelo atómico, la cinemática del punto, el modelo de las pilas sin resistencia interna, entre otros. Todos ellos son ejemplos de construcciones que resultaron funcionales para la ciencia pero que, al aislarse de su contexto, se han vaciado de contenido y se han vuelto objetos abstractos de enseñanza, sin contacto explícito con los fenómenos a los que remiten.

Por ello, al trabajar con modelos debe presentarse a los estudiantes cuál es la finalidad de su construcción, a qué pregunta o problema responde dicha modelización (por ejemplo, el modelo de sólido rígido mencionado más arriba o el modelo de fluido ideal) qué aspectos toma en cuenta y cuáles omite, en qué sentido está en correspondencia con la evidencia experimental disponible y en qué medida es una construcción idealizada de los fenómenos que pretende explicar. Es decir, trabajar con el modelo implica analizar sus bases y las consecuencias que de él se desprenden, de modo tal que el mismo pueda ser interpretado y utilizado en la explicación de determinado fenómeno, en lugar de ser memorizado sin comprender su contenido.

Es necesario tener presente que los estudiantes tienen representaciones y discursos previos que han construido en etapas anteriores, acerca de cómo suceden los fenómenos naturales.²³ Estas representaciones son conjuntos de ideas entrelazadas que sirven para dar cuenta de fenómenos o de situaciones muy amplias como los efectos de las fuerzas asociados a las velocidades o la densidad confundida frecuentemente con la viscosidad.

Conocer estas representaciones significa más que reconocer si los términos empleados por los estudiantes son los apropiados desde el punto de vista científico. Se trata de entender cuál es la lógica interna que se juega en estos modelos, dado que ellos serán la base de los futuros aprendizajes. El proceso de indagación de estas representaciones debe promover condiciones para que las mismas se hagan explícitas.

Para indagar estas ideas, representaciones o modelos previos es necesario recurrir a preguntas que no evalúen exclusivamente un contenido escolar previo, como por ejemplo: "¿a que se llama velocidad?", "¿qué es mayor... un Newton o un kilogramo fuerza?" sino más bien usar preguntas que impliquen el concepto en cuestión sin recurrir exclusivamente a la memoria como por ejemplo ¿qué tipo de transformaciones energéticas ocurren durante el arranque y frenado de un auto?, ¿por qué los patinadores giran más rápido al cerrar los brazos? o ¿por qué los buzos necesitan tanques de oxígeno para sumergirse?

Cualquier nueva representación, implicada en los modelos de ciencia escolar que se pretenda enseñar, se construirá a partir de las representaciones anteriores que tienen los estudiantes. Es desde esos significados que las ideas se comunican y negocian para acordar una comprensión compartida. Dicha comprensión será aceptada como válida si surge del consenso alcanzado y presenta potencia explicativa. Este carácter de negociación compartida, implica también que está sujeta a revisión y que, por lo mismo, toda comprensión de un fenómeno –tal como ocurre con las teorías científicas– será por definición, provisional.

²³ Driver, Rosalind, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, MEC/Morata, 1989.

Por lo expuesto, una de las tareas del docente consiste en indagar acerca de las representaciones de los estudiantes, sus inconsistencias, las variables que no han tenido en cuenta en la formulación de explicaciones, las imprecisiones, explicitándolas, haciendo evidentes las contradicciones o las faltas. Es tarea del docente tender un puente entre el conocimiento previo de los estudiantes, sus interpretaciones idiosincrásicas y las representaciones específicas del modelo de ciencia escolar que se pretende enseñar. Por lo tanto, conocer esas construcciones previas es un requisito fundamental para encarar la tarea futura.

En este sentido, las analogías pueden resultar herramientas apropiadas para esta mediación en el tránsito hacia el uso de modelos simbólicos y/o matemáticos propios de la ciencia escolar. En cuanto al trabajo con modelos simbólico/matemáticos es importante tener en cuenta dos cuestiones:

- la abstracción de este tipo de modelos conlleva toda una serie de dificultades provenientes del uso de un nuevo lenguaje –señalados en el apartado sobre lenguajes científicos–;
- dado que estos modelos no surgen como producciones del aula, sino que son transpuestos a partir de modelos científicos, el trabajo del docente implica recorrer la variedad de usos que tiene, desde el punto de vista funcional (relación entre variables) y desde la predicción (cálculo de nuevos valores por modificación del valor de alguna variable).

Las orientaciones didácticas desarrolladas en este apartado tienen por objeto hacer evidente el tipo de trabajo que debe realizarse en las aulas conforme al enfoque establecido para la educación en ciencias en los diferentes ciclos de la Educación Secundaria. El mismo está en consonancia con los modos propios de este campo de conocimiento y su didáctica, los contenidos propuestos y las concepciones más actualizadas de la ciencia. La elección de las estrategias que mejor se adapten a las características del grupo, sus conocimientos previos, los contenidos a tratar y los objetivos propuestos, es una tarea del docente. No obstante, es necesario resaltar que los tres puntos trabajados son centrales a la hora de construir conocimientos en esta materia,²⁴ e indispensables para la formación del estudiante en este campo de conocimientos de acuerdo con los fines establecidos para la Educación Secundaria: la formación ciudadana a partir de las ciencias, la preparación para el mundo del trabajo y la continuidad de los estudios superiores.

²⁴ Hablar, leer y escribir en Física; Trabajar con problemas de Física y Conocer y utilizar modelos en Física.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

En este Diseño Curricular se entiende por evaluación a un entramado de aspectos y acciones mucho más amplio que la sola decisión sobre la acreditación o no de la materia por parte de los estudiantes. La evaluación hace referencia a un conjunto de acciones continuas y sostenidas durante el desarrollo de un proceso, que permiten obtener información y dar cuenta de cómo se desarrollan los aprendizajes de los estudiantes tanto como los procesos de enseñanza –en relación con la posibilidad de ajustar, en la propia práctica, los errores o aciertos de la secuencia didáctica propuesta–. Al evaluar, se busca información de diversa índole; algunas veces, conocer las ideas previas de los estudiantes; en otras ocasiones, conocer la marcha de una modelización o el aprendizaje de ciertos procedimientos.

La evaluación de los contenidos no está desligada de las acciones o actividades que se propongan a los estudiantes durante esta instancia. Distintos instrumentos de evaluación utilizados sobre un mismo contenido pueden arrojar resultados diferentes. Por ejemplo, al evaluar de qué manera están comprendiendo los estudiantes la diferencia entre velocidad y aceleración, será tan importante saber si distinguen verbalmente uno de otro como el hecho de usar su calculadora o utilizar un gráfico para obtener un resultado numérico acerca de los mismos. Privilegiar un tipo de acción sobre la otra le restaría utilidad a la evaluación.

Por lo tanto, la evaluación de los conceptos²⁵ debe ser tan importante como la de los procedimientos y la manera en que estas evaluaciones se lleven adelante; esto implica revisar tanto los criterios y los instrumentos utilizados en relación con los aprendizajes de los estudiantes como la forma de planificar del docente.

Es posible reconocer tres dimensiones para la evaluación. En primer lugar, establecer cuáles son los saberes que los estudiantes han incorporado previamente, tanto en su escolaridad anterior como en su experiencia no escolar. En segundo lugar, conocer qué están aprendiendo los estudiantes en este recorrido y, por último, conocer en qué medida las situaciones didácticas posibilitaron (u obstaculizaron) los aprendizajes. Por eso es que, en un proceso de evaluación, tanto la evaluación de las situaciones didácticas como la de los aprendizajes de los estudiantes forman parte de los procesos de enseñanza y deben ser planificadas como parte integrante de éstos. En tal sentido, la evaluación debe ser considerada en el mismo momento en que se establece lo que debe enseñarse y se propone que aprendan los estudiantes.

RELACIONES ENTRE ACTIVIDADES EXPERIMENTALES Y EVALUACIÓN

A partir de los contenidos de Física presentados para este año, es posible organizar actividades especialmente formativas como los trabajos experimentales –que pueden requerir o no de un

²⁵ En realidad debería hablarse más precisamente de la evaluación del aprendizaje de determinado concepto o de aprendizajes referentes a la conceptualización de ciertos contenidos, resolución de problemas y en ellos las estrategias, alternativas, decisiones que los alumnos realizan en el proceso de apropiación de saberes.

laboratorio– o las salidas de campo. En ambos tipos de propuestas, es indispensable la identificación de objetivos claros –tanto para el docente como para el estudiante– y la explicitación de lo que el estudiante debe hacer. Por ejemplo, se puede programar una salida para conocer la manera en que la compañía de aguas de la zona “presuriza” las cañerías y vincularlo con la unidad de fluidos en movimiento, o hacer mediciones acerca del tiempo y el desplazamiento de objetos cotidianos como automóviles o insectos.

Al evaluar tales actividades, es necesario discriminar las distintas habilidades puestas en juego. De acuerdo con lo propuesto en las guías podrían evaluarse:

- la comprensión y seguimiento de las instrucciones presentes en la guía;
- el manejo del material necesario;
- la capacidad o habilidad para efectuar observaciones y/o registros;
- la interpretación de los datos y la elaboración de conclusiones;
- la presentación de la información.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Una evaluación requiere, previamente, de la formulación y explicitación de los criterios que se utilizarán para dar cuenta del nivel de producción esperado. Es necesario que estos sean conocidos y, por ende, compartidos con la comunidad educativa, estudiantes, colegas, padres y directivos, puesto que se trata de que los estudiantes aprendan determinados contenidos y sean capaces de identificar en qué medida los han alcanzado o en qué etapa se encuentran en el proceso de lograrlo.

Es entonces un desafío, a la hora de pensar en la evaluación, construir no solo los instrumentos sino fundamentalmente los criterios que permitan obtener información válida y confiable para el mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como de las condiciones en que se producen.

A continuación se presentan algunos ejemplos de criterios de evaluación que, si bien no pretenden agotar la totalidad de los contenidos propuestos en este Diseño, aportan líneas respecto de cómo se podrían enunciar y trabajar. Los ejemplos se desarrollan a partir de algunos objetivos propuestos en los núcleos de contenidos, cuyo nivel de generalidad permite ejemplificar varios criterios posibles; su alcance podrá exigir, según los casos, de un mayor nivel de especificidad.

Núcleo de contenidos. Fluidos en equilibrio

Para evaluar en qué grado los estudiantes alcanzan el objetivo sintetizado en “dar cuenta de fenómenos o diseñar experiencias que permitan estimar la densidad de un material o la densidad relativa entre dos fluidos”, el docente puede considerar los siguientes criterios de evaluación:

- decidir acerca de la necesidad de utilizar presiones absolutas o relativas en un determinado cálculo;
- reconocer las unidades adecuadas para expresar presiones y densidades;
- explicar la flotación de los cuerpos usando las nociones de empuje y densidad;
- diferenciar entre empuje y presión hidrostática;

- efectuar mediciones para determinar la densidad de un objeto directa o indirectamente;
- expresar con palabras las hipótesis de partida y la manera en que serán puestas a prueba;
- secuenciar las acciones a realizar y fundamentar el orden elegido;
- ser capaz de llevar adelante mediciones en forma autónoma o con ayuda;
- volcar adecuadamente los datos medidos en una tabla de doble entrada y graficarlos;
- predecir las posibles fuentes de error en la experiencia llevada a cabo y señalar cómo mejorarla;
- redactar un informe detallado de los resultados, diferenciando entre datos, hipótesis y conclusiones.

Núcleo de contenidos. Cuerpos extensos. Descripción de estados y movimientos

Para evaluar en qué grado los estudiantes alcanzan el objetivo sintetizado en "describir y seleccionar un cuerpo extenso según su relación constitutiva de deformación", el docente puede considerar los siguientes criterios de evaluación:

- conocer la diferencia entre deformación elástica y plástica y utilizarla para clasificar cuerpos materiales;
- decidir en qué aplicaciones tecnológicas o cotidianas es pertinente utilizar cuerpos plásticos o elásticos y fundamentar sus decisiones;
- ser capaz de formular preguntas, en forma individual o grupal, que luego se puedan investigar;
- llevar adelante experiencia para recolectar información en forma adecuada y organizada;
- vincular la información obtenida a partir de diversas fuentes con los contenidos del eje temático que se está trabajando;
- redactar en forma individual o grupal informes escritos utilizando diversas formas para presentar la información;
- Redactar un informe detallado de los resultados, diferenciando entre datos, hipótesis y conclusiones;
- evaluar la propia producción y el funcionamiento del grupo de trabajo en relación con la tarea realizada, señalando logros y obstáculos.

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Cada actividad puesta en juego en las aulas informa acerca del avance y los obstáculos de los procesos de enseñanza y aprendizaje en su conjunto, por lo cual es importante disponer de elementos para evaluar esta información.

Los distintos instrumentos de evaluación informan parcialmente acerca de lo aprendido por los estudiantes. En este sentido, es importante variar los instrumentos para no obtener una información fragmentaria. La evaluación no puede centrarse exclusivamente en una detección acerca de cómo el estudiante recuerda determinados contenidos, ni acerca de su capacidad para realizar cálculos a partir de fórmulas, sino que debe integrar, en su forma y concepción, los conceptos con las acciones en las que estos conceptos se ponen en juego.

Por otra parte, es conocido que los estudiantes se adaptan rápidamente a un estilo o tipo de evaluación –como la prueba escrita en la que se requiere aplicación automática de algoritmos,

o el examen oral en el cual se evalúa casi exclusivamente la memoria– y de esta manera, sus aprendizajes se dirigen hacia las destrezas que les permiten resolver exitosamente las situaciones de evaluación, más que al aprendizaje de los contenidos.

La utilización de un único instrumento no resulta suficiente durante el año para evaluar los distintos niveles de comprensión, dada la variedad de contenidos a aprender. Asimismo, resulta fundamental sostener una coherencia entre la propuesta de enseñanza y la de evaluación. En este sentido, el Diseño Curricular establece modos de enseñar y trabajar en el aula de Física que son específicos de esta concepción del aprendizaje. Los contenidos han de trabajarse de manera integrada, atendiendo a construir los conceptos de la mano de los procedimientos y en el marco de los modelos que los incluyen. De modo que también resulta esencial evaluar integradamente estos aspectos, evitando separar, artificialmente, la evaluación de conceptos, modelos y procedimientos. Es importante diversificar los tipos de evaluaciones para que los estudiantes experimenten una gama de instrumentos diferentes y para que puedan poner a prueba sus aprendizajes en distintos formatos y en variadas circunstancias.

EVALUACIÓN DE CONCEPTOS Y PROCEDIMIENTOS

Al diseñar actividades de evaluación de conceptos y procedimientos para los problemas, sean éstos cerrados o abiertos, es necesario tener en cuenta ciertos indicadores.

Para los conceptos

- El conocimiento de hechos o datos (las unidades de energía, la ley de Newton o la equivalencia entre Newton y kgf, el teorema de las fuerza vivas).
- La definición y/o reconocimiento de definiciones (qué es el momento de inercia, la noción de energía potencial o de trabajo).
- La ejemplificación y la exposición de conceptos.
- La transferencia de conceptos, es decir, si más allá de conocer hechos o datos, definir y/o reconocer definiciones, ejemplificar y exponer conceptos, los estudiantes son capaces de aplicarlos a nuevas situaciones.

Para los procedimientos

- El conocimiento del procedimiento, que supone determinar si el estudiante conoce las acciones que componen el procedimiento y el orden en que deben abordarse. Por ejemplo: cómo se procede al escribir una fórmula física, cómo se balancea una ecuación, cómo se mide la deformación de un sólido, cómo se determina en forma indirecta la densidad de un fluido.
- La utilización en una situación determinada, por la que se trata de constatar si una vez conocido el procedimiento, se logra aplicar. Por ejemplo: cómo construir un densímetro con material de uso cotidiano; el cálculo de la diferencia de densidades a partir de mediciones, entre otros;
- La generalización del procedimiento a otras situaciones, en la que se trate de ver en qué medida el procedimiento se ha interiorizado y es capaz de extrapolarse a problemas análogos asociados a otras temáticas: ¿cómo determinar indirectamente el rozamiento en determinado movimiento?, ¿qué situaciones darían indicios de la ocurrencia de este fenómeno?, ¿podría determinarse con cierto grado de certeza? En caso de ser afirmativa la respuesta, ¿de qué modo?

- La selección del procedimiento adecuado que debe usarse en una situación determinada, dado que una vez aprendidos varios procedimientos interesa conocer si los estudiantes son capaces de utilizar el más adecuado a la situación que se presenta. Por ejemplo, ¿es conveniente usar un gráfico cartesiano para representar ciertos datos?, ¿se reduce el rozamiento de un cojinete puliendo las piezas o es recomendable usar lubricante?, ¿es conveniente usar un densímetro para medir la densidad de un gas?

En todo caso, debe advertirse que la comprensión conceptual supone una intervención pedagógica docente de mayor complejidad que la necesaria para evaluar el recuerdo de hechos y datos, y remite al desafío de diseñar una diversidad de instrumentos que promuevan la utilización de los conocimientos en distintas situaciones o contextos. También, debe tenerse en cuenta que la evaluación de procedimientos requiere de un seguimiento continuo en los procesos de aprendizaje que promueva instancias de reflexión sobre los pasos o fases involucradas.

EVALUACIÓN MUTUA, COEVALUACIÓN Y AUTOEVALUACIÓN

El contexto de evaluación debe promover en los estudiantes una creciente autonomía en la toma de decisiones y en la regulación de sus aprendizajes, favoreciendo el pasaje desde un lugar de heteronomía –el docente propone las actividades, los eventuales caminos de resolución y las evaluaciones, y el estudiante es quien las realiza– hacia un lugar de mayor autonomía donde puedan plantearse problemas, seleccionar sus propias estrategias de resolución, planificar el curso de sus acciones, administrar su tiempo y realizar evaluaciones parciales de sus propios procesos, reconociendo logros y dificultades.

En este sentido, la evaluación constituye un punto central en la dinámica del aprendizaje por diversas razones. En primer lugar, porque el trabajo de construcción de conocimiento, tal como es entendido en esta propuesta, es un trabajo colectivo en la medida en que todos participan individual y grupalmente de la construcción de modelos explicativos, del diseño e implementación de las investigaciones, las argumentaciones y las actividades generales de aprendizaje que se propongan. Por lo tanto, es menester que la evaluación incluya este aspecto social, dando oportunidades a los estudiantes para hacer también evaluaciones del propio desempeño tanto como el de sus compañeros. Esta responsabilidad de evaluar desempeños implica, asimismo, un segundo aspecto vinculado con la democratización de las relaciones en el aula y el aprendizaje de las ciencias. Para lograrlo, una evaluación debe estar fundamentada en criterios explícitos y no en cuestiones de índole personal –simpatía o antipatía por un compañero o un argumento–.

Es fundamental enseñar a evaluar la marcha de un proyecto o el desempeño dentro de un grupo, estableciendo conjuntamente y con la ayuda del docente cuáles serán los criterios convenientes para juzgar la pertinencia de cierto argumento o el cumplimiento de las normas para el trabajo experimental. Por último, la posibilidad de reflexionar sobre la evolución de los aprendizajes, a partir de criterios que fueron explicitados y compartidos, ayuda a repensar los aspectos teóricos o procedimentales que no han quedado lo suficientemente claros, así como plantear caminos de solución.

Para favorecer este proceso tendiente a la autorregulación de los aprendizajes es preciso incluir otras estrategias de evaluación, además de las hetero-evaluaciones tradicionales, que no pretenden sustituir, sino complementar los instrumentos clásicos.

- La evaluación entre pares o evaluación mutua, en la cual el estudiante comparte con sus pares los criterios de evaluación contruidos con el docente y, en función de ellos, puede hacer señalamientos sobre los aspectos positivos o a mejorar tanto respecto del desempeño individual como el grupal en relación con la tarea establecida. Este tipo de evaluación, que por supuesto debe ser supervisada por el docente, puede aportar información acerca de la capacidad de los estudiantes para argumentar y sostener criterios frente a otros.
- La coevaluación, entendida como la evaluación de la producción de un estudiante por él mismo y por el profesor o profesora.²⁶ Desde este punto de vista, la coevalucion resulta una guía que el docente construye junto con sus estudiantes durante la realización de una tarea; posivilita revisar y analizar no solo la corrección o incorrección de lo realizado, sino para proponer preguntas o comentarios que orienten a los estudiantes hacia el control de sus aprendizajes, llevándolos a contrastar los objetivos de la actividad con los resultados obtenidos hasta el momento, tendiendo siempre hacia la autorregulación.
- La autoevaluación del estudiante, que supone la necesidad de contar con abundante información respecto de la valoración que es capaz de hacer de sí mismo y de las tareas que realiza. La autoevaluación no consiste, como se ha practicado muchas veces, en que el estudiante corrija su prueba escrita siguiendo los criterios aportados por el docente; se trata más bien de un proceso en el cual el estudiante logre gradualmente la anticipación y planificación de sus acciones y la apropiación de los criterios de evaluación.

²⁶ Esta concepción ha sido tomada de Sanmarti, Neus, *La función pedagógica de la evaluación*, Aula de innovación educativa. n° 20, pp. 20-30, Barcelona, Grao, 1993.

BIBLIOGRAFÍA

DISCIPLINAR

- AA.VV, *Física PSC. Guía del laboratorio*. Barcelona, Reverté, 1975.
- Alonso, Marcelo y Finn, Edgard, *Física. Campos y ondas*. México, Fondo Educativo Interamericano, 1970.
- Aristegui, Rosana; Baredes, Carla y otros, *Física I*. Buenos Aires, Santillana, 2002.
- – –, *Física II*. Buenos Aires, Santillana, 2002.
- Giancoli, Douglas, *Física. Principios y aplicaciones*. Barcelona, Reverté, 1985.
- Halliday, David y Resnick, Richard, *Fundamentos de Física*. México/Barcelona, Cecca, 1978.
- Hecht, Eugene, *Física en perspectiva*. Madrid, Addison Wesley Iberoamericana, 1987.
- Hewitt, Paul, *Física conceptual*. México, Pearson Educación, 2004.
- Holton, Greg, *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona, Reverté, 1988.
- Jou Mirabent, Jou; Enric, Joseph y Pérez García, Carlos, *Física para ciencias de la vida*. Buenos Aires, Mc Graw-Hill, 1999.
- Kane, Joseph y Sternheim, Morton, *Física*. Buenos Aires, Reverté, 1998.
- Rela, Agustín y Sztrajman, Jorge, *Física I*. Buenos Aires, Aique, 2001.
- – –, *Física II*. Buenos Aires, Aique, 2001.
- Tipler, Paul, *Física*. Barcelona, Reverté, 1978.

HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

- Aduriz Bravo, Agustín, *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 2005.
- Asimov, Isaac, *Breve historia de la Física*. Madrid, Alianza, 1975.
- Chalmers, Alan, *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la Ciencia y sus métodos*. Madrid, Siglo XXI, 1982.
- Fourez, George, *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires, Colihue, 1998.
- Kuhn, Thomas, *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid, Breviarios, Fondo de Cultura Económica, 1975.

DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

- Astolfi, Jean Pierre, *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla, Díada, 2001.
- Cañal, Pedro, "Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación" en *Revista Investigación en la escuela*, año XIII, nº 38, 1999, Sevilla, Díada editora.
- Ceretti, Helena, *Experimentos en contexto*. Buenos Aires, Prentice Hall, 2000.
- del Carmen, Luis y otros, *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*, Barcelona, ICE/Horsori, 1999.
- – –, (coord.) y otros, "La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria" en *Cuadernos de formación del profesorado educación secundaria*, nº 9, 1997, Barcelona, ICE/Horsori.
- Driver, Rosalind, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, MEC/Morata, 1989.
- García, Juan y García, Francisco, *Aprender investigando*. Sevilla, Díada, 1989.
- Gil Pérez, Daniel y otros, *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona, ICE/Horsori, 1991.

- Gil Pérez, Daniel y Vilches, Amparo, "Educación, ciudadanía y alfabetización científica: mitos y realidades" en *Revista Iberoamericana de Educación*, n° 42, septiembre-diciembre 2006, Organización de Estados Iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura (OEI).
- Giordan, Andre, *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid, Siglo XXI, 1982.
- Hodson, Derek, "In search of a meaningful Relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education" en *International Journal of science education*, n° 14, noviembre, 1992, Editorial Board.
- Jiménez Aleixandre, María Pilar y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.
- Jorba, Jaume y Prat, Ángel, *Hablar y escribir para aprender*. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona, Síntesis, 1998.
- Kaufman, Miriam y Fumagalli, Laura, *Enseñar Ciencias Naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires, Paidós, 1999.
- Marco, Berta y otros, "Elementos didácticos para el aprendizaje de las Ciencias Naturales" en *Educación Abierta*, n° 17, ICE, Universidad de Zaragoza, 1987.
- Marco, Berta y otros, *La enseñanza de las ciencias experimentales*. Madrid, Narcea, 1987.
- Minnick Santa, Carol y otros, *Una didáctica de las Ciencias. Procesos y aplicaciones*. Buenos Aires, Aique, 1994.
- Perales Palacios, Javier y Cañal, Pedro, *Didáctica de las ciencias experimentales*. Buenos Aires, Marfil, 2000.
- Porlan, Raúl y Cañal, Pedro (comp.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla, Díada, 1988.
- Pozo, Juan Ignacio y Gómez Crespo, Miguel Ángel, *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, Morata, 2000.
- – –, *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid, Visor, 1987.
- Shayer, Michael y otros, *La Ciencia de enseñar ciencias*. Madrid, Narcea, 1984.
- Torp, Linda y Sage, Sara, *El aprendizaje basado en problemas*. Buenos Aires, Amorrortu, 1998.
- Unesco, *Nuevo Manual de la UNESCO para la enseñanza de las Ciencias*. Buenos Aires, Sudamericana, 1997.

RECURSOS EN INTERNET

- Ciencianet, <http://www.ciencianet.com/>, sitio consultado en mayo de 2011.
Propuestas experimentales, curiosidades, datos históricos, planteo de situaciones problemáticas para la enseñanza de las Ciencias Naturales.
- Dirección General de Cultura y Educación, <http://abc.gov.ar/>
Sitio oficial de la Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires. Información y recursos para docentes y estudiantes. Documentos oficiales y consultas.
- Física con ordenador, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>, sitio consultado en mayo de 2011.
El sitio contiene desarrollos y simulaciones relacionados con la Física; sus contenidos pueden ser utilizados para complementar la propuesta de este Diseño Curricular.
- Física Re-creativa, http://www.fisicarecreativa.com/libro/indice_exp.htm#, sitio consultado en mayo de 2011.
Contiene materiales pensados para los docentes y los alumnos, entre ellos experimentos de física utilizando las nuevas tecnologías. Valioso para la realización de investigaciones bibliográficas.

Inclusión digital educativa, <http://inclusiondigital.gov.ar/secciones/recursos-y-estrategias/recursos-por-areas-disciplinarias/fisica/>, sitio consultado en mayo de 2011.

Sitio del Ministerio de Educación de la Nación; contiene experiencias, desarrollos y materiales de trabajo para los estudiantes y los profesores.

Nueva Alejandría, <http://www.nuevaalejandria.com/archivos-curriculares/ciencias/>, sitio consultado en mayo de 2011.

Propuestas experimentales, curiosidades, datos históricos, planteo de situaciones problemáticas e información científica actualizada para la enseñanza de la Física y la Química.

La Nación, "110 sitios de ciencia en Internet" en *La Nación.com*. Buenos Aires, marzo de 2005. Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/684790-110-sitios-para-el-colegio>, sitio consultado en mayo de 2011.

Esta nota ofrece sugerencias y enlaces a más de un centenar de sitios educativos donde es posible encontrar material para las propuestas que se desarrollen en el aula.

Fislet, http://www.uhu.es/juanluis_aguado/fislets/, sitio consultado en mayo de 2011.

Sitio destinado a la enseñanza de la Física con material interactivo.

VERSIÓN PARA CONFORMIDAD