

FÍSICA

5º AÑO (ES)



ÍNDICE

Física y su enseñanza en el Ciclo Superior de la Escuela Secundaria	143
Mapa curricular.....	147
Carga horaria	147
Objetivos de enseñanza.....	147
Objetivos de aprendizaje.....	148
Contenidos.....	149
Desarrollo de los contenidos.....	151
Orientaciones didácticas	169
Hablar, leer y escribir en Física	169
Trabajar con problemas de Física.....	175
Conocer y utilizar modelos en Física	180
Orientaciones para la evaluación	183
Relaciones entre actividades experimentales y evaluación.....	183
Criterios de evaluación	183
Instrumentos de evaluación	185
Evaluación de conceptos y procedimientos	186
Autoevaluación, coevaluación y evaluación mutua	187
Bibliografía.....	189
Disciplinar	189
Historia y filosofía de la ciencia.....	189
Didáctica de las ciencias experimentales	189
Recursos en Internet	190

FÍSICA 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 es la materia que presenta los contenidos de la física escolar que completarán la formación en este campo de conocimientos para la mayoría de las orientaciones del Ciclo Superior. Sus contenidos están concebidos en una continuidad de enfoque con la formación que se desarrolló a lo largo de los tres primeros años de la Educación Secundaria con Ciencias Naturales (1° año), Físicoquímica (2° y 3°), así como en el Ciclo Superior Orientado en Ciencias Naturales con Introducción a la Física en el 4° año.

La materia está diseñada de modo tal que cubra aquellos contenidos necesarios para una formación en física acorde a los fines de la alfabetización científica para esta etapa de la escolaridad y brinda a los estudiantes un panorama de la física actual, sus aplicaciones a campos diversos, y algunas de sus vinculaciones con la tecnología cotidiana.

Se articula con los fines establecidos para la Educación Secundaria en relación con la formación para la ciudadanía, el mundo del trabajo y la continuidad de los estudios. En este sentido, resulta fundamental establecer que estos fines para la Educación Secundaria, común y obligatoria, implican cambios en la perspectiva curricular de la educación en ciencias en general y de física, en particular. Cambios que no se dan de manera arbitraria, sino que resultan requisitos para el logro de los propósitos mencionados. Una educación científica entendida en función de estos logros, implica una transformación profunda respecto de la formación en ciencias que se produjo hasta el momento.

La ciencia en la Escuela Secundaria tuvo tradicionalmente la finalidad casi exclusiva de preparar para los estudios posteriores y un enfoque centrado en la presentación académica de unos pocos contenidos. Esta finalidad y enfoque encontraban su fundamento en la función misma de la Escuela Secundaria: una Secundaria para 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. Para esa concepción, 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, solo como prerrequisito para esos estudios superiores.

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 de la enseñanza, sin embargo, resulta

¹ Declaración de Budapest, Conferencia Mundial sobre la ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la ciencia, UNESCO; 1999,

insuficiente incluso como preparación para los futuros científicos, fundamentalmente porque se trasmite una idea deformada y empobrecida de la actividad científica, al presentarla como algo ajeno e inaccesible al conjunto de la población.

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

En particular, 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 aprendidos de manera más o menos mecánica y que, además, tienen escasa vinculación con lo tecnológico o lo cotidiano que, en general, son de interés para los estudiantes.

Esta opción resulta insuficiente en las actuales condiciones, porque a partir de la Ley Nacional de Educación, la Escuela Secundaria resulta obligatoria para todos los estudiantes del país. Esto implica un cambio importante respecto de la educación en ciencias, es decir, que sirva a la formación de todos los estudiantes, para su participación como miembros activos de la sociedad, ya sea que se incorporen al mundo del trabajo o continúen estudios superiores.

Una educación científica así entendida, requiere ser pensada desde la concepción de la alfabetización científica tecnológica. La alfabetización científica constituye una metáfora de la alfabetización tradicional, entendida como una estrategia orientada a lograr que la población 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 la población sea capaz de comprender, interpretar y actuar sobre la sociedad, participar activa y responsablemente sobre los problemas del mundo, con la conciencia de que es posible cambiar la propia sociedad, y 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 sólo 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 neutralidad, entrar en las cuestiones epistemológicas y en las terribles desigualdades ocasionadas por el mal uso de la ciencia y sus condicionantes socio-políticos".²

Desde esta visión las clases de Física deben estar pensadas en función de crear situaciones propicias para el logro de estos propósitos; ambientes que reclaman docentes y estudiantes activos, que construyen conocimiento en la comprensión de los fenómenos naturales y tecnológicos en toda su riqueza y complejidad.

² Marco, Berta, "Alfabetización científica: un puente entre la ciencia escolar y las fronteras científicas", en *Cultura y educación*, vol. 16, nº 3, 2004.

Acceder a los conceptos, procedimientos y explicaciones propias de las ciencias naturales es no sólo una necesidad para los estudiantes durante su escolarización –por lo que implica respecto de su formación presente y futura–, sino también un derecho. La escuela debe garantizar que este campo de conocimientos que la humanidad ha construido a lo largo de la historia, se ponga en circulación dentro de 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 y participar activa y responsablemente en ella, valorándolos pero a la vez reconociendo sus limitaciones, en tanto no aportan soluciones para todos los problemas, ni todos los conflictos pueden resolverse sólo desde esta óptica.

La alfabetización científica consiste no sólo en conocer conceptos y teorías de las diferentes disciplinas, sino también en entender a la ciencia como actividad humana en la que 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, pero también vuelven sobre sus pasos, revisan críticamente sus convicciones. En este sentido, una persona científicamente alfabetizada, podrá interiorizarse sobre estos modos particulares en que se construyen los conocimientos que producen los científicos, que circulan en la sociedad, y que difieren de otras formas de conocimiento. También, estarán en condiciones de ubicar las producciones científicas y tecnológicas en el contexto histórico y cultural en que se producen, a partir de tomar conciencia de que la ciencia no es neutra ni aséptica y que, como institución, está atravesada por el mismo tipo de intereses y conflictos que vive la sociedad en que está inmersa.

Un nuevo enfoque de la función de la Educación Secundaria debe necesariamente replantearse los objetivos y las formas de enseñar ciencias, más orientadas a la comprensión. Toda la investigación desarrollada por las didácticas específicas de las ciencias ha demostrado dentro de las aulas 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 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”.³

El enfoque que se explicita en este Diseño Curricular, basado en la idea de alfabetización científica y tecnológica para la educación en ciencias, propone una labor de enseñanza fundamentalmente diferente, que atienda a las dificultades y necesidades de aprendizaje del conjunto de los jóvenes que transitan la Educación Secundaria. La impronta que la educación científica deje en ellos, debe facilitar su comprensión y su 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”.⁴

³ 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.

⁴ Gil Pérez, Daniel y Vilches, Amparo, “Educación, ciudadanía y alfabetización científica: mitos y realidades”, en *Revista Iberoamericana de Educación*, OEI, N° 42, 2006.

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

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

El aprendizaje de la cultura científica, y de la Física en particular, incluye, además de comprender y usar modelos y conceptos, el desarrollo de las destrezas de comunicación en relación con mensajes de contenido científico, la capacidad de comprender y emitir mensajes científicos. Hay que tener en cuenta que estos mensajes utilizan distintos lenguajes, además de textos escritos (u orales), lenguajes específicos de las ciencias, 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 importante prestar atención a los aspectos relacionados con la comunicación y el lenguaje en la clase de ciencias, ya 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 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 solo 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 de 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 porque 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.

MAPA CURRICULAR

Materia	Física
Año	5°
Ejes y núcleos de contenidos	Eje. Fuerzas eléctricas y magnéticas La fuerza eléctrica. Los materiales frente a la electricidad. Las fuerzas magnéticas. Los materiales frente el magnetismo.
	Eje. Corrientes y efectos Conducción en sólidos y líquidos. Circuitos eléctricos. Efectos de la corriente eléctrica.
	Eje. Fenómenos electromagnéticos Interacciones electromagnéticas: inducción, motores y generadores. Campos y ondas electromagnéticas.
	Eje. La propagación de la luz La óptica geométrica. Guías de onda y fibras ópticas.

CARGA HORARIA

La materia Física corresponde al 5° 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 3 horas semanales.

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

- Generar en el aula de Física espacios de colaboración entre pares para favorecer el diálogo sobre los fenómenos naturales y tecnológicos que se trabajen y los procesos de expresión científica de los mismos.
- 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.
- Poner en circulación en el ámbito escolar el "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. En este sentido, el pensamiento en voz alta en el que se refleje, por ejemplo, la formulación de preguntas y el análisis de variables ante un cierto problema permite a los estudiantes visualizar cómo un adulto competente en estas cuestiones, piensa y resuelve los problemas específicos que se le presentan.

- Considerar, como parte de la complejidad de la enseñanza de conceptos científicos, las representaciones y marcos conceptuales con los que los estudiantes se aproximan a los nuevos conocimientos, para acompañarlos en el camino hacia construcciones más cercanas al conocimiento científico.
- Plantear problemas apropiados, a partir de situaciones cotidianas y/o hipotéticas, que permitan transitar el camino desde las concepciones previas personales hacia los modelos y conocimientos científicos escolares a enseñar.
- Planificar actividades que impliquen investigaciones escolares, que combinen situaciones como: búsquedas bibliográficas, trabajos de laboratorio o salidas de campo, en los que se pongan en juego los contenidos que deberán aprender los estudiantes.
- Diseñar actividades experimentales y salidas de campo con una planificación previa que permita entender y compartir el sentido de las mismas dentro del proceso de aprendizaje.
- Explicitar los motivos de las actividades propuestas, así como los criterios de concreción de las mismas y las demandas específicas que se plantean a los estudiantes para la realización de sus tareas de aprendizaje en Física.
- 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.
- Evaluar las actividades con criterios explícitos, concordantes con las tareas propuestas y los objetivos de aprendizaje que se esperan alcanzar.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Incorporar al lenguaje cotidiano términos provenientes de la Física que permitan dar cuenta de fenómenos naturales y tecnológicos.
- Utilizar conceptos y procedimientos físicos durante las clases, para dar argumentaciones y explicaciones de fenómenos naturales o artificiales.
- Leer textos de divulgación científica o escolares relacionados con los contenidos de física y comunicar, en diversos formatos y géneros discursivos, la interpretación alcanzada.
- Producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir).
- Comunicar a diversos públicos (al grupo, los estudiantes más pequeños, los pares, los padres, la comunidad, etc.) una misma información científica como forma de romper con el uso exclusivo del texto escolar;
- Elaborar hipótesis pertinentes y contrastables sobre el comportamiento de sistemas físicos para 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 temáticos trabajados.
- Evaluar los impactos medioambientales y sociales de los usos tecnológicos de la energía y reflexionar críticamente sobre el uso que debe hacerse de los recursos naturales.
- 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 adecuados que permitan contrastar las hipótesis formuladas acerca de los fenómenos físicos vinculados con los contenidos específicos.
- Distinguir la calidad de la información pública disponible sobre asuntos vinculados con la física, valorando la información desde los marcos teóricos construidos.

CONTENIDOS

Para esta segunda materia de Física del Ciclo Superior –la primera de la Orientación en Ciencias Naturales– se han seleccionado contenidos que pertenecen al *electromagnetismo*, una de las ramas más abarcativas tanto por la variedad de fenómenos que involucra como su utilización científica y tecnológica.

Los fenómenos electromagnéticos permiten trabajar sobre varias de las dimensiones que se consideran importantes en 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.

Además, ofrecen una perspectiva histórica interesante pues son fenómenos conocidos desde hace mucho tiempo, sencillos de reproducir y observar, aunque su comprensión y explicación en términos actuales es relativamente moderna. Esto 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.

La sencillez propia de estos fenómenos y su presencia en casi todas las prácticas cotidianas permite trabajarlos con materiales de bajo costo y realización muy sencilla. Esta condición impulsa la posibilidad de realizar un gran número de actividades en el aula a partir de las cuales se debe hacer especial hincapié en la perspectiva experimental y en la elaboración de hipótesis que luego serán corroboradas mediante experiencia. Los libros de texto abundan en esquemas sobre circuitos y experiencias, pero la riqueza de la experiencia permite mostrar la importancia de la articulación entre la manipulación de objetos concretos y el uso de un lenguaje abstracto para dar cuenta de lo observado.

Los fenómenos electromagnéticos tienen dos perspectivas de formalización que deben presentarse en equilibrio con los fenómenos observables para no caer en un formalismo desprovisto de experiencia:

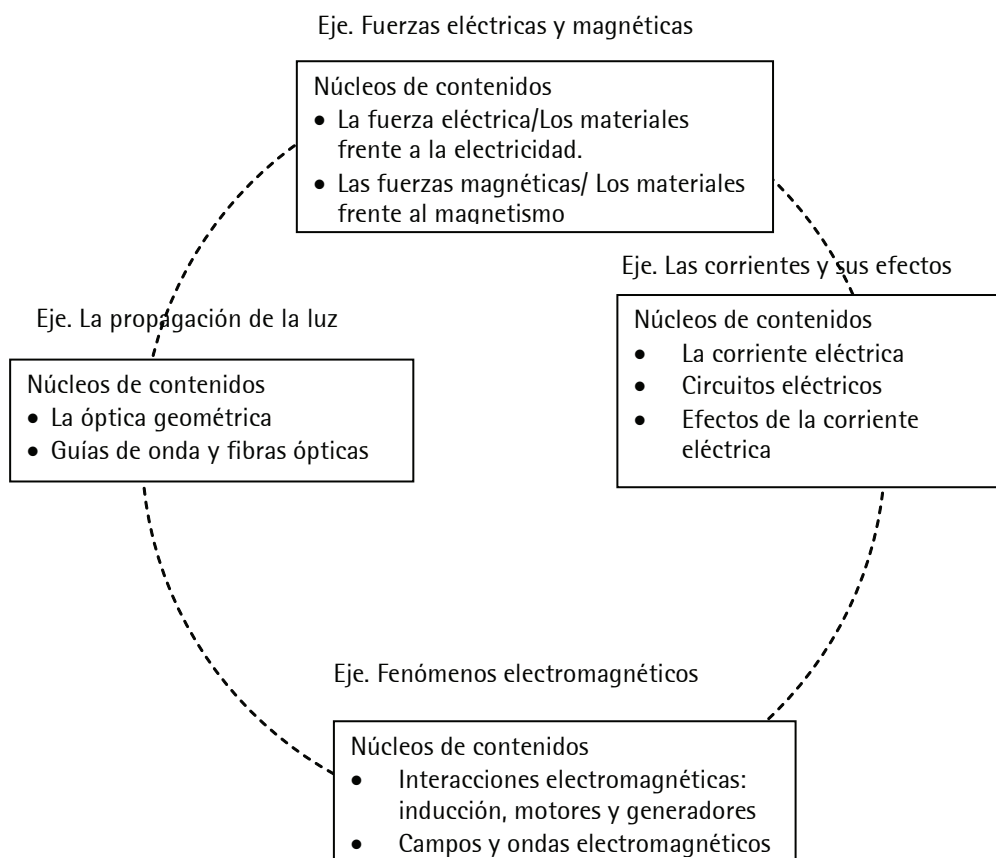
- por un lado, la introducción de conceptos teóricos (como *campos*, *líneas de campo* y otros) necesarios para una descripción que trascienda lo meramente observable, que pueden trabajarse a partir de esquemas gráficos como líneas de fuerza o eventualmente vectores;
- por otro, el formalismo matemático propio de la física: el uso de ecuaciones para hallar relaciones entre observables es 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 y centrar la enseñanza del fenómeno en la operatoria del cálculo dejando de lado su relación con el observable.

Por otra parte, su papel creciente en las aplicaciones tecnológicas y su importancia dentro de la física como primer teoría unificadora (Maxwell, 1860) hacen que se ajuste perfectamente a los criterios rectores para la selección de contenidos del Marco General de la Orientación: *relevancia* (científica y social), *pertinencia* (en relación con los propósitos y el enfoque para la enseñanza), *adecuación* (en vistas a una alfabetización científica) y *relación de continuidad y progresiva complejización* (respecto de los temas trabajados los años anteriores). Los contenidos seleccionados se han organizado jerárquicamente de la siguiente manera:

- *ejes temáticos*: su denominación da unidad a los contenidos. Los ejes indican grandes bloques temáticos que posibilitan la comprensión de los fenómenos según las interpretaciones teóricas actuales; en este caso, se trata de las fuerzas eléctricas y magnéticas, las corrientes eléctricas y sus efectos, los fenómenos electromagnéticos y la propagación de la luz;
- *núcleos de contenidos*: constituyen agrupaciones de contenidos dentro de los ejes, organizados por afinidades temáticas que facilitan la exposición de los contenidos.

Es preciso recordar que los contenidos tienen carácter prescriptivo y constituyen los conocimientos que serán objeto de enseñanza a lo largo del año. No obstante, los contenidos seleccionados, y el orden que se establece en la presentación, no implican una estructura secuencial única dentro del aula.

La organización y la secuencia que se ofrece en *Desarrollo de los contenidos* no representa el orden a seguir en la planificación de la actividad del aula. Contenidos como *campo eléctrico* o *transformación de la energía eléctrica*, por dar un ejemplo, deberán tratarse vinculados a otros núcleos. Por lo tanto, se propone que el docente, en función de sus elecciones didácticas y en conocimiento de su contexto, elabore a partir de estos núcleos temáticos las unidades didácticas que permitan dar verdadero sentido y posibilidad de aprendizaje a los estudiantes.



DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS

Eje. Fuerzas eléctricas y magnéticas

En este Eje se busca una aproximación a los conocimientos acerca del magnetismo y la electricidad con un enfoque similar al que se usó en el 2º año. Se trata de introducir los conceptos a partir de la necesidad de explicar fenómenos naturales o desarrollos tecnológicos, en contraposición al enfoque tradicional que se apoya en definiciones formales de campo o potenciales, para luego dar paso a las aplicaciones o ejemplos. De esta manera, los estudiantes se acercan al uso de nuevos términos para otorgar nuevos significados a explicaciones coloquiales, y recién entonces, se desarrollan definiciones más formales y ecuaciones. En continuidad con lo propuesto en los años anteriores, se introducirán las expresiones matemáticas necesarias para poder hacer cálculos predictivos o aplicar en problemas de corte cuantitativo. La profundidad y rigurosidad de las expresiones matemáticas se explicitarán en cada caso, teniendo en cuenta que el cálculo cuantitativo debe ser un aspecto más del trabajo sobre los conceptos y no un objetivo en sí mismo. Por ello se insiste en la integración necesaria entre el lenguaje coloquial, los nuevos conceptos y el lenguaje matemático, que puede resultar útil para los cálculos, pero que de ninguna manera puede reemplazar los otros.

La fuerza eléctrica

La electricidad observable: de Tales a Van de Graaff. El desarrollo de la noción de campo eléctrico. Interacción entre cuerpos con carga eléctrica. Ley experimental de Coulomb. Trabajo para mover una carga eléctrica. Diferencia de potencial. Energía electrostática.

El uso coloquial de la palabra "electricidad" alude necesariamente a tecnología moderna: computadoras, televisores, teléfonos, motores y energía eléctrica. Sin embargo, las interacciones entre cargas no sólo se observan en los objetos tecnológicos, sino que también desempeñan un papel fundamental en los modelos explicativos de fenómenos microscópicos como los modelos atómicos, las fuerzas que mantienen unidos a los átomos en las moléculas de líquidos y sólidos. Incluso al empujar un objeto o tirar de él, si se lo piensa a nivel microscópico, el movimiento es el resultado de la fuerza eléctrica entre las moléculas de nuestra mano y las de dicho objeto.

A lo largo de este Núcleo se presentarán fenómenos macroscópicos y microscópicos en los cuales la electricidad juega un papel central. Uno de los objetivos es poder distinguir entre la descripción de fenómenos eléctricos (macroscópicos) como la atracción entre objetos, la carga por frotamiento, el efecto de puntas y el modelado de situaciones microscópicas, donde las fuerzas eléctricas juegan un papel explicativo.

En 2º año, en el eje *El carácter eléctrico de la materia*, los estudiantes analizaron fenómenos electrostáticos cotidianos como atracciones entre bolitas de telgopor y objetos frotados y se introdujo el campo eléctrico como mediador de fuerzas eléctricas. En ese Diseño Curricular se aclaró que no se pretende introducir la descripción de campo como fuerza por unidad de carga, ni tampoco sus unidades, sino dar un tratamiento cualitativo de los fenómenos eléctricos y describir al campo como un portador de interacción, analizando en qué lugares puede ser más débil y en cuáles más intenso.

Este año se volverá sobre el tema de la generación de campos eléctricos por electrificación de materiales y se analizarán con más detalle los mecanismos de electrificación: *frotamiento*,

contacto e inducción a partir del trabajo con materiales concretos; se busca que los estudiantes utilicen el modelo atómico de la materia para explicar la electrización de distintos materiales.

En este sentido, se sabe que algunos átomos tienen más facilidad para perder sus electrones que otros. Si un material tiende a perder algunos de sus electrones cuando entra en contacto con otro, se dice que es más positivo en la serie *triboeléctrica*. Es interesante introducir las electrificaciones que distintos cuerpos producen sobre otros al ser frotados y hacer así una serie en el aula, para lo cual será necesario construir y consensuar el uso de un instrumento (que puede ser un pequeño péndulo de hilo de seda con una bolita de telgopor o bien un electroscopio de hojas metálicas). La construcción de este instrumento es una investigación escolar interesante, de bajo costo, y que hace posible los debates y la formulación de hipótesis.

En este año, además de trazar gráficos cualitativos de las direcciones y sentidos de los campos eléctricos y de las fuerzas eléctricas, se desarrollará la cuantificación de los mismos a partir de la Ley de Coulomb (sólo para cargas puntuales y con la finalidad de cuantificar la interacción). Las unidades para el campo se definirán a partir de las de fuerza y carga y se retomará la noción de líneas de campo eléctrico o líneas de fuerza.

En electrostática, el tema de las unidades suele ser complicado por la diversidad de sistemas de unidades existentes; por ello, se restringirán, a los fines de la simplicidad del tratamiento, las unidades de carga al Coulomb y a sus submúltiplos, y a la relación entre la carga del electrón y el Coulomb. Una vez cuantificado el campo eléctrico se puede investigar la magnitud de los campos eléctricos que existen en objetos cotidianos como televisores y otros.

El movimiento de un objeto en presencia de una fuerza implica un cierto trabajo. En este caso, se usará para definir la energía electrostática, y también el Volt como trabajo para mover la carga unidad (aunque en realidad debería decirse trabajo dividido carga unitaria porque el *Volt* no es una unidad de trabajo). A partir de la noción de potencial se introducen las líneas equipotenciales.

Es importante no perder de vista que las nociones de fuerza, campo y potencial son fundamentales para dar explicaciones o descripciones de algunos fenómenos cotidianos; por lo tanto, corresponde incluir en este Núcleo un trabajo de búsqueda bibliográfica y la consiguiente explicación acerca de las xerografías, fotocopiadoras, máquinas generadoras de electricidad (al estilo de Van de Graff), aceleradores lineales y sus aplicaciones.

Sería interesante incluir una investigación histórica vinculada a la electricidad dado que, por su cercanía con artefactos eléctricos y pilas, los jóvenes tienden a pensar que los fenómenos eléctricos siempre fueron conocidos. Sin embargo, la historia de la ciencia muestra cómo la electricidad y la idea de carga y campo se fueron construyendo a partir de la necesidad de un lenguaje común acerca de distintos fenómenos.

Deberá quedar claro que al hablar de electrostática y luego de magnetostática, o al analizar fenómenos electrostáticos siempre se incurre en una paradoja; por ejemplo, se dice que "un objeto se carga mediante frotamiento". No obstante, el proceso de carga no es estático, con lo cual siempre se apela a un estado "idealizado" en el que las cargas no se mueven.

Los materiales frente a la electricidad

Conductores, aislantes y semiconductores. Modelo microscópico. Potencial de ruptura. Capacitores, dieléctricos.

Desde un punto de vista formal, la distinción entre conductores, dieléctricos y semiconductores es de origen cuántico. A pesar de la complejidad del tema, es posible hacer un modelo relativamente sencillo del fenómeno de conducción en los sólidos teniendo en cuenta que los sólidos cristalinos se caracterizan por una marcada periodicidad estructural, de manera tal que las propiedades asociadas a una región se repiten regularmente a lo largo de toda la muestra.

Esta regularidad estructural se debe a la particular disposición de los átomos de la red, que hace que los electrones de los átomos individuales se repartan ("compartan") entre los átomos vecinos con energías equivalentes. Energía equivalente no significa energía idéntica, de manera tal que los niveles energéticos permitidos al conjunto de electrones del sólido van formando un "continuo" que se conoce como *banda de energía*. Las bandas de energía permitidas están separadas unas de otras por intervalos o *bandas de energía prohibida*.

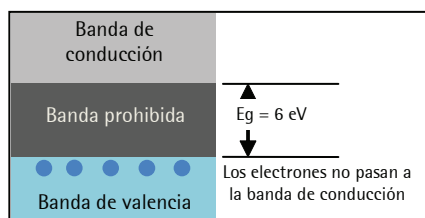
La banda de mayor energía se denomina *banda de conducción*, mientras que la siguiente, de menor energía, *banda de valencia*.



La capacidad de conducción de cargas de un elemento queda determinada, entonces, por la energía necesaria para desplazar sus electrones de valencia (que, naturalmente, se hallan en la banda de valencia), desde su nivel normal de energía hasta el nivel más elevado, esto es, la banda de conducción.

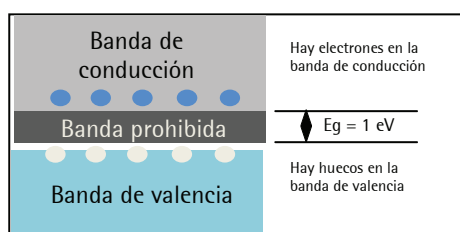
En un conductor, las bandas de valencia y de conducción se hallan prácticamente solapadas, y un pequeño campo eléctrico aplicado al material pone en movimiento los electrones provocando la corriente eléctrica.

Contrariamente a lo que sucede con los átomos de los metales, que conducen bien la corriente eléctrica, los de los elementos aislantes poseen entre cinco y siete electrones fuertemente ligados a su última órbita, lo que les impide cederlos.



Esa característica los convierte en malos conductores de la electricidad. En los materiales aislantes, la banda de conducción se encuentra prácticamente vacía de portadores de cargas eléctricas o electrones, mientras que la banda de valencia está completamente llena de estos. La energía propia de los electrones de valencia equivale a unos 0,03 eV aproximadamente, cifra que se halla muy por debajo de los 6 a 10 eV de energía de salto de banda (E_g) que requerirían los electrones para atravesar el ancho de la banda prohibida en los materiales aislantes.

Por último, están aquellos materiales en los que la separación entre ambas bandas no es demasiado grande. Este es el caso de los semiconductores. En el caso de los semiconductores intrínsecos, como se puede observar en la ilustración, el espacio correspondiente a la banda prohibida es mucho más estrecho en comparación con los materiales aislantes. La energía de salto de banda (E_g) requerida por los electrones para saltar de la banda de valencia a la de conducción es de 1 eV aproximadamente. En los semiconductores de silicio (Si), la energía de salto de banda requerida por los electrones es de 1,21 eV, mientras que en los de germanio (Ge) es de 0,785 eV.



Una vez comprendido el esquema, es importante resaltar que la clasificación que surge de un parámetro macroscópico como la conducción, puede vincularse a un modelo microscópico como el de las bandas y que la diferencia entre unos y otros es una cuestión de grado. Por otra parte, es necesario insistir en que las bandas no son posiciones o "lugares" espaciales, sino energéticas. Esto implica poner una vez más el foco sobre las limitaciones de los modelos, en particular de las representaciones icónicas. Sobre este tema los estudiantes pueden analizar los comportamientos de distintos elementos de la Tabla periódica, incluso puede mencionarse el hecho de que los materiales a los que se denomina metales (ya sean puros o aleaciones) son solo un pequeño grupo de las sustancias que presentan unión metálica. En general, los metales que se usan diariamente no están en los grupos I ni II de la Tabla periódica, sino que son, más bien, elementos de transición.

Por último, debe quedar claro que si se aplica un campo eléctrico fuerte a cualquier dieléctrico, los electrones de valencia pueden pasar a la banda de conducción. A ese campo, más específicamente a la diferencia de potencial a partir de la cual un aislante se transforma en conductor, se la conoce como *potencial de ruptura*. A efectos comparativos puede ser más útil el valor de la *rigidez dieléctrica* del material, que es la intensidad de campo eléctrico para la cual el dieléctrico pasa a comportarse como conductor. Por ejemplo, la rigidez dieléctrica del papel es del orden de 40 MV/m (40.000.000 V/m), el de la mica varía entre 10 y 70 MV/m, la del aire húmedo es de 1 MV/m y la rigidez dieléctrica del aire seco alcanza los 3MV/m.

Dentro de las aplicaciones tecnológicas de los fenómenos de electricidad estática (o cuasi estática) están los *capacitores*, que se presentarán como elementos pasivos dentro de circuitos creados para la acumulación de energía electrostática. Al analizar el fenómeno electrostático

es fácil ver que no pueden "guardar" grandes cantidades de carga eléctrica porque los campos eléctricos generan descargas por efecto de puntas.

En este Núcleo se analizarán los capacitores y sus arreglos en serie y paralelo, y se podrán calcular las energías acumuladas en casos sencillos, dando especial énfasis al análisis cualitativo de los distintos arreglos, o bien a la interpretación de los resultados. Al igual que en otros temas existe una diversidad de ejercicios tipo que permiten una gran variedad de cálculos. Pero es importante tener en cuenta que la ejercitación sobreabundante produce más mecanización del proceso de cálculo que aprendizaje conceptual; por esta razón, se recomienda mantener un equilibrio imprescindible entre actividades de ejercitación numérica y otro tipo de actividades que impliquen, por ejemplo, la lectura o producción de textos escolares sobre el tema.

Las fuerzas magnéticas

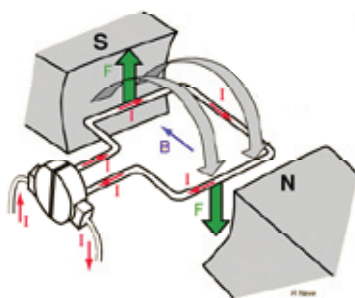
El campo magnético. Fuerzas sobre imanes y sobre corrientes. El campo terrestre. Variaciones seculares. Magnetosfera y protección terrestre. Ley de Biot y Savart. Cálculo de algunos campos y fuerzas sencillos.

Ya en el 2º año se inició el estudio de los fenómenos magnéticos y se introdujo la noción de campo como mediador de interacciones magnéticas. Este año se continuará con el estudio de los fenómenos magnéticos y su vinculación con los eléctricos. En particular, en este Núcleo se trabajará sobre la interacción entre campos magnéticos y objetos magnetizados y entre campos y corrientes.

El tema se desarrollará a partir de algunas experiencias sencillas en las que se hará especial hincapié en tratar de dilucidar la forma en que los imanes actúan sobre imanes y sobre corrientes. La diferencia esencial que se pretende mostrar es que las agujas imantadas, las brújulas o las limaduras de hierro se alinean con el campo magnético mientras que las corrientes sufren una fuerza que es proporcional a la corriente y al campo, pero que es perpendicular a ambos. Esto da origen a la noción de líneas de campo que ya fueron tratadas al hablar del campo eléctrico, pero sobre las cuáles es necesario volver para mostrar su carácter de construcción teórica.

Al tratar sobre las fuerzas magnéticas y eléctricas se hará hincapié sobre el carácter de magnitud orientada, definida a partir de módulo, dirección y sentido aunque no resulta imprescindible introducir el cálculo con vectores. El docente podrá optar por incluir el uso de vectores siempre que esto sea un elemento que simplifique la comprensión. Aunque se hayan mencionado los vectores, no es necesario introducir la noción de producto vectorial para el cálculo de la fuerza sobre las corrientes, ya que sería suficiente utilizar la regla de la mano derecha, para encontrar la dirección y sentido, y utilizar la fórmula para hallar el módulo a los fines del cálculo.

A partir de estos cálculos puede determinarse la fuerza sobre una espira (cuadrada, por ejemplo) a partir de las fuerzas sobre sus lados y, una vez introducida esta fuerza, puede hacerse la experiencia o bien el esquema de las fuerzas que sufre una espira cuadrada dentro del campo de un imán, lo cual permite introducir la temática de los motores eléctricos, que se desarrollará en otro eje.



Los campos se expresarán en Tesla (T), y se explicará el valor del campo magnético terrestre para dar una idea de su magnitud. Con una conocida experiencia puede medirse, aunque sea con un error considerable, el campo magnético terrestre en el lugar, usando una brújula y un bobinado.

El campo terrestre se volverá a estudiar, esta vez a partir de experiencias que permitan determinar su valor o bien de investigaciones en las cuales se profundicen los conocimientos con la inclusión de temas como declinación magnética y su significado, hipótesis acerca del campo terrestre y sus variaciones en una recta histórica de "hallazgos" vinculados con el magnetismo terrestre o el magnetismo en general.

Es importante remarcar que la idea de la Tierra como un gran imán para explicar la declinación (ya observada por Cristóbal Colón) fue propuesta por Gilbert en 1600, la idea de campo fue introducida por Faraday y recién fue medido por Gauss casi 200 años después.⁵

Otro de los fenómenos necesarios en el estudio del magnetismo es la producción de campo magnético por corrientes eléctricas. Esto ya se ha señalado en 2º año y remite a que el enrollamiento de un cable que conduce la corriente alrededor de un clavo o una barra de algún material ferromagnético es capaz de atraer objetos metálicos, es decir, que se comporta como un imán.

Al abordar este tema, ahora en 5º año, se profundizarán estas ideas introduciendo la Ley de Biot y Savart para el cálculo de campos magnéticos producidos por corrientes. Este tratamiento, si bien utilizará ecuaciones matemáticas para poder calcular algunos campos magnéticos y su dependencia con la posición, no pretende ser exhaustivo, sino más bien ilustrativo. Se trata de retomar un fenómeno conocido, para cuantificarlo y dar cuenta de las interacciones entre campos eléctricos y magnéticos. Por ello, se restringirá al cálculo de campo generado por conductores rectilíneos o bien campo en el interior de solenoides (por el interés que presentan debido a su uniformidad). Las expresiones matemáticas no son difíciles y, una vez más se trata de que los estudiantes describan y cuantifiquen un fenómeno ya conocido. Si se dispone de una brújula y un cable por el que circula una corriente que se pueda variar (por ejemplo variando la diferencia de potencial sobre sus extremos), es posible analizar las distintas magnitudes que permiten describir la interacción entre la brújula (dipolo magnético) y la corriente de la siguiente manera:

⁵ Esto refuerza la importancia de la inclusión de temas históricos dentro de la enseñanza de las ciencias porque permite mostrar cómo en las distintas comunidades de prácticas, en particular la científica, se suele comenzar por dotar de nuevos significados a términos coloquiales –en este caso campo o magnetismo terrestre–, luego se va consolidando una noción y, finalmente, se puede pensar cómo "medir" dicha propiedad.

- al variar la posición de la brújula, sin variar su distancia, es posible analizar *la dirección* y *el sentido* de la fuerza que hace el campo del conductor sobre la aguja (aunque hay que tener en cuenta que la aguja también está sometida al campo terrestre y que harían falta instrumentos más sofisticados para medir sólo el campo de la corriente);
- al variar la distancia de la brújula a la corriente es posible ver que el efecto se disminuye con el aumento de la distancia;
- por último, al variar la intensidad de la corriente es posible ver que, manteniendo las otras variables, el efecto de desviación crece con la corriente.

Es preciso que se realicen este tipo de prácticas, aunque sean de carácter cualitativo, y que no solo se las relate, porque el armado experimental y la discusión de los resultados son una parte esencial del trabajo sobre estos fenómenos, ya que no es habitual observar las desviaciones de una brújula en las cercanías de una corriente. El trabajo experimental sobre el control de variables y la elaboración de informes, orales o escritos, es tan importante como la formalización de las leyes para su cálculo.

Una vez establecida la dependencia de la fuerza magnética respecto de la corriente y la distancia, no será posible "deducir" la ley de Biot Savart, pero bastará con introducir su expresión y mostrar que se adapta a las observaciones realizadas.

Los materiales frente el magnetismo

Diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo (anti-ferromagnetismo). Modelo microscópico de cada uno. Ejemplos. Imanes permanentes y temporales. Los imanes en la vida cotidiana. Comparación entre valores de las fuerzas provocadas por diferentes imanes.

Ya se ha visto en 2º año que las corrientes eléctricas crean campo magnético. Además, existen materiales naturales o sintéticos que crean campo magnético como los imanes. Los campos creados por los materiales magnéticos surgen de dos fuentes atómicas: los momentos angulares orbitales y de espín de los electrones, que al estar en movimiento continuo en el material experimentan fuerzas ante un campo magnético aplicado.

Este año solo se estudiarán los modelos sencillos que dan cuenta del diamagnetismo y del ferromagnetismo, ya que los modelos de paramagnetismo resultan de un nivel demasiado elevado para la Educación Secundaria.

Se puede afirmar que en general los materiales magnéticos se caracterizan por su permeabilidad, la relación entre el campo de inducción magnética (el campo externo) y el campo magnético dentro del material. Una posible aproximación a estas nociones sería:

- diamagnetismo: esta propiedad magnética consiste en que parte de los pequeños campos magnéticos inducidos por el movimiento de rotación de los electrones del propio material, en presencia de un campo magnético externo, se orientan de forma opuesta a este;
- paramagnetismo: esta propiedad magnética consiste en que parte de los pequeños campos magnéticos inducidos por el movimiento de rotación de los electrones del propio material, en presencia de un campo magnético externo, se alinean en la misma dirección que este;
- ferromagnetismo: en los materiales ferromagnéticos, las fuerzas entre los átomos próximos hace que se creen pequeñas regiones, llamadas dominios, en las que el campo magnético originado por el movimiento de rotación de los electrones está alineado en la misma

dirección. En ausencia de campo magnético externo, los dominios están orientados al azar, pero al aplicar un campo magnético externo, estos dominios se alinean en la dirección del campo aplicado, haciendo que este se intensifique en el interior del material de forma considerable.

Los usos de los imanes en la vida diaria son muy variados y los estudiantes deben aprender como describir esos usos en lenguaje coloquial aplicando, además, términos como campo, intensidad, atracción, imanes inducidos y otros.

Al completar los contenidos de este Eje los estudiantes deberían:

- caracterizar y diferenciar campos eléctricos y magnéticos tanto en forma coloquial como conceptual;
- describir distintos fenómenos eléctricos y magnéticos en términos de los campos presentes utilizando el lenguaje coloquial e incorporando paulatinamente términos científicos;
- interpretar los comportamientos de distintos materiales frente a la electricidad y al magnetismo en términos macroscópicos y microscópicos;
- conocer algunas aplicaciones tecnológicas de campos eléctricos en artefactos cotidianos;
- reconocer y utilizar correctamente las unidades de energía eléctrica en cada uno de los diferentes niveles;
- conocer y reconocer fuentes de campos eléctricos y magnéticos;
- explicar las interacciones entre campos magnéticos y corrientes eléctricas y poder calcular los valores cuantitativos de las mismas.

Eje. Corrientes y efectos

La corriente eléctrica es un fenómeno tan cotidiano que su inclusión dentro de un Diseño Curricular de Física casi no necesita fundamentación. Los ejemplos abundan, desde las grandes corrientes que constituyen los relámpagos hasta las diminutas corrientes nerviosas que regulan la actividad muscular. Desde el sentido común es muy frecuente mencionar el tema de la corriente y sus consecuencias, aunque no es tan frecuente su explicación en términos de cargas que fluyen por los conductores sólidos (en el alambrado doméstico o en un foco eléctrico), por los semiconductores (en los circuitos integrados), por los gases (en las lámparas fluorescentes), por ciertos líquidos (en las baterías de los automóviles), e incluso por espacios al vacío (los tubos de imagen del televisor).

Es importante que a medida que se avanza en la introducción de conceptos propios de la corriente eléctrica, como *resistencia*, *potencial* y demás, siempre estén presentes estas situaciones cotidianas, que son las que dan origen al estudio de estos conceptos. Por ejemplo, al hablar de circuitos es posible generar una gran variedad de ejercicios realizados con lápiz y papel destinados exclusivamente a la operatoria sobre el cálculo de valores de resistencias y corrientes para circuitos en serie y paralelo. Estas ejercitaciones deben tener un significado y no constituirse en álgebras vacías. Al igual que en todos los ejes se hace hincapié en que los conceptos y ecuaciones que se presenten deben ser analizados a partir de la solución que dan a un problema, o a la profundización de una respuesta, evitando las definiciones formales y los conceptos vacíos.

Conducción en sólidos y líquidos

El fenómeno de conducción. Conducción electrónica y conducción iónica. Corriente eléctrica. Ley de Ohm. Dependencia de la resistencia con la temperatura.

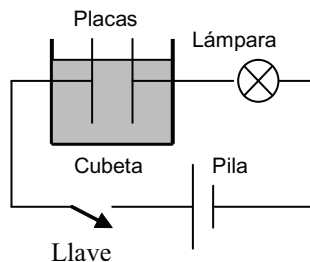
En este Núcleo se busca la aproximación del estudiante a la comprensión de ciertos fenómenos que ocurren a nivel microscópico, pero que bajo condiciones adecuadas se manifiestan a escala macroscópica. Nuevamente, como en el Eje sobre campos, aparece la distinción entre descripción de fenómenos macroscópicos y su explicación mediante modelos microscópicos. La idea central es la *conducción*.

Se trata de analizar el movimiento (transporte) de cargas eléctricas y la resistencia que los materiales ofrecen al mismo. Para ello es útil recordar que el tipo de cargas que pueden transportarse en diferentes materiales depende fundamentalmente del estado de agregación de la sustancia (puede tratarse esencialmente de iones o electrones). Aunque es interesante y de importancia en varias ramas de la Física, no se analizarán situaciones como la conducción en gases y plasmas.

Se eligen los casos de conducción en sólidos y líquidos porque, por un lado, la situación se presenta más sencilla y concreta, y por otro, está vinculada a fenómenos más cercanos a los estudiantes. De hecho pueden realizarse algunas experiencias que guíen la discusión acerca de cuáles son las condiciones necesarias para transportar cargas eléctricas en diferentes medios. En el caso de los sólidos, el estudiante, en general, conoce algunos ejemplos de buenos y malos conductores de la corriente eléctrica; no obstante, podría resultar interesante volver sobre esta clasificación para establecer cuándo se dice que "algo es buen o mal conductor de la corriente". En este Núcleo se profundizará sobre las razones microscópicas que dan a ciertos materiales la facilidad para conducir cargas eléctricas mejor que otros.

El docente puede guiar la discusión acerca de la conductividad a partir de una experiencia sencilla: en una cubeta con agua destilada se introducen dos placas que habrán de cerrar el circuito entre la pila y la lámpara si el líquido es conductor (puede usarse algún otro instrumento para cuantificar la corriente en caso de disponerse).

Con agua destilada la lámpara no se enciende. Se disuelve azúcar y luego sal de mesa y se anota. Con el azúcar disuelto tampoco hay conducción porque la solución no es *electrolítica*. Una solución es electrolítica cuando el soluto se disuelve en el solvente formando iones.⁶



En el caso específico de los conductores sólidos puede establecerse la ley fundamental de la corriente eléctrica, la ley de Ohm. Si bien ya se ha discutido en relación con diversos temas en 3º y 4º año, no está de más recordar aquí su expresión; no su deducción, pero sí la relación definida y directa que existe entre la diferencia de potencial y la intensidad de la corriente.

⁶ Para esta actividad los estudiantes pueden proponer distintos tipos de disoluciones que sean conductoras, e incluso variarles la temperatura. Aún cuando no sea un tema específico contar la cantidad de electricidad que circula, sino compararla (por el brillo relativo de la lámpara), es fácil ver que el brillo de la lámpara varía con la variación de la temperatura de la solución.

Con todo, a partir de la observación de que en las soluciones electrolíticas la intensidad de la corriente varía con la temperatura, es posible pensar que en los sólidos la resistencia también debe variar con la temperatura; por ejemplo, puede investigarse qué efecto provoca la elevación de la temperatura en una solución.

Circuitos eléctricos

Pilas y generadores de diferencia de potencial. Circuitos elementales. Circuitos serie y paralelo. Conservación de la energía y conservación de la carga. Leyes de Kirchoff. Circuitos domiciliarios. Generación y transmisión de energía eléctrica: corriente continua y alterna.

El conjunto de los tópicos desarrollados en este Núcleo refiere a modelos sencillos, numéricamente tratables y potencialmente evaluables, que no importan el conocimiento de la estructura íntima de la materia y, fundamentalmente, que le permiten al estudiante formarse una idea concreta de los órdenes de magnitud de potenciales de ruptura, intensidad de corriente eléctrica y diferencia de potencial que se manejan en diferentes aplicaciones cotidianas.

En el 4º año se trató el aspecto energético de la corriente eléctrica. En este Núcleo se presta más atención a la conceptualización de lo que "representa" un circuito eléctrico. Este es un buen punto para reiniciar la discusión tanto acerca de las representaciones en papel de situaciones físicas,⁷ como el análisis del rol que cumplen los diversos dispositivos de un circuito sencillo. Se puede empezar con el rol que cumple una pila en un circuito eléctrico. En este sentido, no será necesaria mucha explicación para comprender que si retira la pila de su aparato portátil reproductor de música, por ejemplo, el aparato no funciona.

Una parte muy importante de este Núcleo es familiarizar al estudiante con un componente electrónico pasivo (se denomina así porque no realiza trabajo) que forma parte de cualquier circuito de todos los aparatos electrónicos: el resistor, un elemento diseñado para aumentar la resistencia propia de un circuito en el sentido de limitador del paso de una corriente eléctrica y, en consecuencia, disipador de energía en forma de calor.

Es importante introducir al estudiante en el cálculo de resistencias equivalentes en serie, en paralelo y en asociaciones combinadas, pero fundamentalmente que comprenda el concepto de divisor de tensión (típico de resistencias en serie) y un divisor de corriente (típico de resistencias en paralelo).

La resolución de ejercicios numéricos sencillos se acompañará de los cálculos de potencia, para mostrar que cualquiera sea el arreglo, la potencia entregada por la pila es siempre igual a la suma de las potencias disipadas en las resistencias por efecto Joule. Y que la suma de las corrientes en cada resistencia en un circuito paralelo es la misma en la entrada y la salida del arreglo.

En este sentido, no es tan importante el cálculo de la potencia o de la corriente como lo es la corroboración de que hay dos cantidades fundamentales que se conservan: la carga y la energía. Estos dos teoremas de conservación son esenciales para construir cualquier futuro andamiaje teórico, toda vez que sintetizan los vínculos que se imponen en el estudio de circuitos de complejidad arbitraria. Vistos de manera sistematizada, estos principios de conservación se conocen

⁷ Ver en Orientaciones didácticas el apartado Conocer y utilizar modelos en Física.

como las dos leyes de Kirchhoff, aunque no está de más que el docente pueda eventualmente discutir que en realidad se trata de las leyes de conservación de la carga y la energía.

Completar el esquema de la red de una casa es ahora un objetivo plausible. A partir de las potencias indicadas en cada aparato electrodoméstico y sabiendo que funciona con 220V es posible calcular los consumos de corriente de cada dispositivo. Y eventualmente calcular cuál es el valor de corriente máximo que puede permitirse. Luego, la discusión puede orientarse al funcionamiento de los elementos de protección eléctrica domiciliaria, las llaves térmicas y los disyuntores diferenciales.

Es recomendable que el estudiante investigue acerca las formas de transmisión de la corriente eléctrica que se han discutido históricamente: continua o alterna y analizar, incluso desde el marco histórico, la competencia entre los dos gigantes monopólicos del transporte de corriente, *General Electric* y *Westinghouse*.

Efectos de la corriente eléctrica

Termocuplas. Efectos magnéticos. Electroimanes. Parlantes. Protección y seguridad eléctrica: cable a tierra, llaves térmicas, termomagnéticas, disyuntores diferenciales.

En este Núcleo se propone introducir algunas aplicaciones industriales y tecnológicas de los fenómenos discutidos en los ejes y núcleos anteriores, fundamentalmente desde una perspectiva de actualización y de investigación áulica. En particular, el docente podrá hacer referencia a la variación de la resistencia con la temperatura.

Un buen trabajo de investigación que puede proponerse a los estudiantes es acerca del funcionamiento de la termocupla. No en particular las de las estufas a gas, cuyo funcionamiento se basa en la dilatación de un par y no en un fenómeno eléctrico, sino en aquellas que, al calentarse, generan una pequeña diferencia de potencial que puede calibrarse y usarse como termómetro.

Otro dispositivo presente en la vida cotidiana es el electroimán (ya mencionado en 2º año). Se trata de un imán inducido en un metal ferroso (núcleo) por la circulación de una corriente eléctrica por un cable enrollado (bobinado) sobre él. La sencillez de su diseño elemental permite planificar trabajos prácticos muy sencillos para fabricarlos en clase, porque alcanza con una pila, un clavo grueso y un poco de alambre. A partir de un electroimán es muy fácil imaginar formas de aplicación, incluso investigar de cuántas maneras los electroimanes participan en las actividades diarias: la llave térmica (o termomagnética) es otro buen ejemplo de aplicación de fenómenos electromagnéticos, porque trabaja en función del consumo de corriente; el disyuntor diferencial, que se basa en el sentido permanente de las corrientes de consumo que entran y salen y *la puesta a tierra*.

Al completar los contenidos de este Eje los estudiantes deberían:

- conceptualizar el fenómeno de conducción y caracterizar los diferentes mecanismos que intervienen a nivel atómico-molecular;
- reconocer las diferencias que existen a nivel macroscópico entre las diferentes formas de conducción;
- comprender la relevancia de la exigencia de continuidad en un flujo de cargas para asociarlo a una corriente eléctrica;
- identificar las escalas de corriente eléctrica en diferentes aparatos y electrodomésticos;
- formalizar el fenómeno de resistencia eléctrica y su dependencia de la temperatura;

- identificar los procesos internos de una pila, al menos aquellos que permiten la transformación de energía química en energía eléctrica;
- distinguir asociaciones de resistencias en serie y paralelo y poder calcular la resistencia equivalente de un circuito elemental;
- comprender las hipótesis centrales de conservación de la carga y energía al recorrer un circuito;
- estar capacitado para volcar los conocimientos circuitales a la esquematización de una red eléctrica domiciliaria;
- aplicar los conceptos discutidos para comprender el funcionamiento de dispositivos sencillos de uso cotidiano.

Eje. Fenómenos electromagnéticos

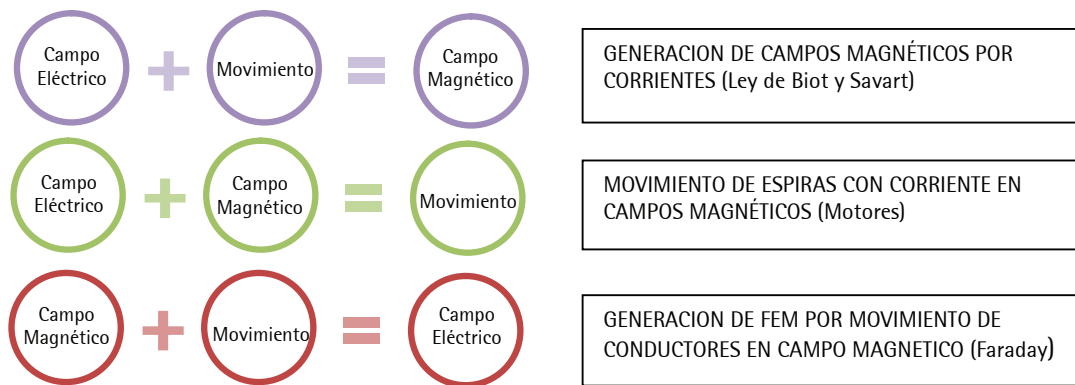
Interacciones electromagnéticas: inducción, motores y generadores

Ley de inducción de Faraday. Un campo de fuerzas magnéticas como generador de una corriente eléctrica. Aplicaciones cotidianas. Motores sencillos. Generadores de electricidad.

En este Núcleo se propone una visión integral de los fenómenos electromagnéticos a partir de un esquema sencillo: existen tres entidades, *electricidad* (campos eléctricos y cargas), *magnetismo* (dipolos y campos magnéticos) y *movimientos* (los efectos de las fuerzas); la presencia de dos de ellas da origen siempre a la tercera (ver esquema más abajo). La integración de estas tres entidades –dos de carácter teórico, los campos– y una observable (los movimientos o los efectos móviles), permitirá dar una unidad a los fenómenos electromagnéticos y no considerarlos como efectos aislados.

Ya se ha visto que las corrientes –los movimientos de cargas eléctricas por presencia de campos eléctricos– producen campos magnéticos, y que estos producen fuerzas sobre las corrientes generando movimientos. Resta entonces ver el fenómeno electromagnético por excelencia: *la inducción* que vincula una vez más los tres aspectos esenciales para la integración de los conceptos: electricidad, magnetismo y movimiento.

La inducción es un fenómeno sencillo de relatar, aunque difícil de formalizar por la variedad y abstracción de los objetos que implica. Es necesario introducir la idea de flujo magnético, variación del flujo y fuerza electromotriz, para integrarlas en la ley de Faraday, que científicamente implica un salto formidable pero que está muy lejos de la comprensión de los estudiantes. Recorrer este camino, sólo por el hecho de operar sobre la formalización, implicaría ir en contra del enfoque de alfabetización científica y de formación integral de los estudiantes. Lo fundamental es que el estudiante conozca que los campos eléctricos y magnéticos se entrelazan para producir fenómenos naturales y objetos tecnológicos como motores y generadores, y pueda describirlos incorporando nuevos conceptos y realizando algunos cálculos sencillos.



Se propone entonces hacer una introducción experimental o histórica a los fenómenos de inducción mediante experiencias como las de inducción en dos bobinas, que pueden explicarse sencillamente y someterse a debate para ser analizadas por los estudiantes. Luego, pueden introducirse algunas expresiones para calcular diferencias de potencial o fuerzas electromotrices en casos sencillos como:

- la fuerza electromotriz de movimiento de una barra que atraviesa líneas de campo $\varepsilon = Blv$;
- la fuerza electromotriz de un disco que gira cortando líneas de campo magnético (dinamo de Faraday);
- la fuerza electromotriz de una espira que gira a velocidad constante en un campo.

En este último caso es importante enfatizar el hecho experimental de que la bobina girando puede ser reemplazada por una espira fija y un campo que no sea constante; y que esos dos casos son equivalentes. Puede incluso mencionarse que si una espira por la que no circula corriente se mantiene fija frente a un conductor no circulará corriente en ella, pero si se la aleja o se varía la corriente en el conductor, entonces podrá detectarse una corriente en la espira debido al fenómeno de inducción. Esto será útil a la hora de estudiar las ondas electromagnéticas.

A partir de este tema resulta importante indagar acerca de las formas de producción de energía eléctrica en centrales de diverso tipo, estudiadas y analizadas en cuanto a su potencia e impacto ambiental. Asimismo, resaltar que todas las centrales utilizan algún tipo de energía (hidráulica, térmica, eólica) para hacer mover espiras en forma de grandes bobinados en un campo magnético, y con ello generan una fuerza electromotriz variable como la descripta más arriba.

Campos y ondas electromagnéticas

El campo electromagnético. Aplicaciones de los fenómenos electromagnéticos en la vida cotidiana. Maxwell y Hertz. Ondas electromagnéticas y ondas mecánicas: diferencias y similitudes. La luz como onda. Diferentes tipos de ondas electromagnéticas. El espectro electromagnético. Usos y aplicaciones de ondas electromagnéticas.

Al analizar la inducción se destacó la idea de que las variaciones de campo (en realidad de flujo) en una región del espacio (por ejemplo, en un cable por el que circula corriente alterna) producen circulación de corriente en otra región. Eso significa que de alguna manera se transfiere energía de un dispositivo a otro, sin que haya contacto material entre ellos. Sin embargo, no es posible en este nivel demostrar que esta energía se trasmite en forma de ondas. El docente señalará que esto ha sido probado teóricamente por Maxwell y experimentalmente por Hertz por primera vez, pero que está fuera de las posibilidades de este curso demostrar este hecho.

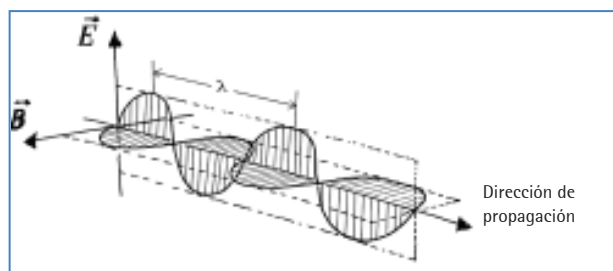
Pueden analizarse diversos dispositivos entre los cuales se intercambia energía electromagnética sin transporte de materia, como por ejemplo hornos a microondas, radios, teléfonos celulares, controles remoto. Una actividad inicial y necesaria consiste en identificar estos artefactos y analizar de qué manera se transmite la energía electromagnética entre ellos, y averiguar las bases de su funcionamiento a partir de las nociones de campos e inducción. Es importante que los estudiantes propongan situaciones en la que suelen observarse efectos como los señalados aquí.⁸

Sería adecuado que los estudiantes realicen una investigación bibliográfica acerca de James Clerk Maxwell (1831-1879) y Heinrich Hertz (1857-1894) y sus aportes al tema. Puede mencionarse en este sentido que en los primeros años posteriores al descubrimiento de Hertz muchos físicos se dedicaron a la búsqueda del medio materia sobre el cual se propagaban estas ondas, ya que no existía hasta entonces evidencia de ondas que no transportaran materia. Hoy se sabe que estas ondas se propagan en el vacío y lo hacen con una velocidad única de 300.000 km/s, la velocidad de la luz, máxima en el Universo. Puede incluso mencionarse, vinculado al tema de óptica, que en otros medios, como el agua o el vidrio, la velocidad con que se propaga la energía electromagnética es inferior y también, que un mismo medio, por ejemplo la madera, puede resultar opaco para la luz visible y transparente para las ondas radiales.

Aquí se hace necesario una vez más volver sobre el tema de las ondas y sus características. Este tema ya ha sido abordado tanto en 3º como en 4º año. En este 5º año se profundiza sobre algunas cuestiones que completan el tratamiento de la temática de las ondas electromagnéticas. Las características principales de estas ondas, que deben surgir del debate con los estudiantes son:

- transportan energía: por ejemplo, parte de la energía del conductor con corriente alterna produce efectos externos, lo que puede ponerse de manifiesto ya sea por la corriente que circula, o colocando una pequeña brújula y observando que pasa del reposo al movimiento y por lo tanto adquiere energía cinética;
- posee una longitud de onda (λ) y una frecuencia (f). Recordar que entre estas magnitudes se cumple la relación $c = \lambda f$, en que c es la velocidad de la luz;
- según su frecuencia, las detectamos de distinta manera. Las ondas electromagnéticas se manifiestan en nuestras vidas a veces como ondas de radio, otras como luz, rayos X, rayos ultravioleta, etcétera. La luz que nos llega del Sol, de planetas o de lejanas estrellas y galaxias, a través del vacío del espacio ha permitido conocer algunos aspectos del Universo. También, de esos astros nos llegan ondas de radio, lo que ha permitido que se desarrolle la radioastronomía, la astronomía de rayos X, de microondas, etcétera. Así, se desarrollaron otras técnicas de observación astronómica que en las últimas décadas incrementaron significativamente el conocimiento que se posee del cosmos.
- en ellas, mientras el campo eléctrico vibra en una dirección, el magnético lo hace en la dirección perpendicular. La figura que sigue a continuación ilustra las curvas sinusoidales, semejantes a ondas en una cuerda, que caracterizan los vectores campo eléctrico y magnético de una onda electromagnética que se propaga por el espacio.

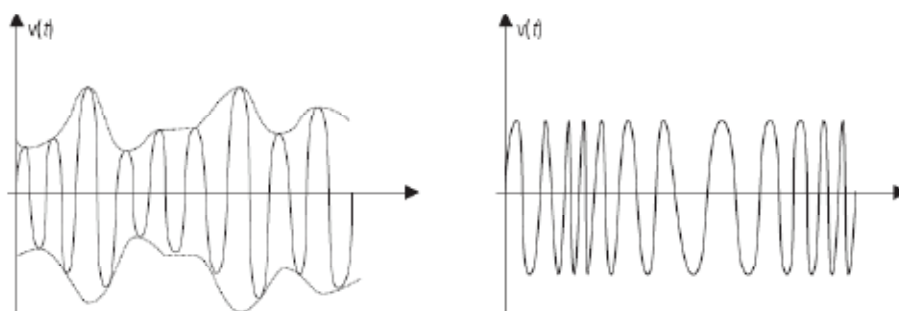
⁸ Si se dispone de una bobina de alta tensión, por ejemplo de una clásica bobina de Ruhmkorff, común en algunos viejos laboratorios de física, y de un chispero, su utilización puede producir espectaculares efectos en una radio o televisor a pilas que se encuentre en las proximidades. También, con una bobina de automóvil y una batería de 12 volts pueden obtenerse efectos similares. Cabe aclarar que por los peligros que implica su uso, el manejo de estas bobinas de inducción debe estar siempre coordinado por el docente.



Si bien se trata de una mera enumeración, estas afirmaciones deben quedar respaldadas por argumentos de plausibilidad dadas por el docente o investigados por los estudiantes.

Los estudiantes pueden hacer una investigación sobre los usos prácticos de las ondas electromagnéticas pertenecientes a las diferentes zonas del espectro y de los instrumentos que las generan. Desde luego, está todo lo que ocurre en la región visible del espectro, pero además es de gran importancia el uso de los rayos X en medicina y en la industria. En el otro lado del espectro nos encontramos con las microondas que, además de agitar las moléculas de agua de los alimentos en el horno de microondas, se emplean en el tratamiento de la artrosis, osteoporosis, artritis mediante la aplicación simultánea de microondas terapéuticas. También, es interesante investigar los usos prácticos de las radiaciones infrarrojas y las ultravioletas.

Sin embargo, las ondas electromagnéticas no siempre transmiten información; para poder enviar un mensaje es necesario "alterar" la onda, modularla. Pueden tratarse cualitativamente los significados de ondas de radio AM y FM y las características de dichas emisiones (frecuencia, alcance, potencia).



Sería interesante que los estudiantes puedan hacer una visita a una estación de radio local, para conversar y hacer una entrevista al encargado de las cuestiones técnicas de la emisora. Al completar los contenidos de este Eje los estudiantes deberían:

- conceptualizar el fenómeno de inducción electromagnética y explicar el funcionamiento de distintos artefactos en los que se utiliza;
- reconocer los intercambios de energía que ocurren entre campos eléctricos y magnéticos en los motores eléctricos;
- comprender la relevancia de la inducción para la existencia de generación de corriente eléctrica a partir de energía mecánica;
- describir la propagación de energía electromagnética a partir de la noción de campo electromagnético;

- conocer los parámetros que caracterizan a una onda, en particular a las ondas electromagnéticas y poder identificarlas por sus frecuencia o longitudes de onda;
- aplicar los conceptos para comprender el funcionamiento de dispositivos sencillos de uso cotidiano, ya sea vinculados a la comunicación o de uso medicinal.

Eje. La propagación de la luz

La óptica geométrica

Las leyes de la óptica: leyes fundamentales de la óptica geométrica. Lentes y espejos. Marcha de los rayos. El sistema óptico del ojo. Anteojos. Telescopios. Microscopios.

En este Núcleo se propone avanzar sobre la formalización práctica del conocimiento adquirido en el campo de la óptica. Desde una perspectiva histórica, los conocimientos de óptica geométrica aplicada son muy anteriores al desarrollo de la teoría del electromagnetismo. Para expresarlo con un ejemplo concreto, el telescopio se inventó doscientos años antes que se postulara que la luz es una perturbación electromagnética.

La ley más conocida desde la antigüedad es la Ley de Reflexión. Esta ley aparece implícitamente incluso en la historia de los "espejos ardientes" de Arquímedes, hace ya 2.200 años, y más allá de que refiera más a una leyenda que a una historia real, el hecho concreto es que para esa época se conocían los espejos y las leyes prácticas para su diseño.

Otra de las leyes fundamentales de la óptica geométrica es la ley de Snell, que data de principios del siglo XVII. No obstante, esta ley aparece en escritos árabes sobre lentes trescientos años antes. La ley de Snell permite calcular el ángulo de desviación de un rayo de luz cuando cambia de medio óptico (por ejemplo, al atravesar la superficie que separa aire de agua). Más allá del valor del ángulo de desviación, fácilmente calculable en función de parámetros conocidos de los medios ópticos (su densidad óptica o índice de refracción), es posible detenerse en la historia y en las consecuencias de esta ley.

En la discusión en el aula, será importante destacar que el índice de refracción de un medio es una medida de la velocidad de la luz en ese medio. De manera tal que cuando un rayo de luz atraviesa la superficie de separación entre dos medios ópticos, cambia su velocidad. Debe mostrarse, además, que si el medio por el que incide a la superficie de separación tiene un índice de refracción menor que el medio por el que se transmite, entonces el rayo transmitido "se acerca" a la línea perpendicular a la superficie de separación de los medios. En términos más sencillos, medidos respecto a una línea perpendicular a la superficie de separación, el ángulo de incidencia es mayor que el de transmisión o refracción.

En particular, con las leyes de Reflexión y de Snell es posible enfrentar el análisis de sistemas ópticos sencillos como las lentes (convergentes y divergentes) y analizar también la forma y el tamaño relativo de las imágenes formadas. Una tarea esclarecedora en tal sentido es tomar diferentes objetos que puedan considerarse lentes (anteojos, lupas, gotas de agua, etcétera) y medirles la distancia focal.

Es también posible y necesario avanzar con sistemas ópticos compuestos como el ojo humano, telescopios, microscopios. En este marco, el docente puede plantear el análisis del sistema óptico formado por anteojos y ojos, para analizar la manera en que se corrigen diferentes defectos en la captación y/o formación de la imagen por parte de los individuos.

Asimismo, se pueden investigar las observaciones en distintas zonas del espectro. Por ejemplo, si bien el principio óptico del ojo y el telescopio es el mismo, entre un aparato y otro existen diferencias que no sólo tienen que ver con la escala de construcción. Posiblemente, la más notable sea la iluminación.⁹ Cualquier otro tipo de radiación es absorbida por la atmósfera terrestre, de manera tal que, por ejemplo, un telescopio que capte información en la banda del ultravioleta debe ser colocado por encima de la atmósfera planetaria. Sin embargo, vale la pena recordar que el telescopio más famoso que se halla orbitando el planeta, el Hubble, es un telescopio óptico. Una de las más grandes ventajas de los radiotelescopios, que no proveen imágenes como si fueran fotos, sino más bien parecidas a las "imágenes" de calor, es que requieren de una tecnología sencilla y accesible económicamente para cualquier sociedad.

Guías de onda y fibra óptica

Guías de onda de materiales dieléctricos y conductores. Modos de propagación. Aplicaciones. Fibras ópticas. Guías y fibras en la vida cotidiana. Aplicaciones en comunicaciones. Aplicaciones medicinales.

Este Núcleo tiende a esclarecer las formas de funcionamiento de las guías de onda y las fibras ópticas. No está de más recordar, quizás como manera de iniciar la discusión, que en la localidad bonaerense de Las Toninas puede verse una especie de central telefónica que en realidad es el centro de un anillo de banda ancha. Este centro presta servicios a todo el Partido de la Costa mediante dos subestaciones que reciben el cable submarino de fibra óptica que da conectividad a todo el país. Las Toninas es lo que se llama un *nodo*.

La base conceptual para la discusión de estos temas es otro de los caminos que permite explorar la ley de Snell, referida en el Núcleo anterior, y es la posibilidad de que el rayo incida desde un medio ópticamente más denso, es decir, con mayor índice de refracción que el del medio al que se transmite, de manera tal que el rayo transmitido se separa de la línea perpendicular a la superficie de separación de los medios. Parece evidente que en esta situación puede existir un ángulo de incidencia que haga que no exista rayo transmitido. Para este Núcleo se sugiere, como uno de los objetivos centrales, que los estudiantes armen una experiencia sencilla sumergiendo una linterna en agua, vayan cambiando el ángulo de incidencia del rayo de luz sobre la superficie de separación agua-aire y corroboren que, en efecto, existe un ángulo a partir del cual el rayo transmitido (que en este caso se vería en el aire) desaparece. Al ángulo a partir del cual el rayo transmitido desaparece se lo denomina *ángulo límite*.

Lo que se resalta en este Núcleo es que dados dos medios ópticos, si el haz de luz incide desde el medio más denso con un ángulo mayor que el ángulo límite, la luz siempre se reflejará en la superficie de separación entre ambos medios. De esta forma se puede guiar la luz de forma controlada. Este tipo de dispositivo es una *fibra óptica*.

Antes de esquematizar una fibra óptica es conveniente estimular al estudiante a que sugiera

⁹ No está de más mencionar que así como hay telescopios ópticos (llamados de este modo porque captan radiación en las bandas de frecuencia a las que son sensibles el ojo humano), con base en tierra. Existen también radiotelescopios que captan información en la región de las radioondas y son enormes antenas parabólicas, en la provincia de Buenos Aires, se hallan en el Instituto Argentino de Radioastronomía, en City Bell, y telescopios Cherenkov que capturan radiación de muy alta energía y están situados en la localidad de Malargüe, en Mendoza.

formas de construirla. ¿Cuáles son las ventajas de la fibra óptica respecto de los cables de telefonía convencionales? ¿Deben ser voluminosas o su nombre, "fibra", sugiere un espesor comparativamente pequeño? ¿Qué longitud puede alcanzar una fibra óptica? El estudiante puede investigar estas cuestiones antes de cerrar el tema.

El objetivo es que se puntualicen dos o tres aspectos centrales: los materiales con que se fabrican las fibras ópticas (generalmente son filamentos de vidrio o plástico), el espesor (entre 10 y 300 micrones, algo así como el espesor de un pelo) y la longitud que pueden alcanzar (la red de la que Las Toninas es un nodo que mide alrededor de 25.000 km).

Otro de los avances tecnológicos que introduce este Núcleo está referido a las guías de onda, estructuras que constan de un solo conductor. Los dos tipos usados más frecuentemente son los de sección rectangular y sección circular, aunque también hay elípticas y flexibles. El estudiante puede investigar, como en el caso de la fibra óptica, las ventajas y desventajas de estos dispositivos. La posibilidad de un análisis exhaustivo excede el marco propuesto por este Núcleo, pero vale la pena mencionar que el tamaño mínimo es directamente proporcional a la longitud de onda que se desea transmitir. En consecuencia, se propone que los estudiantes estimen las dimensiones características de una guía de onda para transmitir datos de televisión, radio FM, radio AM y radioaficionados, por ejemplo. Por otra parte, para las dimensiones características de una guía de onda, puede proponerse al estudiante que estime la frecuencia con la que se transmite la información. Una investigación estimulante puede ser anotar los diferentes campos tecnológicos y cotidianos que hacen uso de estos dispositivos. Y por supuesto resaltar las aplicaciones medicinales.

Al completar los contenidos de este Eje los estudiantes deberían:

- comprender el marco histórico del desarrollo de la óptica geométrica, y los avances a partir de las invenciones relacionadas con este campo;
- formalizar las leyes centrales de la óptica geométrica;
- conceptualizar la idea de que la luz es un fenómeno ondulatorio y que, como tal, sufre los mismos efectos que todas las ondas;
- interpretar correctamente la idea de índice de refracción y cambio de velocidad de la luz cuando cambia de medio;
- asociar los fenómenos de reflexión y refracción a distintos fenómenos cotidianos;
- reconocer la similitud en el diseño de telescopios y microscopios;
- distinguir las diferentes bandas en las que pueden usarse lo que en general se denominan telescopios;
- identificar los diferentes tipos de microscopios por la forma de explorar el objeto y asociar sus aplicaciones;
- asociar correctamente la idea de reflexión interna al desarrollo de guías de onda y fibras ópticas;
- analizar el avance tecnológico en diferentes campos vinculado al desarrollo de guías de onda y fibras ópticas.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

En esta sección se proponen orientaciones para el trabajo en el aula, a partir de los contenidos establecidos para este año. Las orientaciones toman en consideración dos aspectos. Por un lado, presentar como actividades de aula algunas de las prácticas que son específicas de esta 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 su significado y su 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. Estos pilares son:

- 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 y por lo tanto, desde la perspectiva de la ACI constituye un elemento central en la enseñanza de la ciencia escolar, lo que significa que debe ser explícitamente trabajada, dando tiempo y oportunidades variadas para operar con ella y sobre ella.

Como dice Lemke "[...] no nos comunicamos sólo 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".¹⁰ Comunicar ideas científicas no implica sólo manejar los términos específicos de las disciplinas sino poder 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

¹⁰ Lemke, Jay, *Aprender a hablar ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 1997.

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, o bien escriben oraciones largas con dificultades de coordinación y subordinación, o bien muy cortas sin justificar ninguna afirmación.

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 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 sostenido en este Diseño se acuerda con lo expresado por Sanmartí¹¹ cuando dice "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". Es decir, 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 las mismas 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, todo estudiante es capaz de aprender el lenguaje característico de las ciencias, si el mismo 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 un lugar importante a la discusión de las ideas en el aula y al uso de un lenguaje personal que combine los argumentos racionales y los retóricos, como 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, ya que presupone una revisión de la manera tradicional de plantear las clases de Física. Por lo general, las clases se inician exponiendo los conceptos de forma ya "etiquetada" mediante definiciones, para pasar luego a los ejemplos y por

¹¹ Sardà Jorge, Anna y Sanmartí Puig, Neus, "Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias", en *Enseñanza de las Ciencias*, 2000.

último a las ejercitaciones. Lo que aquí se propone, en cambio, es un recorrido que va desde el lenguaje descriptivo y coloquial de los estudiantes sobre 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.

Dentro de este enfoque serán actividades pertinentes el trabajo de a pares, el trabajo 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, como miembros de una comunidad específica –la del aula de Física– lleven adelante, de manera sostenida y sistemática, las siguientes acciones:

- leer y consultar diversas fuentes de información y contrastar las afirmaciones y los argumentos 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 y por lo tanto deben ser explícitamente enseñadas 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 como organizador de la tarea deberá incluir prácticas variadas como:

- presentar los materiales o dar explicaciones antes de la lectura de un texto para favorecer la comprensión de los mismos y trabajar con y sobre los textos de Física en cuanto a 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, planteo de hipótesis;
- señalar y enseñar explícitamente las diferencias existentes entre las distintas funciones de un texto como: describir, explicar, definir, argumentar y justificar, al trabajar con textos tanto orales como escritos;
- 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. Términos como energía, fuerza, masa, electricidad, materia, tienen un significado muy distinto en el aula de Física que en el uso cotidiano. De modo que el aprendizaje del uso preciso de los términos es un propósito fundamental de la enseñanza de la Física.

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 sólo 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 a 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.

Más precisamente, establecer la diferencia para los diversos niveles de descripción –macroscópico o atómico-molecular– y utilizar para cada uno, los términos que resulten adecuados. En particular, y para este año en el que se trabaja con ambos niveles de descripción de manera explícita, es imprescindible remitir al nivel correspondiente en cada caso, resaltando cuáles son los términos que dan cuenta de los fenómenos eléctricos y magnéticos en cada nivel de descripción.

En relación con los contenidos definidos para este año, al hablarse de los materiales y su comportamiento frente al magnetismo o la electricidad, deberá hacerse explícita mención de que las mismas se analizarán en los dos niveles. Es decir, es incorrecto decir, por ejemplo, que los electrones transportan la corriente, ya que la corriente es el flujo de electrones. Estas diferencias que pueden resultar menores para un físico o para un profesor, no son sin embargo, 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 una reacción, 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 nombre propios asignados a las magnitudes (x a la posición, t al

tiempo, E a la energía, etc.) sus unidades, sus fórmulas, así como las formalizaciones matemáticas, que dan la impronta cultural del desarrollo de la Física, diferenciándola de una ciencia meramente descriptiva.

En este sentido sus simbolismos también deben ser aprendidos. La enseñanza de estos simbolismos, requiere hacer evidentes las necesidades que llevaron a crearlos y las ventajas que de ello derivan. De este modo, se muestra su lógica interna, 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 como señala Lemke¹² genera para los estudiantes dificultades análogas al aprendizaje de una lengua extranjera.

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 como referencia.

Por lo tanto, la enseñanza debe promover que, gradualmente, los estudiantes 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

Dentro de la enseñanza de la Física el uso que se haga de las ecuaciones matemáticas es un punto que debe aclararse. Es fundamental que al utilizar estas expresiones, el estudiante pueda comprender 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 ser retomados y transferidos al ámbito de las aplicaciones en física. Esto significa que deben ser explícitamente enseñados y resignificados en el ámbito específico de las clases de Física para vincularlos con los fenómenos a los que aluden. Del mismo modo, resulta necesario explicar cómo se traduce esa fórmula o 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 poder leerlas, interpretarlas y traducirlas correctamente con sus propias palabras. Una tarea de enseñanza consistente con este punto es, por lo tanto, poder "traducir" el significado de la misma 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.

¹² Lemke, Jay, *op. cit.*

En este apartado 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.

Es importante destacar que durante los tres primeros años de la Escuela Secundaria se introduce la lectura y escritura de fórmulas por parte de los estudiantes. En el 2º año, se escribieron fórmulas y ecuaciones físicas, para iniciar a los estudiantes en la problemática de la representación propia de la física. 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 3º 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.

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 muy 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 hacer notar que la escritura de las ecuaciones propuesta no es la única, pero es la que se estudiará durante el curso.

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 es el objetivo transformar a los estudiantes en sujetos algebraicamente diestros, ya que en el tiempo que se dispone esto iría en desmedro de la conceptualización y de la comprensión de la lógica de dicha ecuación. Sí es de esperar que una vez arribado a la expresión matemática, mediante la cual se busca un determinado resultado, el estudiante pueda paulatinamente con ayuda de su profesor y sus pares:

1. elegir un sistema de unidades homogéneo que permita operar adecuadamente;
2. realizar la /las operaciones matemáticas que implica el cálculo, ya sea en forma manual o con calculadora;
3. 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;
4. 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, la interpretación de su significado, como relación entre variables o de un proceso, sobre todo para aclarar las relaciones cuantitativas vinculadas en este año, en especial los 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 pueda predecir 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 una parte fundamental de los procesos de la ciencia, constituyendo una de las prácticas más extendidas. Como quehacer científico implica buscar respuestas a una situación a través de diversos caminos y chequear, además, que esa respuesta sea adecuada. Al resolver un problema, el experto, el científico, recorre en forma bastante aproximada los pasos señalados por Polya:¹³

1. identifica el problema y sus conexiones conceptuales;
2. genera un plan de acción en la búsqueda de soluciones;
3. obtiene resultados que interpreta;
4. 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, vayan recorriendo esos mismos pasos al enfrentar problemas de ciencia escolar. El docente deberá promover las acciones necesarias para que al resolver distintos problemas de ciencia escolar los estudiantes adquieran estas habilidades con creciente autonomía. En este sentido, al trabajar con problemas el docente buscará:

- 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 sólo 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.

Las cuestiones aquí planteadas exigen un trabajo de enseñanza muy distinto del que supone exponer un tema y enfrentar a los estudiantes a la resolución de ejercicios “tipo” con mayor o

¹³ Polya G., *Cómo plantear y resolver problemas*. México, Trillas, 1987.

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 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 en los que el objetivo está ligado al aprendizaje del uso de fórmulas o ecuaciones matemáticas. En este año, aparecen prioritariamente en los ejes que así lo permitan, por ejemplo, cálculos de fuerzas, corrientes eléctricas o potencias. 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, ya que esto conspira tanto para el aprendizaje de la técnica como para 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 sólo 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 todos los ejes y núcleos de contenidos de la materia. A continuación, se señalan algunos problemas abiertos (o semi-abiertos) adecuados a los contenidos de Física para este año.

a. Se desea explicar el funcionamiento de determinado aparato, por ejemplo, un motor y reproducir uno a escala en la clase.

b. Se desea proyectar una imagen a una distancia de un metro y con un tamaño de al menos el doble del original, ¿qué podría hacerse para esto? ¿Qué tipo y cantidad de lentes sería necesario? ¿Podría servir un espejo o varios?

El trabajo con problemas y las investigaciones escolares

En el enfoque de este Diseño Curricular las investigaciones escolares se orientan a poner a los estudiantes frente a la posibilidad de trabajar los contenidos de la materia a partir de problemas, de forma integrada, permitiendo aprender simultáneamente los marcos teóricos y los procedimientos específicos de estas ciencias.

Según las pautas que se ofrezcan para el trabajo, las investigaciones pueden ser *dirigidas* (aquellas en las que el docente va indicando 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 muchos factores que el docente debe considerar: el nivel de conocimiento de los estudiantes respecto de conceptos y procedimientos que deban utilizarse, la disponibilidad de tiempos, la forma en que se define el problema, la diversidad de métodos de solución, entre otros.

Como en todo aprendizaje, encarar investigaciones escolares implica una gradualidad; se comienza con trabajos más pautados hacia un mayor grado de autonomía de los estudiantes, en la medida en que éstos adquieran las habilidades necesarias. Es conveniente destacar que, dado que este enfoque de enseñanza tiene una continuidad a lo largo de toda la Educación Secundaria, en este año los estudiantes deben tener incorporado 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 ponen 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, en el curso mismo de 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 del proceso seguido durante las investigaciones escolares que permiten orientar el trabajo:¹⁴

- *Fase de identificación del problema:* en la que se permite a los estudiantes la discusión de ideas que permitan identificar la situación a resolver, conceptualizarla, formular las posibles hipótesis y clarificar las variables a investigar.
- *Fase de planificación de los pasos de la investigación:* en la que se confeccionan los planes de trabajo y se los coteja con el grupo de pares y con el docente.
- *Fase de realización:* en la que se llevan a cabo los pasos planificados, realizando la búsqueda de información o la recolección de datos experimentales.

¹⁴ 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.

- *Fase de interpretación y evaluación:* en la que 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 la que se redactan informes o se expresan las conclusiones en forma oral al grupo o a la clase, propiciando los debates sobre los resultados o planteando nuevas investigaciones asociadas, que permitan profundizar la problemática trabajada. Es importante en este caso que la comunicación se establezca utilizando diversos formatos: afiches, láminas, gráficos, tablas, demostraciones de cálculos y no sólo mediante informes.

Es necesario recalcar que 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 hacer evidente a los estudiantes la forma en que se plantean las investigaciones en el ámbito 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 ya 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 de 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 o aún en los hogares. Las instancias de investigación escolar constituyen, también, buenas oportunidades 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 particular en este año hay muchos contenidos que pueden trabajarse o profundizarse mediante trabajos de investigación bibliográfica vinculados con la noción de líneas de campo, la historia de la noción de campo o las ondas electromagnéticas.

También es posible y deseable que sobre estos contenidos se hagan debates o sesiones de preguntas a expertos o bien visitas para conocer respecto del trabajo con materiales conductores o semiconductores; el uso del magnetismo en la cura de enfermedades; los aceleradores de partículas y la generación de isótopos radiactivos de uso medicinal; los cuidados en el manejo de la corriente eléctrica, así como la discusión con paneles de expertos de diversas procedencias sobre los peligros de la utilización de teléfonos celulares; la exposición prolongada a los rayos

solares y el uso de auriculares durante tiempos prolongados. Además, se puede buscar abundante información en los medios de comunicación, las organizaciones ecologistas o internet, para ampliar la mirada sobre este contenido.

De acuerdo con lo planteado, las actividades de investigación propuestas en las clases de Física deben estar orientadas de modo que los estudiantes aprendan a:

- elaborar planes de acción para la búsqueda de soluciones al problema o pregunta planteada;
- elaborar las 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 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, entre otras);
- 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.

Y, para ello, los docentes deberán:

- 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 en la formulación de los diseños o hipótesis de trabajo de los grupos;
- explicar el funcionamiento del instrumental de laboratorio o de técnicas en los casos en que deban usarse al 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 para que el proceso de aprender 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, en relación con 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 proponer situaciones que promuevan investigaciones escolares en las que, además de las búsquedas bibliográficas, se realicen experiencias que cuenten con aparatos y/o técnicas sencillas como en los siguientes casos:

¿Cómo funcionan las pilas recargables? ¿Qué cantidad de recargas admiten? ¿Qué debe hacerse una vez que se las desecha?

¿Cuáles son los usos primordiales de la electricidad en sus casas?

¿Por qué se quema un motor cuando hay baja tensión? ¿Qué parte se quema?

¿Cómo es la distribución de energía eléctrica en la provincia de Buenos Aires? ¿Qué tipo de centrales existen?

¿Cuáles son los tipos de lentes más usados por los jóvenes? ¿Cóncavos o convexos? ¿Por qué?

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 sólo 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 deberá presentarse a los estudiantes cuál es la finalidad de su construcción, a qué pregunta o problema responde dicha modelización (por ejemplo, el modelo de cargas en movimiento mencionado en el núcleo Conducción en sólidos y líquidos, o un modelo de proceso para un dado intercambio de energía), 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.¹⁵ Estas

¹⁵ Driver, Rosalind, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, MEC/Morata, 1989.

representaciones son conjuntos de ideas entrelazadas que sirven para dar cuenta de fenómenos o de situaciones muy amplias como la transmisión de la corriente en un cable, el movimiento de los objetos, o los intercambios de energía.

Conocer estas representaciones significa más que reconocer si los términos empleados por los estudiantes son los más 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, ¿cómo se llaman las partículas portadoras de carga negativa? o ¿en qué unidades se expresa la potencia?, sino preguntas del estilo, ¿qué tipo de transformaciones energéticas ocurren durante el encendido de una lamparita eléctrica y/ o al funcionar una heladera? ¿Qué ventaja tiene usar cables de cobre? ¿Por qué se imanta un clavo si queda un tiempo pegado a un imán?

Cualquier nueva representación que esté implicada en los modelos de ciencia escolar que se pretenda enseñar, se construirá a partir del modo en que los estudiantes puedan darle significado desde sus representaciones anteriores. Es desde esos significados que las ideas se comunican y negocian para acordar una comprensión compartida. Dicha comprensión será aceptada como válida a partir del consenso alcanzado y de su 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.

Por lo expuesto, será una de las tareas del docente indagar acerca de las representaciones de los estudiantes, sus inconsistencias, las variables que no han tenido en cuenta en su explicación, 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. Una de ellas, la más frecuente, ha sido mencionada en el núcleo sobre corriente eléctrica, estableciendo un análogo entre la circulación de la corriente con el flujir de un líquido con rozamiento. En relación al trabajo con modelos simbólico/matemáticos será 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, que ya se señalaron 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 a lo largo de toda la Educación Secundaria. El mismo está en consonancia con los modos propios de este campo de conocimiento y su didáctica, con 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 –Hablar, leer y escribir en las clases de Física, Trabajar con problemas y Conocer y utilizar modelos– son centrales a la hora de construir conocimientos en esta materia, 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.

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 las materias por parte de los estudiantes. La evaluación hace referencia a un conjunto de acciones continuas y sostenidas durante el desarrollo de un proceso y 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 muy diversa índole; algunas veces, conocer las ideas que los estudiantes traen construidas con anterioridad; en otras ocasiones, conocer la marcha de una modelización o el aprendizaje de ciertos procedimientos.

En la evaluación, los contenidos no están desligados de las acciones o procedimientos a los cuales se aplican o transfieren. Por lo tanto, la evaluación de los conceptos debe ser tan importante como la de los procedimientos, y esto implica revisar los criterios y los instrumentos utilizados en relación con los aprendizajes de los estudiantes, así como los relativos a la evaluación de la propia planificación del docente. Por ejemplo, al evaluar de qué manera están comprendiendo los estudiantes los conceptos acerca de los intercambios de energía eléctrica, será tan importante saber si distinguen verbalmente unos de otros, como el hecho de poder usar su calculadora para obtener un resultado numérico acerca de la energía intercambiada en determinado proceso. Privilegiar un tipo de acción sobre la otra le restaría utilidad a la evaluación.

Es posible reconocer tres dimensiones para la evaluación. En primer lugar, establecer cuáles son los saberes que los estudiantes ya 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 todo 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 desea 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 que son especialmente formativas como las *salidas de campo* y los *trabajos experimentales* –que pueden requerir o no de un laboratorio–. En ambos tipos de actividades, es indispensable no sólo la identificación de objetivos claros –tanto para el docente como para el estudiante – sino también la explicitación de lo que el estudiante debe hacer. Por ejemplo, se puede programar una salida a una industria cercana para analizar los tipos de energía que se usan y de qué manera, o hacer mediciones acerca del tiempo de enfriamiento de un objeto en función de su temperatura.

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

- 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

Toda 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 que sean capaces de identificar en qué medida los han alcanzado o en qué etapa se encuentran en el proceso de lograrlo.

Es entonces un gran desafío, a la hora de pensar en la evaluación, construir no sólo 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, dan líneas respecto de cómo se podrían enunciar y trabajar. Los ejemplos se desarrollan a partir de algunos de los objetivos propuestos en los núcleos de contenidos. El nivel de generalidad de estos objetivos permite ejemplificar varios criterios posibles y su alcance podrá exigir, según los casos, de un mayor nivel de especificidad.

a. Para el núcleo de contenidos relativo a los materiales frente a la electricidad.

Dar cuenta de fenómenos o diseñar experiencias que permitan estimar la magnetización remanente de un hierro dulce a lo largo del tiempo.

Para evaluar en qué grado los estudiantes han podido cumplir con este objetivo, algunos criterios podría ser:

- conocer la noción de materiales ferromagnéticos y sus propiedades;
- expresar con palabras las nociones de histéresis y la manera en que se la puede reducir;
- conocer formas de medir pequeños campos magnéticos;
- secuenciar las acciones a realizar fundamentando el orden elegido;
- relacionar las cantidades y los objetos de la experiencia con las magnitudes que se presentan en las ecuaciones;
- 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 de los resultados, extraer conclusiones y analizar las posibles causas de error.

b. Para el núcleo de circuitos eléctricos.

Realizar una investigación acerca de los principales mecanismos de seguridad eléctrica presentes en diversos hogares, sus características y usos.

Para evaluar en qué grado los estudiantes han podido cumplir con este objetivo algunos criterios podrían ser:

- ser capaz de formularse preguntas, en forma individual o grupal, que puedan luego ser investigadas;
- conocer la diferencia entre protección eléctrica y seguridad eléctrica;
- conocer fuentes para obtener información;
- formularse preguntas acerca de esta investigación para luego buscar respuesta en bibliografía o mediante preguntas a expertos.
- recolectar información en forma adecuada y organizada;
- evaluar cuáles son los mecanismos más seguros y el por qué de su elevado costo;
- distinguir la información principal de la secundaria;
- vincular la información obtenida de diversas fuentes con los contenidos del eje que se está trabajando.
- redactar en forma individual o grupal un informe escrito;
- utilizar diversas formas para presentar la información;
- extraer conclusiones acerca de la información relevada;
- evaluar su producción y el funcionamiento de su grupo en la tarea señalando logros y obstáculos.

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Cada actividad puesta en juego en las aulas, informa acerca del avance y de 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.

Un único instrumento no resulta suficiente a lo largo de un 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 sobre el 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. Por ello, 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. A continuación, enumeramos algunos de estos.

Para los conceptos

- *el conocimiento de hechos o datos* (las unidades de energía, la ley de Coulomb, la equivalencia entre calorías y Joule, el proceso de producción de energía eléctrica);
- *La definición y/o reconocimiento de definiciones* (qué es la conductividad, la noción de energía interna o de trabajo);
- *La ejemplificación y exposición de conceptos*;
- *La transferencia de conceptos*, es decir, si más allá de conocer hechos o datos, de definir y/o reconocer definiciones, ejemplificar y exponer conceptos, 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 una corriente eléctrica;
- *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 electro-imán con material de uso cotidiano; el cálculo de la diferencia de potencial que se produce en un sistema por contacto;
- *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 se podría estimar si una central provee de energía a una región? ¿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*, de modo 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 estos datos? ¿Se puede aislar eléctricamente un cable de la misma manera que se hace para un medidor?

En todo caso, debe advertirse que la comprensión conceptual supone una intervención pedagógica docente de mayor complejidad que 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.

AUTOEVALUACIÓN, COEVALUACIÓN Y EVALUACIÓN MUTUA

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 en 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, y en consonancia con la propuesta del Diseño Curricular, 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 los cuales una evaluación debe estar fundamentada en criterios explícitos y no en cuestiones de índole personal –simpatía o antipatía por un compañero o un argumento–. De modo que 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 que no pretenden sustituir, sino complementar los instrumentos “clásicos”. Se proponen como alternativas:

- *la evaluación entre pares o evaluación mutua*, en la cual el estudiante comparte con sus pares los criterios de evaluación construidos 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 una guía que el docente brinda a sus estudiantes, durante la realización de una tarea, para indicar no sólo la corrección o incorrección de lo realizado, sino que propone preguntas o comentarios que orientan 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 a 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, sino, más bien, en un proceso en el cual el estudiante pueda gradualmente lograr la anticipación y planificación de sus acciones y la apropiación de los criterios de evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

DISCIPLINAR

- Alonso, Marcelo y Finn, Edgard, *Física. Campos y ondas*. México, Fondo Educativo Interamericano, 1970.
- Aristegui Rosana, Baredes, Carla y otros, *Física I y Física II*. Buenos Aires, Santillana, 2002.
- Giancoli, Douglas, *Física. Principios y aplicaciones*. Barcelona, Reverté, 1985.
- Kane, Joseph y Sternheim, Morton, *Física*. Buenos Aires, Reverté, 1998.
- Jou David, Llebot Joseph Enric y Pérez G.C., *Física para ciencias de la vida*. Buenos Aires, Mc Graw-Hill, 1999.
- Halliday, David y Resnick, Richard, *Fundamentos de Física*. México/Barcelona, CECSA, 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.
- PSSC., *Física*. Barcelona, Reverté, 1975.
- Rela, Agustín y Sztrajman Jorge, *Física I y 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 *Investigación en la escuela*, 1999.
- Ceretti, Horacio, *Experimentos en contexto: Física. Manual de laboratorio*. 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*, ICE Horsori, 1999.
- Driver, Rosalind, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, MEC/Morata, 1989.
- García, Juan E. 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*, OEI, N° 42, 2006.
- 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, 1992.
- 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, *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid, Narcea, 1987.
- – –, "Elementos didácticos para el aprendizaje de las Ciencias Naturales", en *Educación Abierta*, N° 17, ICE, Universidad de Zaragoza, 1987.
- Minnick Santa, Carol y otros, *Una didáctica de las Ciencias. Procesos y aplicaciones*. Buenos Aires, Aique, 1994.
- Nuevo Manual de la UNESCO para la enseñanza de las Ciencias*. Buenos Aires, Sudamericana, 1997.
- 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, *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid, Visor, 1987.
- Pozo, Juan Ignacio y Gómez Crespo, Miguel Ángel, *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, Morata, 2000.
- 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.

RECURSOS EN INTERNET

DGCyE, www.abc.gov.ar

Física con Ordenador, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/electromagnet.htm>

El sitio contiene desarrollos y simulaciones de temas de Física y en particular de los incluidos en este Diseño Curricular. (Puede descargarse en el ordenador, no es necesario usarlo on-line). Sitio consultado en diciembre de 2010.

Nueva Alejandría, <http://www.nuevaalejandria.com/archivos-curriculares/ciencias>

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

Ciencia Net, <http://www.ciencianet.com>

Propuestas experimentales, curiosidades, datos históricos, planteo de situaciones problemáticas para la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Ciencias Naturales, 435 recursos educativos en castellano para educación secundaria, http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc_naturales

Recursos didácticos para la enseñanza de las temáticas de Ciencias Naturales.

Fisicanet, <http://www.fisicanet.com.ar>

Apuntes y ejercicios sobre Física y Química.

Aula 21, <http://www.aula21.net>

Enlaces con apuntes, problemáticas y actividades para el desarrollo curricular de Biología, Física y Química.

Inclusión digital educativa (sitio del Ministerio de Educación de la Nación),

<http://inclusiondigital.gov.ar/secciones/recursos-y-estrategias/recursos-por-areas-disciplinarias/fisica>
 Contiene experiencias, desarrollos y materiales de trabajo para alumnos y profesores. Sitio consultado en diciembre de 2010.

Física Re-creativa, http://www.fisicarecreativa.com/libro/indice_exp.htm#

Contiene variados materiales para docentes y alumnos. Muy útil para investigaciones bibliográficas. Sitio consultado en diciembre de 2010.

ES