

Introducción a la Física

4TO AÑO

Introducción a la 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

En el ciclo superior de la educación secundaria la materia Introducción a la Física es la 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. Los contenidos de esta materia están concebidos en una continuidad de enfoque con la formación anterior que se desarrolló a lo largo de los tres primeros años de la educación secundaria a través de Ciencias Naturales (1° año) y Físicoquímica (2° y 3°).

La materia que se presenta en este documento 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, brindando a los estudiantes un panorama de la Física actual, sus aplicaciones a campos diversos, y algunas de sus vinculaciones con la tecnología cotidiana.

La materia se articula con los fines establecidos para la educación secundaria en relación con la formación para la ciudadanía, para el mundo del trabajo y para la continuidad en 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

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,

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 escuela secundaria no obligatoria y reservada solo a una minoría de la población con intenciones de ascenso social a través de su formación y calificación laboral como profesionales. Para esa concepción, resultaba natural que las materias de la escuela secundaria 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 pre-requisito para la esos estudios superiores.

La ciencia en la escuela se definía a través de la enseñanza de unos pocos conceptos, principios y leyes de las disciplinas científicas. Esta orientación de la enseñanza, sin embargo, resulta insuficiente incluso como preparación para los futuros científicos, fundamentalmente porque 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 por las prácticas científicas, escasa formación en ciencias, así como 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, formulas 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, implica una educación científica que forme, **desde las ciencias, para el ejercicio de la ciudadanía**. Es decir, una educación científica que sirva a la formación de todos los estudiantes, para su participación como miembros activos de la sociedad, sea que se incorporen al mundo del trabajo o que 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 de 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, de 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 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 ambientes propicios para el logro de estos propósitos; ambientes que reclaman docentes y estudiantes/as como sujetos activos, construyendo conocimiento en la comprensión de los fenómenos naturales y tecnológicos en toda su riqueza y complejidad.

² Marco, B., y otros. *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid: Narcea, 1987.
Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior 4to año
Introducción a la Física / VERSIÓN PRELIMINAR

Acceder a los conceptos, procedimientos y explicaciones propias de las ciencias naturales es no sólo una necesidad para los estudiantes/as 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, valorando estos conocimientos pero a la vez reconociendo sus limitaciones, en tanto el conocimiento científico no aporta 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, habrá de poder 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 Hodson³, “*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*”.

El enfoque que se explicita en este diseño, 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. “*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

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

- en primer lugar, la capacidad de interpretar fenómenos naturales o tecnológicos;
- en segundo, la de comprender mensajes, informaciones, textos de contenido científico y, en su caso, de producirlos,
- y, en tercero, la de evaluar enunciados o conclusiones de acuerdo con los datos o justificaciones que los apoyan.

El aprendizaje de la cultura científica incluye, además de comprender y usar modelos y conceptos, desarrollar 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

³ Hodson, D., “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, 5, pp 541-566, 1992.

⁴ Gil Pérez, D; Vilches, A., *Educación, ciudadanía y alfabetización científica: mitos y realidades*, en *Revista Iberoamericana de Educación*, OEI, N° 42, 2006.

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 aprender términos nuevos. Es importante prestar atención a los aspectos relacionados con la comunicación y el lenguaje en la clase de ciencias, 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 del su carácter cultural y de sus aplicaciones cotidianas. Los cálculos y las formalizaciones deben integrarse junto con el lenguaje coloquial para crear una comunidad de habla dentro las clases de física. Estas herramientas lingüísticas y matemáticas tendrán significado en la medida en que se permitan discutir acerca de aplicaciones y efectos, sirvan para dar explicaciones o para corroborar hipótesis, y no como se transformen en una finalidad en sí misma.

Estas últimas consideraciones deben ser tenidas en cuenta durante el desarrollo de cada uno de los ejes temáticos propuestos y, además, proporcionan criterios pertinentes para la evaluación de las actividades vinculadas con el lenguaje en el ámbito específico de esta disciplina.

Mapa curricular

	INTRODUCCION A LA FÍSICA
CONCEPTOS ORGANIZADORES	Conceptualización, Transformación, Conservación y Degradación
EJES Y NUCLEOS DE CONTENIDOS	La energía en el mundo cotidiano Diferentes formas de energía Formas utilizables de la energía
	La energía en el mundo físico Generación natural de energía Energías macroscópicas y su aprovechamiento
	La energía eléctrica Generación y distribución Potencia y rendimiento de usinas
	La energía térmica Intercambios de energía La energía en los seres vivos
	La energía y la termodinámica El primer principio Degradación de la energía y recursos energéticos

Carga horaria

La materia **Introducción a la Física** se encuentra en el 4° año de la escuela secundaria en todas las orientaciones del Ciclo Superior.

Su carga es de 72 horas anuales, siendo su frecuencia de 2 horas semanales si su duración se implementa como anual.

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 en este año y los procesos de expresión científica de los mismos;
- Favorecer el encuentro entre la experiencia concreta de los estudiantes/as, 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 “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 química 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/as visualizar cómo un adulto competente en estas cuestiones, piensa y resuelve los problema 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/as 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 iniciar y transitar el camino desde las concepciones previas personales hacia los modelos y conocimientos científicos escolares que se busca 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/as;
- 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/as para la realización de sus tareas de aprendizaje en química;
- Trabajar con los errores de los estudiantes/as como fuente de información de los procesos intelectuales que están realizando y como parte de un proceso de construcción de significados.
- 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, a estudiantes más pequeños, a pares, a padres, a 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 a los contenidos específicos.
- Discriminar la calidad de la información pública disponible sobre asuntos vinculados con la física, valorando la información desde los marcos teóricos construidos.

- Escribir textos sobre los temas de física que sean trabajados, para comunicar sus ideas, en las diferentes actividades propuestas: investigaciones bibliográficas, informes de laboratorio, ensayos, entre otros.

Contenidos

Dado que esta es, para la mayoría de las orientaciones de la escuela secundaria, la única materia que trate exclusivamente contenidos de Física, se propone hacer un recorrido por los distintos ámbitos de incumbencia de la Física como disciplina, a partir de uno de sus conceptos actualmente más difundido y además más abarcativos y unificadores: **la energía**

No parece necesario resaltar la importancia del concepto de energía, uno de los más potentes, fructíferos y unificadores de la física clásica. La energía es un concepto ampliamente usado en la Física, y de hecho se ha erigido como uno de los pilares de la Física moderna. Además su inclusión, dentro del lenguaje cotidiano y los problemas que se derivan de su extenso uso, la constituyen en un contenido relevante y prioritario en cualquier nivel de escolaridad con las adecuaciones y discursos del caso. Su papel en otras ciencias, en la vida diaria y en la industria fundamentan la decisión de definirla como tema central para la materia Física de la formación común/general, es decir para que sea contenido de todas las escuelas en todas las orientaciones; ya que se ajusta perfectamente bien a los tres criterios rectores para la selección de contenidos: **relevancia** (científica y social), **pertinencia** (en relación con los propósitos y el enfoque para la enseñanza), **adecuación** (en vista a una alfabetización científica) y **relación de continuidad y progresiva complejización** (respecto de los temas trabajados los años anteriores)

La energía es, además, un excelente contenido para presentar cuestiones vinculadas tanto a la construcción del conocimiento científico como a sus impactos sociales y ambientales.

- Por un lado su historia permite ver cómo este concepto se fue construyendo y enriqueciendo a lo largo de la historia, reforzando la idea de que los miembros de las comunidad científica, incorporan a sus cuerpos teóricos y a sus discurso los conceptos que por su amplitud y generalidad permiten englobar una gran cantidad de fenómenos.

- Por otra parte, el discurso cada vez más frecuente, aunque a veces infundado acerca de la importancia del desarrollo de recursos sustentables sumado a las cuestiones de orden tecnológico y social ligadas al uso de los recursos energéticos, y a su posible degradación o consumo descontrolado; han transformado a este contenido en uno de los estandartes de la relación entre ciencia, tecnología, sociedad y poder.

Conceptos organizadores

Para la organización de los contenidos propuestos para Introducción a la Física se tomaron como referencia conceptos, o propiedades que actúan como orientadores e integradores de los conocimientos estipulados para la materia. Estos conceptos no son excluyentes pero sí indican las principales líneas de trabajo que deberán seguirse e integrarse a lo largo del año a partir del trabajo sobre los contenidos:

Conceptualización: transformar la palabra energía, de uso coloquial, en un concepto, parte del bagaje cultural del estudiante, que le sirva como anclaje de otras nociones es una tarea que debe proponerse y que no debe confundirse con el conocimiento de otras propiedades de la energía como las que se mencionan a continuación. Por eso se hace hincapié en que este concepto debe atravesar toda la enseñanza ya que no es lo mismo conocer un concepto que poder hablar de sus propiedades

Transformación/transferencia: Una de las principales características que aborda dos aspectos, la interconversión de entre fenómenos distintos que pueden ser aunados por la noción de energía y por otra parte el conocimiento de los principales mecanismos de transferencia y la comprensión de cómo aparecen en fenómenos diversos

Conservación: Una de las características principales de la física moderna reside en comprender los procesos naturales a partir de las cantidades conservadas en cada proceso. La conservación de la energía es uno de los primeros principios establecidos en forma general en la física, sin embargo es importante no confundir el aprendizaje del concepto con el de su conservación por ello los colocamos como nociones separadas.

Degradación: Junto con la conservación de la energía, la física ha propuesto que esta conservación no implica siempre una conservación de calidad. La energía se conserva en su cantidad pero es necesario reconocer la importancia de su degradación en todo

proceso y el impacto social que tiene esta noción íntimamente vinculada a la preservación de los recursos no renovables

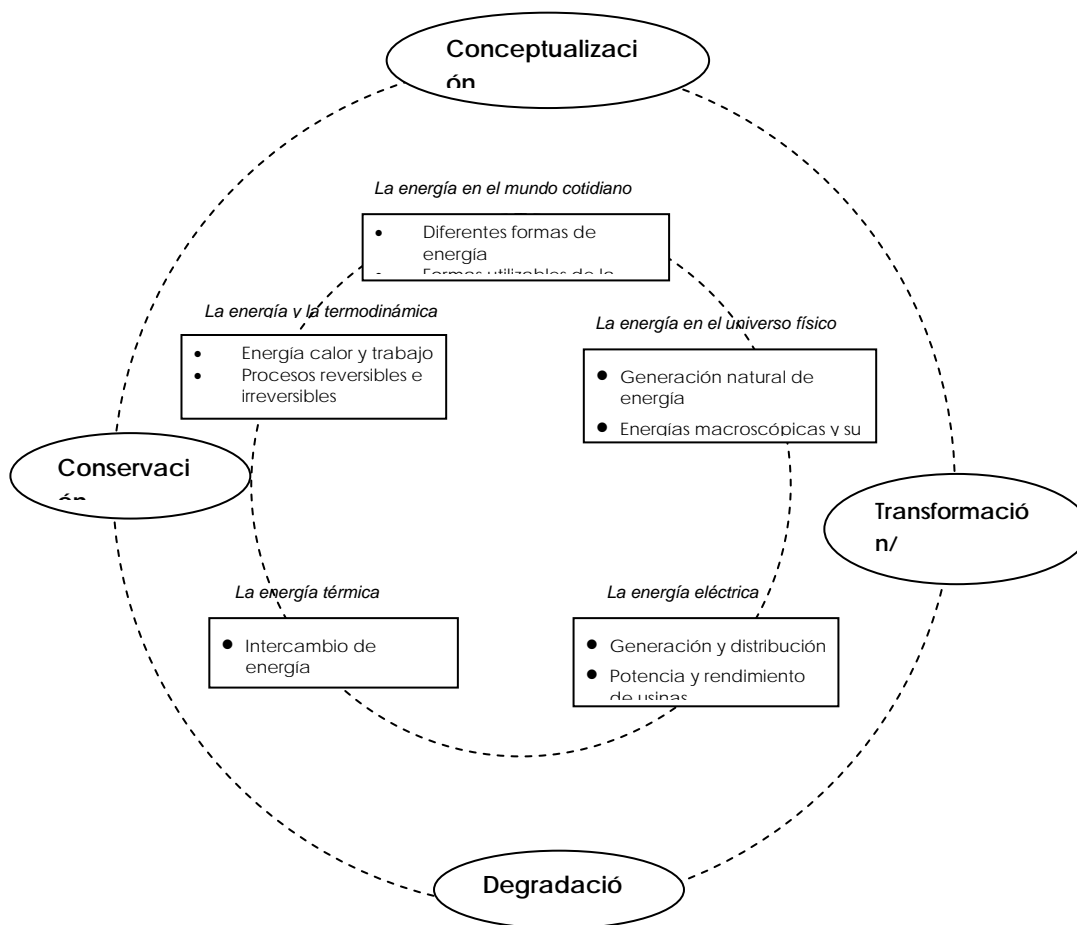
Organización de los contenidos

Los contenidos seleccionados se han organizado jerárquicamente de la siguiente manera:

- a. **ejes temáticos:** su denominación da un sentido, una 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 la energía en el mundo cotidiano, la energía en el mundo físico, la energía eléctrica, la energía térmica, la conservación de la energía
- b. **núcleos de contenidos:** constituyen agrupaciones de contenidos dentro de los ejes por afinidades temáticas y que facilitan la exposición de los alcances 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. 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 a continuación no representan el orden a seguir en la planificación de la actividad del aula. Contenidos como degradación o transformación de la energía, por dar un ejemplo deberán tratarse vinculados a otras unidades. Por lo tanto se propone que sea el docente, en función de sus elecciones didácticas y en conocimiento de su contexto, quien elabore a partir de estos núcleos temáticos las unidades didácticas que permitan dar verdadero sentido y posibilidad de aprendizaje a los estudiantes de esta materia.



La energía en el mundo cotidiano

Diferentes formas de energía

La idea de energía asociada a diferentes maneras de generación y aprovechamiento. La energía en los distintos campos de la física: energía cinética, potencial. Fuentes energéticas. Órdenes de magnitud y unidades de energía involucradas en distintos procesos (nucleares, eléctricos, térmicos, y mecánicos). Potencia

Este núcleo de contenidos presenta el concepto de energía asociado a la actividad cotidiana de las personas y de las sociedades en general. El tratamiento de estos temas en el aula busca que los estudiantes alcancen un idea consensuada acerca de *qué es la energía*, que incorporen el “discurso” acerca de la energía a los fenómenos tanto cotidianos como científicos, usando las nociones de energía y potencia para dar cuenta de diversos fenómenos naturales y tecnológicos que suceden a su alrededor

Resulta entonces importante separar el concepto formal de energía, su definición, en el campo disciplinar, del concepto coloquial de energía. Es muy común definir la energía como la capacidad de un sistema de realizar trabajo, aunque no se define de manera alguna el trabajo, de suerte tal que la definición es incompleta antes de empezar.

Para evitar definiciones que no pueden cerrarse se trata de focalizar la discusión en *lo que se entiende por energía* y de qué manera se usa el término para dar cuenta de ciertos fenómenos y procesos. La pregunta acerca de *qué es la energía* puede plantearse de manera similar a la pregunta *qué es un número*. No sólo no tiene mayor sentido pretender una definición formal de número, sino que además no es de interés escolar, lo que no invalida que pueda operarse con números a partir del conocimiento de sus propiedades. Lo mismo sucede con la energía y por eso se espera que los estudiantes alcancen un nivel instrumental en su uso, sin descuidar las cuestiones conceptuales

Esta unidad pretende que circulen entre los estudiantes las ideas acerca de la energía, y que en su lenguaje se expresen acerca de las diferentes “formas” de la energía con las que están en contacto cotidianamente. No debería señalarse como un error que varias de esas “formas” diferentes de energía tienen un mismo origen. Por ejemplo, es común que el estudiante piense en energía cinética y en energía térmica, por poner sólo un ejemplo. Como formas alternativas a nivel cotidiano está bien, pero se trata de fenómenos similares a escala diferente.

Se espera que el estudiante elabore sus propias ideas acerca de los procesos que involucran *intercambios* de energía, y reforzar en este punto la idea de que los intercambios de energía propenden al *equilibrio* y *estabilidad* de los sistemas. Debería enfocarse el tratamiento de estos tópicos analizando sentencias del tipo:

Todo *sistema en equilibrio* se encuentra en un determinado *estado*.
Para alcanzar el equilibrio con su entorno todo sistema debe llevar a cabo procesos de *intercambio*, y lo que todo sistema intercambia es materia y/o es energía.
Todo proceso de intercambio va asociado a la evolución del sistema

Esta particular forma de pensar las formas y las maneras en que los sistemas cambian sus características propende a enriquecer la discusión. Existen cambios muy lentos,

existen cambios muy sutiles, y existen cambios que directamente son inobservables a escala humana, como por ejemplo el cambio de energía potencial de los átomos de un metal que se dilata (por la escala a la que ocurre) o el cambio en el tamaño del núcleo de una estrella (por el tiempo que le lleva). Pero la exposición puede ofrecerse en términos de experiencias muy sencillas, por ejemplo inflar un globo en el aula y dejarlo a un costado durante el transcurso de la discusión, estudiar el globo al finalizar el día y al día siguiente. Los procesos de intercambio habrán sido lentos, pero seguro que se dieron, porque el globo habrá de achicarse.

Un vez más es necesario recalcar que no deberíamos empezar por estas afirmaciones ni por definiciones generales, vacía de contenidos, sino arribar a ellas producto de un trabajo sobre muchos ejemplos provistos por el docente o propuestos por los estudiantes. El docente deberá presentar muy variados casos de procesos o fenómenos que puedan ser “leídos” por los estudiantes en términos de intercambios de energía y animará a los estudiantes a describir y explicar los mismos utilizando esa noción. Los ejemplos no necesitan ser tratados con material concreto, también es posible introducirlos a partir de lecturas. Es importante que el estudiante incorpore el término a su vocabulario dentro de las clases de Física, ya que si no habla acerca de él difícilmente pueda conceptualizarlo

Al tratar estos temas es muy importante destacar los aspectos centrales del equilibrio y la estabilidad:

- Un sistema en particular está en equilibrio cuando sus variables características pueden medirse.
- Un sistema es estable cuando, apartado de un estado de equilibrio, tiende a regresar a ese estado de equilibrio.
- Cuando un sistema es estable se encuentra en un estado de energía mínima.

Al presentar distintos tipos de procesos el docente retomará el tema de las distintas formas de energía que los estudiantes conocen e introducirá las formas matemáticas (fórmulas) para cuantificarlas en los casos en que sea posible, por ejemplo para energías cinéticas, potenciales gravitatorias o energías elásticas. También lo hará para formas de medir la cantidad de calor intercambiada por un cuerpo al variar su temperatura, para energías de reacciones químicas sencillas como combustión del gas de cocina (o de los alimentos), para la energía relativista de masa en reposo (que

luego se retomará al hablar de centrales nucleares) y para los consumos energéticos domiciliarios; introduciendo en cada caso las unidades que resulten adecuadas

Junto con el tema de las energías es necesario hablar de potencia ya que no sólo es importante saber de cuánta energía se dispone o cuánta energía se intercambia, sino en qué tiempo es posible realizar este proceso. Habitualmente los electrodomésticos y los motores de los autos no nos dicen qué energía suministran (porque esta depende del tiempo de uso) sino a qué velocidad son capaces de transferirla, por ejemplo una estufa no nos brinda 3000 calorías como nos dice el vendedor sino 3000 kcal/h, y podríamos preguntar a nuestros estudiantes, a partir de los datos en los envases de alimentos qué cantidad de fideos, en un almuerzo, proveería la misma energía que una estufa en una hora. Esto nos da una pauta de los importantes consumos que tiene el organismo humano y da la gran concentración de energía que tienen los alimentos en un espacio relativamente reducido⁵

El consumo energético de gas suele medirse en metros cúbicos y el docente puede aportar (o pedir a sus estudiantes que investiguen) cuál es el poder calorífico del gas de red para poder estimar con esta información la energía gastada al cocinar o calefaccionar un ambiente.

Formas utilizables de la energía

Algunos ejemplos de procesos de transformación. Noción de trabajo mecánico. El aprovechamiento de la energía a lo largo de la historia. El desarrollo económico-social y la energía.

Ligados a los procesos de intercambio de energía siempre hay un proceso de *transformación*, y muchos de esos procesos de transformación ocurren naturalmente. Por ejemplo cuando una planta absorbe energía radiante del sol y produce con ella energía química, cuando un núcleo de algún elemento pesado se desintegra espontáneamente (se *fisiona*) para formar núcleos más livianos se libera energía, por ejemplo en una central nuclear como la de Atucha o Embalse del Río Tercero Es

⁵ Por eso para analizar los órdenes de magnitud de las energías consumidas en distintos procesos cotidianos pueden utilizarse las boletas de gas y de luz, o las indicaciones de consumo en los diversos electrodomésticos. De esta manera podrá iniciarse la discusión acerca de la razón por la que los distintos electrodomésticos tienen su indicación en Watt, en calorías o en frigorías y no en joule. Es pertinente utilizar las unidades de energía más comunes en el uso diario (Kwh, caloría) y también el joule, aunque no sea de uso cotidiano.

necesario hacer hincapié en que lo que hace tan diferentes a las cantidades de energía involucradas en una planta, en una central atómica o en una estrella es la cantidad de transformaciones que ocurren en el mismo lapso de tiempo.

No todos los procesos de transformación son espontáneos o naturales, muchos de ellos pueden forzarse. Por ejemplo, podemos transformar energía química en energía eléctrica (pila), energía eléctrica en energía cinética (motor), energía cinética en energía eléctrica (central hidroeléctrica), energía térmica en energía eléctrica (panel solar). Esta distinción colabora a la conceptualización de la idea de energía y de transformación. Por ejemplo pueden analizarse diferentes tipos de transformaciones ¿Qué energías se ponen en juego y en qué cantidades en el movimiento de un pistón de un motor naftero? ¿Qué energías se intercambian en una caldera de carbón? ¿Qué energías se ponen en juego en el choque entre dos autos?

Muchos intercambios de energía se hacen en forma de trabajo, y dentro de este eje se enfocará sobre el trabajo mecánico, como el que produce el pavimento cuando detiene un vehículo, o el trabajo que hace el cable de un ascensor cuando lo eleva, o la deformación de un sólido producto de un golpe. El trabajo ayuda a concebir la energía como la capacidad de un sistema de producir transformaciones, Es importante introducir la noción de que el trabajo además de ser el producto de la fuerza por la distancia siempre tiene un signo ya que puede implicar aumento o disminución de la energía de nuestro sistema, y utilizar entonces la relación $\Delta E = W$

El conjunto de situaciones abarcadas en este núcleo introduce también el tema de las formas de energía que el hombre utiliza históricamente y cómo el desarrollo tecnológico posibilitó la implementación y aprovechamiento de prácticamente las mismas formas históricas de energía pero de modo más eficiente. Las primeras máquinas fueron diseñadas para reemplazar el trabajo mecánico de hombre o animales, y esto sigue siendo así hoy en día si pensamos en trenes, automóviles, molinos y demás salvo en aquellos caso en que se trate de trabajo eléctrico que trataremos en la unidad correspondiente.

Como cada forma de transformación de energía presupone procesos muy diferentes, se pretende aprovechar esta discusión para motivar el problema del costo y la renovación de los recursos, de los riesgos y de las consecuencias que cada forma de transformar energía conlleva. Como actores sociales los estudiantes no pueden ser ajenos a la problemática, cada vez más actual, de los costos sociales que presupone

la falta de energía, de los costos sociales que presupone la mala utilización de la energía, de los costos sociales que presupone cada forma de utilización de la energía. ¿Cuánta energía requiere una ciudad típica para funcionar? ¿Cuánta energía requiere una industria típica para funcionar? ¿Cuánta energía necesita el país y cuánta se genera?

En otro orden de conceptualización pero de similar importancia ¿Por qué sería conveniente la energía hidroeléctrica a la atómica? ¿Vale la pena invertir en el desarrollo de centrales de fusión? ¿Por qué no se desarrolla a nivel comunitario la tecnología que aproveche la energía solar? Sin conceptos adecuados es imposible a los actores participar de las decisiones centrales.

Al cabo del trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes podrán:

- Caracterizar la energía por sus propiedades, de acuerdo con las formas en que el estudiante las reconoce coloquial y cotidianamente, pero a la vez correctamente estructuradas.
- Describir distintos procesos de cambio en términos de las energías intercambiadas utilizando el lenguaje coloquial e incorporando paulatinamente términos científicos
- Reconocer las diferencias que existen a nivel macroscópico entre las diferentes formas de energía que se presentan.
- Utilizar la noción de trabajo para evaluar las variaciones de energía de un sistema.
- Identificar las escalas de energía en diferentes procesos naturales.
- Reconocer y utilizar correctamente las unidades de energía en cada uno de estos diferentes niveles.
- Comprender las ideas de sistema, intercambio, evolución, equilibrio y utilizarlas en las descripciones de fenómenos o procesos
- Reconocer las escalas de energía involucradas en el desarrollo de una sociedad y los costos sociales involucrados.

La energía en el universo físico

Generación natural de energía

La energía generada en la estrellas. El ciclo p-p (protón- protón) de las estrellas. Fusión y fisión. Radiactividad natural.

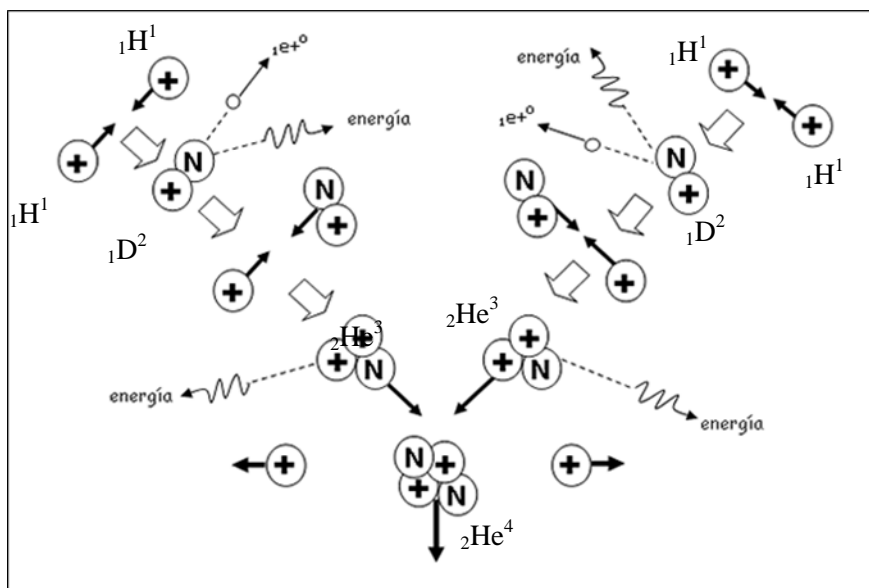
Optativo: Evoluciones estelares. Centrales nucleares. Accidentes nucleares. Seguridad en el manejo de elementos radiactivos.

En este núcleo de contenidos se introduce a los estudiantes en el estudio de los modelos que explican el funcionamiento y la evolución de las estrellas, y en los procesos que provocan el decaimiento radiactivo de los núcleos de los elementos químicos más pesados. Estos contenidos se prestan para el trabajo con modelos porque las explicaciones que pueden realizarse de los mecanismos de intercambio y generación de energía en las estrellas son siempre de carácter especulativo ya que resulta imposible viajar al núcleo de una estrella a medir, por ejemplo, la temperatura. Es frecuente escuchar frases de los estudiantes del tipo “¿y cómo sabemos que esto es cierto?” y es razonable que así suceda, pero lo importante es que los estudiantes comprendan que esta es una característica de todo razonamiento hipotético. Por otra parte, si bien es cierto que nadie jamás ha visto el núcleo de una estrella, en los aceleradores de partículas y en gran número de dispositivos afines pueden medirse las propiedades que se desprenden de los modelos atómico-nucleares.

Estos contenidos buscan conducir al estudiante en el camino de la exploración de las hipótesis científicas. Al tratarse de modelos especulativos es conveniente aclarar que la especulación no es ilimitada y que siempre está ceñida tanto por las teorías vigentes como por los datos observacionales. Por eso interesa enfatizar que este núcleo provee una excelente oportunidad para analizar el carácter de las afirmaciones científicas y agregar un componente que hasta ahora no se había mencionado, necesario para que una hipótesis sea aceptada por la comunidad científica. Por otro lado, es una excelente ocasión de introducir las ideas de *plausibilidad* y *atingencia*, necesarias para todo tipo

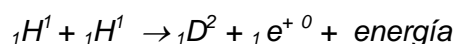
Para presentar la cadena de procesos que explican la producción de energía en las estrellas, el docente puede retomar aquí la discusión de las transformaciones nucleares de 3er año de Físicoquímica y mostrar cómo cuatro núcleos de hidrógeno (protones), en el ambiente reinante en el centro de una estrella como el Sol, con

temperaturas de alrededor de 15 millones de grados, pueden formar un átomo de helio (He^4) y liberar energía.



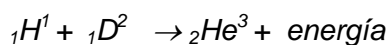
Varios son los pasos necesarios

a) Dos núcleos de hidrógeno ${}^1_1\text{H}^1$ se *fusionan* para formar un núcleo de deuterio ${}^1_1\text{D}^2$ a través de la reacción

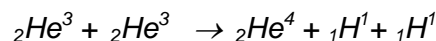


donde ${}^1_1\text{e}^{+0}$ representa un positrón⁶

b) El deuterio puede chocar y fusionarse con un átomo de hidrógeno de acuerdo a la reacción



c) Finalmente dos núcleos de ${}^2_1\text{He}^3$ se fusionan con el resultado de un núcleo de helio ${}^2_1\text{He}^4$ y dos protones, que vuelven a reiniciar el ciclo



Lo que debe resaltarse es que el resultado neto de estas fusiones nucleares es que cuatro átomos de hidrógeno se transformaron en un átomo de helio y dos protones. Esto lleva a pensar que el núcleo de una estrella en algún momento tendrá que

⁶

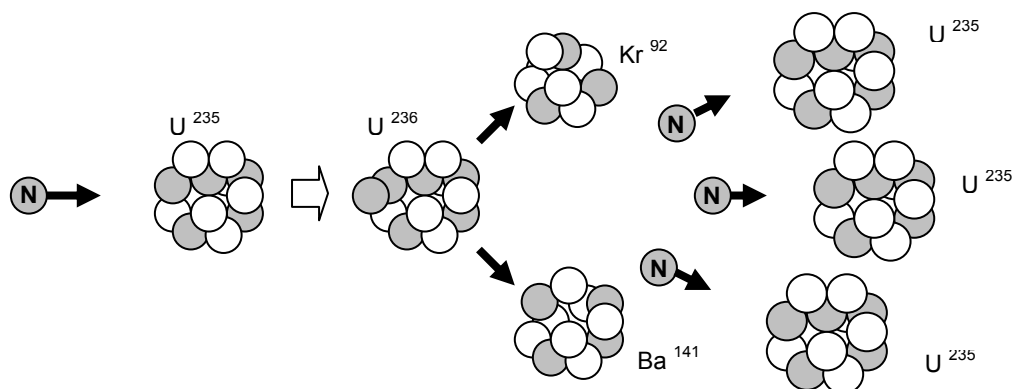
cambiar de combustible o agotarse. Este es precisamente el significado de *evolución estelar*. No es evidente pero sí es **plausible**, en algún momento en el centro de la estrella tendrán que producirse procesos termonucleares que hagan que se transforme el helio, y así siguiendo con la serie de elementos químicos que se producen en diferentes reacciones nucleares y van alojándose en el núcleo, al menos hasta que la estrella ya no pueda seguir adelante con los procesos termonucleares.

Es necesario recalcar que lo importante no son solo las ecuaciones sino también que el estudiante pueda incorporar la idea de modelo explicativo, corroborable, plausible y atingente.

El docente puede ofrecer imágenes de diferentes objetos estelares evolucionados y estimular a los estudiantes a que investiguen por su cuenta lugares “conocidos” del cielo donde pueden hallarlos (por ejemplo, la estrella más brillante de las “tres marías” es una estrella “vieja” en su etapa de supergigante azul).

Dentro de los modelos se introducen también los de *radiactividad* y de *fisión nuclear*, de alguna manera el proceso opuesto al de fusión nuclear con que funcionan las estrellas.

Como ya se ha visto la radiactividad natural es propia de los isótopos de diferentes elementos pesados que son inestables porque están en un estado nuclear excitado. Para regresar a su estado de mínima energía el núcleo debe emitir energía, deben liberarla, ya sea en forma de radiación o en forma de partículas subatómicas con muy alta energía cinética. Cuando estas partículas colisionan con otro cuerpo transfieren parte de su energía, energizando al cuerpo colisionado. Si el cuerpo colisionado es un ser vivo, lo que se excitan son los átomos y moléculas de los diferentes tejidos, provocando de esta manera mutaciones artificiales y necrosis celular.



La fisión nuclear ocurre cuando el núcleo de un átomo pesado se divide en núcleos más livianos liberando energía en forma de radiación y de energía cinética de los subproductos. Por ejemplo, una forma de ruptura de un núcleo pesado se da cuando un neutrón colisiona un núcleo de U^{235} , se genera un isótopo más pesado del uranio, U^{236} . Este isótopo es muy inestable y se divide en Kr^{92} y Ba^{141} más 3 neutrones, que inician una reacción en cadena. No es necesario pensar la fisión nuclear en términos de ecuaciones sino que se pretende presentar las ideas centrales en base a preguntas. El docente podrá dirigir la discusión instando a los estudiantes a pensar en los constituyentes de un núcleo atómico: protones y neutrones. Los protones tienen carga eléctrica, y como *todos tienen la misma carga eléctrica*, deben repelerse. Sin embargo conviven ligados en el núcleo. Una forma plausible de explicarlo es que exista, *dentro del núcleo*, una fuerza más intensa que la repulsión eléctrica. Pero esa fuerza debe anularse fuera del núcleo porque de otra manera *todos* los protones del universo deberían ligarse. Para decirlo de otra manera, la fuerza que mantiene ligados a los protones debe disminuir a medida que el núcleo se agranda. Esto provoca que cuanto más pesado sea el núcleo más inestable se torne y más propenso a desintegrarse naturalmente.

Para cuantificar las energías de los procesos subatómicos es conveniente introducir el eV, pero sólo como otra unidad propia de esos procesos y no como la energía que adquiere un electrón en un potencial de un Volt, porque eso sólo haría más formal la definición y lo que interesa es la posibilidad de ver el orden magnitud de las energías involucradas en estos procesos

El docente puede aprovechar los valores conocidos de las energías de los procesos de fusión y de fisión para organizar con los estudiantes investigaciones acerca de los órdenes de magnitud de la energía asociada a diferentes procesos. Por ejemplo, la energía liberada en la transformación de cuatro átomos de hidrógeno en uno de helio es de alrededor de 27 MeV, esto es, alrededor de 1 billonésima de caloría.

Se puede preguntar ahora por la energía que liberaría 1 mol de U^{235} o, sabiendo que el Sol libera aproximadamente 9×10^{25} calorías por segundo, calcular la masa de hidrógeno que se convierte en helio cada segundo en el centro del Sol, o a cuántas fusiones equivale la cantidad de calorías que libera la estufa de un dormitorio.

Ligados a estos contenidos se puede introducir en el aula el debate por la seguridad en lo que tiene que ver con el aprovechamiento de la energía liberada por la desintegración nuclear, y por la existencia de desechos nucleares altamente tóxicos que requieren de embalajes especiales y de lugares específicos donde ser guardados sin contaminar. Las catástrofes ambientales provocadas por la radiación nuclear y los peligros que presupone su utilización hace que este eje contemple la investigación de acontecimientos letales como fueron las bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, el desastre de la usina nuclear de Chernobyl o las consecuencias que podría acarrear el basurero nuclear que pretendieron instalar en la localidad de Gastre, en la provincia de Chubut. A la vez el docente puede promover el debate ético acerca de la producción de elementos derivados de la desintegración nuclear que sólo pueden utilizarse en armas de destrucción masiva.

Energías macroscópicas y su aprovechamiento

Energía hidroeléctrica. Energía eólica. Energía solar. Energía geotérmica. Energía mareomotriz. Energía nuclear. Aceleradores de partículas. Radioterapia..

Este núcleo está orientado a desarrollar y estimular en el estudiante las capacidades de investigación y comparación de cantidades, en este caso referidas a las cantidades de energía que pueden producir diferentes tipos de usinas y generadores.

Todas las formas de energía que se discuten requieren de una infraestructura determinada, y parece evidente que la instalación de un panel solar, por ejemplo, necesita menos espacio y es de menor costo que una usina eléctrica. ¿Por qué entonces el uso comunitario de paneles solares no está tan difundido en nuestro país? ¿En qué regiones del país se justifica la utilización de paneles solares? Estas son sólo

dos preguntas de las muchas que pueden formularse para debatir los aspectos económicos involucrados y los rendimientos que los diferentes tipos de centrales pueden brindar.

Es conveniente que el docente arme junto con el estudiante una tabla como la que sigue en la que - a medida que se va avanzando en las sucesivas - pueda ir completando los datos que se necesitan para elaborar una conclusión. Una tabla sugerida es la que sigue

	Capacidad de generación	Costo por MW	Impacto ambiental	Requerimientos
Central hidroeléctrica				
Central nuclear				
Central eólica				
Central geotérmica				
Central mareomotriz				
Central solar				

En la columna del impacto ambiental se propone que los estudiantes construyan una escala, que puede ser numérica o textual indicando el grado de impacto ambiental y valorando no sólo el impacto en cuanto a contaminación. Para esto deberán acordar sobre qué parámetros habrá que utilizar para decidir si una generación tiene más impacto que otra o peor impacto que otra.

Otra línea de investigación sugerida para los estudiantes está referida a técnicas y dispositivos que se por su vasta aplicación en aspectos médicos y tecnológicos se han popularizado. Entre ellos se destacan los aceleradores de partículas. En muy diversos campos de la Física y en sinnúmero de aplicaciones biomédicas y tecnológicas se requieren partículas subatómicas en rangos de energía que, en términos de nuestra experiencia cotidiana, podemos definir como comparativamente alta.

En estudios de la estructura íntima de la materia (Física de partículas) las energías involucradas ya son del orden de los GeV y TeV (10^9 eV y 10^{12} eV) y las velocidades

asociadas a todas estas energías sólo pueden alcanzarse (al menos de manera controlada) en un acelerador de partículas, que en términos absolutamente generales puede pensarse como cualquier dispositivo que permite incrementar la velocidad de diversas partículas por medio de fuerzas de origen eléctrico, imanes o combinaciones de ambos.

Para favorecer el uso de estas unidades el docente puede plantear en base a estos valores ejercicios que permitan a los estudiantes calcular órdenes de magnitud y comparar energías. Por ejemplo, tomar una energía cinética de 6,25 MeV (corresponden a 10^{-12} J) aplicadas a un bloque de 2kg de masa y a un protón y calcular las velocidades que lleva cada uno. O realizar una tabla en la que luego de investigar el estudiante vaya anotando la cantidad de energía requerida, del tipo

APLICACIÓN	ENERGÍA	VELOCIDAD DE LA PARTÍCULA INVOLUCRADA
Tubo de rayos catódicos		
Tomógrafo		
Radioterapia		
Acelerador lineal		
Acelerador LHC del CERN		

Al cabo del trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes podrán:

- Distinguir y poder señalar las diferencias esenciales entre los procesos de fusión y de fisión nuclear.
- Evaluar correctamente las cantidades de energía involucradas en los procesos de fusión y de fisión nuclear
- Explicar en términos coloquiales algunos dispositivos médicos y de investigación de Física que funcionan en base a los mismos principios generales de aceleración de partículas.
- Conocer y poder calcular los rangos de energía involucradas en estos dispositivos.
- Analizar los tipos de energía más adecuados de acuerdo a los requerimientos y las posibilidades de nuestro país.

- Caracterizar correctamente los costos y beneficios de cada forma de generar energía.
- Tomar conciencia de la relación costo-beneficio en términos de la generación de energía y el impacto ambiental.
- Utilizar estos conocimientos para sustentar ideas acerca del tipo de política de generación energética que sería razonable para el país, involucrando no sólo la ecuación costo-ganancia sino también la problemática de desarrollo social.

La energía eléctrica

Generación y distribución.

Fuentes de voltaje, pilas. Circuitos eléctricos. Potencia disipada en fuentes y resistencias. Conservación de la energía en circuitos eléctricos. Usos domiciliarios. Consumo domiciliario de distintos artefactos. Ahorro de energía.

Opcional: superconductores. Motores. Principio general de funcionamiento.

El conjunto de los tópicos tratados en este núcleo está orientado a iniciar a los estudiantes en los modos de funcionamiento de los diversos aparatos eléctricos y electrónicos de uso doméstico cotidiano y de las diversas tecnologías involucradas en su fabricación. Se trata de modelos muy sencillos, numéricamente manejables y que no importan el conocimiento de la estructura íntima del artefacto para su comprensión. Es una buena oportunidad para fomentar en los estudiantes la capacidad de formular modelos sencillos pero a la vez eficientes a la hora de tomar alguna decisión.

La energía eléctrica es, posiblemente, la forma de energía más conocida y utilizada popularmente. Sin embargo, en general no se asocian correctamente las partes. Por ejemplo, todos saben que para funcionar el televisor debe estar enchufado, pero como de costumbre las preguntas son ¿a qué debe estar enchufado y para qué? El docente puede aquí iniciar la discusión de una manera sencilla y elegante, sugiriendo que siendo aparatos eléctricos funcionan en base a la *circulación* de una corriente eléctrica. Pero para que algo circule debe haber otro “algo” que haga **trabajo**, en este caso eléctrico.

Es aquí donde se introduce el concepto de una pila. Hay aquí dos aspectos centrales a destacar: por un lado la existencia de un dispositivo que realiza trabajo y cambia la

energía cinética de las cargas eléctricas (en este caso electrones), de manera tal que seguramente debe haber alguna forma de disipación de calor asociada (como en el caso más evidente del rozamiento contra el piso cuando movíamos la mesa). Por otro lado, este dispositivo transforma energía química en energía eléctrica.

Es ahora posible introducir simbólicamente un circuito eléctrico simple (como se ha visto en 3er año) con un ícono para la pila que realiza el trabajo de mover las cargas, y con otro ícono para la *resistencia* que el circuito ofrece a la circulación de las cargas. Eventualmente puede retomarse la ley de Ohm, más que nada para recordar que al trabajo de la pila se lo conoce como diferencia de *potencial* o *tensión*, y que la cantidad de cargas que circulan por segundo se denomina *intensidad* de la corriente.

Sin embargo este núcleo pretende focalizar la discusión más que nada en los aspectos energéticos. Considerando que la potencia disipada en el circuito (esto es, la cantidad de energía disipada por unidad de tiempo) es el producto de la tensión aplicada por la intensidad de corriente que circula, es posible formular algunos problemas sencillos, tales como calcular la corriente que circula por una estufa eléctrica de 1000 W, o, en un grado ligeramente superior de dificultad, pensar que si todos los aparatos eléctricos de la casa están conectados a 220 V de tensión, cuáles son los que ofrecen mayor resistencia al paso de la corriente. En el terreno de la investigación escolar, el docente puede proponer a los estudiantes escribir una lista de electrodomésticos y que en una tabla ordenen el consumo de cada uno de ellos, estimando la corriente que consume.

El caso de la estufa es ilustrativo de un fenómeno absolutamente general como es la disipación de calor en un circuito eléctrico. De hecho, la idea de la estufa eléctrica es precisamente esa, disipar calor. Pero posiblemente no sea el caso del resto de los electrodomésticos. El docente puede sugerir a los estudiantes una medición, informal y subjetiva, de la cantidad de calor disipada por los electrodomésticos. Alcanza con colocar la mano en las cercanías de una radio, de la parte posterior de un televisor y de la parte posterior de una heladera, y decidir en base a estas “mediciones” cuál de estos electrodomésticos disipa mayor cantidad de calor. Que disipe mayor cantidad de calor no significa que consume mayor cantidad de energía por hora o, dicho de otra manera, que consuma más potencia. Por ejemplo, una computadora y un televisor consumen aproximadamente 150 W, y una batidora más o menos 140W. Sin embargo

el calor “cerca” de una batidora es mayor que “cerca” de una computadora. Debe quedar claro que la razón tiene que ver con la construcción del dispositivo.

Lo importante en este núcleo es pensar que todos los circuitos disipan calor, y no importa cuál sea la función que cumple el dispositivo o cómo ha sido construido, siempre habrán de disipar parte de la energía que se les entrega. Y esa energía disipada no puede ser usada para que el dispositivo funcione, es energía perdida.

Esta es una excelente oportunidad para proponer una nueva tarea de investigación escolar, relacionada con la *clasificación* de los electrodomésticos. Una tarea de mediana dificultad es la de comparar costos entre un electrodoméstico tipo A con uno tipo G, suponiendo una vida útil de diez años, y analizar cuál es la diferencia de costos que tendrían que tener para decidir cuál comprar.

Usinas: potencia y rendimiento.

Transformación de energía mecánica en energía eléctrica. Centrales hidroeléctricas, nucleares y eólicas. Ubicación en la Argentina. Distribución de la corriente eléctrica. El sistema interconectado nacional. Infraestructura. Red de transporte de energía. El problema de la limitación del transporte de electricidad.

En este núcleo de contenidos se discuten aspectos relacionados con las cuatro principales formas de generación de energía en el país, abarcando diferentes aspectos relacionados con la problemática general del sistema energético argentino. De alguna manera, estos tópicos cierran la discusión abierta en los núcleos anteriores, ahora focalizados en aspectos locales que tienen que ver con aspectos económicos, medioambientales y sociales.

Debe quedar establecido desde un principio, retomando discusiones anteriores, que las formas de generación de energía hidráulica y eólica tiene semejanzas y diferencias con a la forma de generación de energía nuclear o de una usina térmica. En las dos primeras se transforma energía mecánica en energía cinética de una turbina, que es la que genera la energía eléctrica. En una usina hidroeléctrica se transforma energía potencial en energía cinética, haciendo que el agua contenida en una represa circule por las turbinas mientras cae hacia un nivel inferior. Una usina eólica convierte la energía cinética del viento en electricidad por medio de aspas o hélices que hacen girar un eje central conectado, a través de una serie de engranajes, a un generador

eléctrico, de la misma manera en que lo hacen los molinos que son tan comunes en las zonas rurales de nuestro país.

Un aspecto central a discutir en este punto es el impacto ambiental de un tipo de central y del otro. Es de esperar que el docente estimule la investigación del área requerida para la instalación de una central hidroeléctrica y de la necesaria para la instalación de una central eólica capaz de generar por día la misma cantidad de energía. Es necesario también tomar en consideración el impacto ambiental de los dos tipos de centrales y los desechos que generan (básicamente, ninguno).

Por otro lado, debe hacerse notar que las usinas térmicas y las nucleares mueven las turbinas en base a la circulación de vapor de agua a alta presión. En un caso el vapor se genera calentando el agua por medio de carbón o algún derivado del petróleo, y en el otro a través de la energía liberada en la fisión controlada de núcleos pesados. De nuevo, es necesario considerar las superficies requeridas para este tipo de usinas y los desechos que producen para evaluar su impacto ambiental.

Hay dos tareas interesantes para realizar sobre este núcleo: una es obtener un esquema simplificado de la central, ya sea nuclear o térmica, y analizar los tipos de intercambio de energía que se dan para pasar desde el combustible hasta la energía eléctrica. La otra actividad que puede proponerse a los estudiantes es que realicen un mapa con la ubicación de las principales centrales de cada tipo y realicen un relevamiento de la cantidad de energía que aporta cada tipo de central al sistema energético nacional.

Una actividad posible para evaluar las centrales es calcular el *factor de carga* o *factor de utilización* de las diferentes centrales argentinas, que se trata del cociente entre la energía total producida en un año y la que tendría que haber producido de acuerdo a su diseño. Queda claro que las razones por las que no alcanzan el 100% de carga obedecen a muy diferentes razones. Por ejemplo, en el caso de una central hidroeléctrica puede deberse a sequías y en el caso de una usina nuclear a trabajos de mantenimiento para evitar riesgos.

Una vez construido el mapa, que no es otra cosa que el dibujo del *parque eléctrico* nacional, puede calcularse la potencia total instalada sumando las potencias de las usinas que las componen, lo que se denomina *potencia total instalada*.

Es ilustrativo tomar en cuenta cuál es la demanda promedio anual de energía eléctrica y compararla con la potencia total instalada. En general, existe siempre una demanda *de base*, una cantidad mínima de energía requerida independientemente de los vaivenes de la demanda estacional o de horarios pico. Por eso es común diversificar el parque eléctrico instalado, de manera tal que algunas centrales eléctricas trabajen "de base", constantemente, mientras que otras lo hagan "de punta", es decir sólo cuando la demanda aumenta respecto de la base. Esta nueva tarea, la de investigar las demandas de base de una ciudad o de una provincia, es parte de la manera en que el estudiante puede tomar conciencia de la problemática energética.

Estos tópicos pretenden dejar en claro que cuando la potencia total instalada es chica (falta de inversiones frente al crecimiento económico social) o el factor de disponibilidad es pequeño (como ocurre con centrales viejas) seguramente el parque eléctrico no pueda responder en las horas pico, lo que implica necesariamente cortes de energía. Y las permanentes demandas de concientización o de penalizaciones por el uso excesivo de energía eléctrica (lo que se conoce como el plan de uso racional de la energía, PURE). Otro de los aspectos que pretenden estos temas es debatir el problema de la federalización de la energía.

Al cabo del trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes podrán:

- Comprender la necesidad de efectuar trabajo para generar cualquier tipo de movimiento en contra de las resistencias ofrecidas.
- Conocer los modos de funcionamiento de los diversos aparatos electrodomésticos que forman parte de la cotidianeidad de los estudiantes en términos de sus intercambios de energía
- Identificar el rol de las pilas como fuentes del trabajo necesario para transportar cargas eléctricas en un circuito eléctrico en contra de la resistencia eléctrica.
- Cuantificar la potencia consumida en un circuito o en un domicilio cuando circula una corriente y compararlo con la potencia entregada por las fuentes.
- Estimar adecuadamente los órdenes de magnitud de las potencias consumidas por los diferentes electrodomésticos.
- Analizar el factor de carga de las diferentes centrales de nuestro país y comparar la potencia total instalada con la potencia requerida, en general y por regiones.

- Analizar críticamente el problema social y ambiental que subyace bajo el problema de la inversión en redes de energía en nuestro país.
- Poder fundamentar sus juicios de valor juicios acerca de posibles soluciones al problema energético argentino
- Tomar conciencia de que el problema energético no se reduce exclusivamente a la mayor generación sino a la toma de conciencia social del uso de la energía.

La energía térmica

Intercambios de energía

Transporte de energía: conducción, convección, radiación. Generación de energía gracias a avances científicos: efecto fotoeléctrico, celdas fotovoltaicas, celdas combustibles. El intercambio de energía en los planetas con atmósfera. El calentamiento global.

Este núcleo continúa y profundiza los temas tratados en el primer eje haciendo foco sobre los intercambios de energía térmica. A partir de lo trabajado en el ciclo anterior (2do y 3er año) año, se retoma la noción de temperatura vinculada a la agitación – energía cinética y/o vibracional– de las partículas que componen los materiales.

Es importante volver a insistir en la distinción entre calor y temperatura, señalando que la noción de temperatura (absoluta) está relacionada con la energía (interna) que poseen todos los cuerpos, mientras que el calor es una de las formas de intercambio de energía entre dos sistemas, pero que no mide ninguna propiedad de un objeto o sistema. El poder hablar distinguiendo cada uno de los términos es una condición necesaria para que los estudiantes puedan ir construyendo un concepto separado del otro.

A los fines del trabajo con problemas cuantitativos, en este núcleo se trabajará con las leyes experimentales de Fourier (**conducción**), Newton (**convección**) y Stephan (**radiación**). No es el objetivo utilizar estas leyes en problemas complejos, ni elaborar complejas ejercitaciones en donde sea más importante el manejo de unidades que la interpretación de los resultados, sino más bien introducir el trabajo con valores numéricos para poder calcular y comparar en cada caso cuál es el mecanismo primordial de intercambio de calor.

Estas ecuaciones relacionan la cantidad de calor intercambiada por unidad de tiempo (la potencia), con las propiedades de los objetos implicados en el intercambio (su diferencia de temperatura) y el material que los conecta (su conductividad, su emisividad, su área, y otras propiedades). Dado que en las ecuaciones aparece la potencia media intercambiada ($\Delta Q/\Delta t$), ahora puede, a diferencia de 3er año, abordarse el tratamiento cuantitativo de estas ecuaciones y analizar gráficos o valores experimentales.

Este tema puede ser objeto de investigaciones escolares, a partir de problemas concretos surgidos de los estudiantes o propuestos por el docente, donde se puedan elaborar y poner a prueba hipótesis cualitativas acerca de las posibles variables de las que depende, tanto el intercambio de calor como la variación de temperatura de un objeto. Dado que la temperatura puede medirse con un termómetro sencillo y simultáneamente puede ir midiéndose el tiempo, con esto podrán hacerse gráficos a partir de datos para analizar, comprobar o refutar las hipótesis puestas a prueba en las investigaciones. Por ejemplo, a través de estas ecuaciones y de análisis cualitativos puede estudiarse el intercambio de calor en diversas situaciones y proponer mecanismos para reforzar o atenuar alguno de los mecanismos (como pintar de plateado para disminuir el intercambio por radiación, o similar). Una investigación interesante y posible de bajo costo es el armado de una cocina solar, en la cual los tres mecanismos se conjugan y es posible producir un objeto concreto y analizar los factores que pueden optimizar su funcionamiento.

Hay además tres elementos que pueden colaborar para estudiar no solo la tasa de intercambio de energía térmica sino además estudiar otros mecanismos que distintos avances científicos contribuyeron a desarrollar y que son puentes importantes entre ciencia y tecnología y ciencia y sociedad porque además producen energía más limpia, menos contaminante:

- Las **celdas fotovoltaicas** transforman energía lumínica en energía eléctrica, y gracias a ellas podemos contar actualmente con paneles solares o cualquier otro dispositivo que funcione a base de esta energía. Una celda fotovoltaica tiene como función primordial convertir la energía captada por el sol en electricidad a un nivel atómico. Desde 1960 la industria espacial comenzó a hacer uso de esta tecnología para conseguir energía eléctrica y distribuirlas luego a bordo de sus naves; fue a través de los programas espaciales que los

científicos y técnicos pusieron énfasis en la energía solar y sus beneficios; cuando su uso alcanzó un alto grado de confiabilidad, se pudo lograr una reducción en los costos.

- **Las celdas de combustible.** Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico que convierte la energía química de una reacción directamente en energía eléctrica. Por ejemplo, puede generar electricidad combinando hidrógeno y oxígeno electroquímicamente sin ninguna combustión. Estas celdas no se agotan como lo haría una batería, ni precisan recarga, ya que producirán energía en forma de electricidad y calor en tanto se les provea de combustible. En la práctica, la corrosión y la degradación de materiales y componentes de la celda pueden limitar su vida útil. La manera en que operan es mediante una celda electroquímica consistente en dos electrodos, un ánodo y un cátodo, separados por un electrólito. El oxígeno proveniente del aire pasa sobre un electrodo y el hidrógeno gas pasa sobre el otro.
- Por último el tema del **efecto invernadero**, vinculado con el mantenimiento de una temperatura estable en los planetas con atmósfera y en nuestro caso uno de los factores determinantes de la existencia de vida en el planeta es un problema interesante de interacción entre radiación y materia. El estudio detallado de este efecto permite analizar el equilibrio entre la radiación incidente del exterior y la emitida por la Tierra interactuando con los gases de la atmosfera terrestre. Este efecto tiene un claro interés ambiental, no solo por su efecto sino también porque puede ser interesante organizar debates acerca del impacto de las emanaciones de distintas empresas y su contribución al efecto invernadero. .

Los tres temas aquí señalados pueden ser trabajados en investigaciones escolares apuntando esencialmente al trabajo de lectura y comunicación de saberes científicos y tecnológicos.

La energía y los seres vivos

Formas de intercambio térmico en seres vivos. Regulación de la temperatura en animales de sangre caliente. Metabolismo basal. Energía y alimentación. El efecto de pelaje. Transpiración. Relación superficie-volumen.

Los seres vivos son excelentes ejemplos de intercambios múltiples de energía y por lo tanto, pueden ser un gran reservorio de situaciones de estudio en donde poner en juego los saberes acerca de los intercambio de energía. Todos los seres vivos realizan continuamente intercambio de energía con el entorno, todos viven en un ambiente térmico. La fuente primaria, como sabemos, proviene de la radiación solar. La energía solar es captada por los organismos directamente, difundida por el cielo o reflejada desde el suelo o las rocas.

La energía disponible para la vida de todos los animales proviene de los alimentos consumidos. Esta energía química se utiliza en:

- trabajo necesario para las funciones fisiológicas esenciales como las del sistema nervioso, corazón, pulmones, digestión, entre otras.
- trabajo muscular externo como el caminar, levantar pesos o hablar.
- producción de calor, manteniendo estable la temperatura del cuerpo (en los animales de sangre caliente).

Puede investigarse, como actividad introductoria para los estudiantes, los gastos de energía que implican cada una de estas funciones.

Los seres vivos habitan un planeta de temperaturas y condiciones climáticas cambiantes y deben disponer de mecanismos para aminorar el efecto de los cambios de temperatura ambiental, por eso en este núcleo se centrará la atención sobre estos procesos. Una de las formas mediante las cuales los organismos liberan calor al exterior y, regulan su temperatura interna, es la **evaporación**. Mediante ella, los seres vivos son capaces de liberar calor para mantener en condiciones óptimas, su medio interno.

Otro proceso de transmisión de calor es la **conducción** que ocurre entre dos cuerpos sólidos, fluyendo del más caliente al más frío. La velocidad con que el calor se transfiere depende del grado de contacto que haya entre ambos, la diferencia de temperatura y del grado de resistencia al calor que tengan los organismos.

La **convección** es otra forma de transferencia de calor por los fluidos debido a sus variaciones de densidad por la temperatura; las partes calientes ascienden y las frías descenden formando las corrientes de convección que hacen uniforme la temperatura del fluido.

La **radiación** térmica se produce cuando el cuerpo se expone a una fuente (el ambiente) que se halla a una temperatura distinta de la propia del organismo y por lo tanto, como en el caso del efecto invernadero, el cuerpo emite una cierta tasa de radiación y también recibe radiación del medio. Si estas dos tasas de intercambio no son las mismas el organismo necesitará de otros medios para poder evitar perder temperatura o aumentarla hasta valores riesgosos.

Las plantas poco pueden hacer para regular su temperatura interna. Constantemente están expuestas a diferentes formas de transmisión de calor y su metabolismo cuenta con muy pocas alternativas para mantener el control de temperatura. Las plantas no pueden desplazarse para evitar o buscar la radiación. Generalmente pierden calor por convección y evaporación, por ello, el tamaño y forma de sus hojas tienen gran importancia. Las hojas que presentan muchos lóbulos o salientes pierden calor de manera más eficiente que las hojas grandes y poco lobuladas.

Los animales han desarrollado mecanismos más sofisticados para enfrentar los cambios de temperatura. Éstos pueden producir calor, haciéndolos moverse y protegerse del frío. Su metabolismo también cuenta con alternativas para regular la temperatura corporal, produciendo calor o aumentando la transpiración.

La relación superficie volumen es un factor esencial en el control de la temperatura sobre todo en los organismos homeotermos. Es un tema interesante calcular las relaciones superficie volumen de distintos animales y este contenido puede permitir hallar relaciones generales que aunque son regularidades no revisten el carácter de leyes. De la comprensión de esta variable para el intercambio de calor se pueden sacar conclusiones importantes como por ejemplo cuál sería el tamaño mínimo que podría tener un organismo de sangre caliente o, por qué abrigar a los bebés incluso en días templados, por qué nos acurrucamos cuando sentimos frío.

La presencia de escama y pelo en el cuerpo ayudan a formar trampas de calor que ayudan al organismo a controlar mejor su temperatura corporal. En muchas ocasiones los organismos recurren al tiritío para producir algo de calor y mejorar sus condiciones internas.

Como puede verse es posible analizar estos temas, sin recurrir a especialistas, es posible trabajar los mecanismos de intercambio de calor de una manera más cercana y significativa a los estudiantes, ya sea a través de actividades de aula, ejercicios

o investigaciones escolares. Sin embargo, de ser posible, el intercambio con un experto no solo permitiría trabajar más ejemplos, sino que además permitiría acrecentar la cantidad de términos y conceptos.

Al cabo del trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes podrán:

- Conocer los distintos mecanismos de intercambio de calor que se dan tanto en objetos inanimados como en seres vivos.
- Poder calcular las tasas de intercambio de energía por los distintos mecanismos en situaciones reales o idealizadas.
- Estimar en casos sencillos cuál de los mecanismos de intercambio puede ser el primordial y porqué
- Conocer distintos dispositivos en los que se produce transformaciones que implican energías térmicas y/o radiación y de energía térmica y explicar su funcionamiento en términos coloquiales.
- Poder diseñar y realizar experiencias vinculadas ya sea a la mejora de aislamientos térmicos o a la medición de intercambios de energía térmica..
- Reconocer el papel de la relación superficie volumen en la regulación de temperatura en seres vivos
- Conocer y poder describir en términos coloquiales las distintas adaptaciones de animales a los cambios de temperatura del entorno.

La energía y la termodinámica

Energía calor y trabajo

Energía interna, calor y trabajo. Noción de energía interna. Primer principio de la termodinámica y conservación de la energía.

Es corriente escuchar por los comentarios de físicos y estudiosos de la didáctica de las ciencias que la energía es algo difícil de definir, que las definiciones que suelen darse son o bien circulares o bien incompletas, y no se pretende en esta unidad resolver semejante situación. Por eso en esta unidad se propone el tratamiento de la energía y su variación en el ámbito de la termodinámica, a partir de intercambios con el medio ya sea en forma de trabajo, o de calor.

El principio de conservación de la energía enuncia el hecho de que siempre que desaparece algún tipo de energía en un sistema (cinética, potencial, del campo) aparece igual cantidad de energía en algún otro sistema, del mismo o de otro tipo. Sin embargo es posible preguntarse e interesar a los estudiantes por la siguiente discusión: ¿es la conservación de la energía una ley experimental surgida de numerosas y minuciosas observaciones, o más bien se trata de un marco de referencia, como lo fue en su momento la dinámica de Newton? ¿Fueron los miles y miles de experimentos cuantitativos los que llevaron a estas conclusiones o más bien fue la creación de un concepto nuevo y fructífero concepto lo que hizo que la noción de energía cobrara el valor que tiene hoy en el campo científico y también fuera de él?

El concepto de energía ha mostrado ser tan fecundo, y a la vez flexible, que ha sido posible ir ampliando su significado a lo largo de la historia para abarcar un espectro cada vez mayor de fenómenos: se introdujo la energía del campo electromagnético para explicar la transmisión señales de radio, se ha “creado” la energía relativista ($E = mc^2$) que resultó de una extensa utilidad (por ejemplo para comprender las reacciones nucleares).

Sin embargo **la conservación de la energía no es un concepto sencillo y es importante señalar como ya se ha hecho más arriba que es necesario separar el aprendizaje de la *noción* de energía del aprendizaje de su *conservación*.**

En esta unidad se tratará con la noción de energía interna, aquella energía que el sistema posee debido a las agitaciones térmicas de sus moléculas o átomos y a las interacciones intermoleculares. Sin embargo no es el interés de esta unidad elaborar un modelo microscópico de esta magnitud, ni analizar el problema de los valores macroscópicos y su relación con valores promedios sobre un conjunto grande de partículas.

Ya se ha trabajado sobre los intercambios de calor, radiación y trabajo, y entonces es posible analizar la energía interna de nuestro sistema a partir de la conocida relación

$$\Delta U = Q - W$$

Donde U es la energía interna, Q el calor intercambiado y W el trabajo realizado por el sistema. Con esta relación, es posible abordar al menos un par de cuestiones:

- a) Un cuestión importante es trabajar en una investigación escolar sobre la historia de la energía en donde pueda verse que es **la interconversión de los fenómenos** (eléctrico, térmicos, mecánicos, luminosos) lo que ha dado su verdadero peso a la noción de energía. Y dentro de este marco puede analizarse la experiencia de Joule de búsqueda del equivalente mecánico del calor (cosa que sólo podría haberse buscado en caso de creer que realmente podía existir) y la historia de Mayer quien quiso llegar a equivalencias similares pero a partir de otros conceptos. La historia de la ecuación escrita más arriba es en realidad la historia de la energía y sus avatares son un claro ejemplo de cómo un concepto va ganando terreno dentro de la comunidad científica no porque sea más correcto que otro sino porque resulta mucho más prolífico.
- b) El segundo aspecto a trabajar sobre esta ecuación es enfatizar acerca de cómo la manera de acotar nuestro sistema hace que cambie la lectura que damos de un mismo fenómeno en términos de intercambios. Por ejemplo un calentador eléctrico sumergido en un recipiente con agua, al conectarse a la red eléctrica, produce el efecto de calentar el agua. ¿cómo puede leerse esto en términos de energías, calores y trabajos? Hay al menos tres maneras: si el sistema considerado es sólo el agua, entonces el calentador entrega **calor** al agua y el resultado es un aumento de su energía interna, o sea en este caso, de su temperatura. La otra manera de verlo consiste en considerar al calentador como parte del sistema, en cuyo caso el sistema agua + calentador ahora recibe **trabajo** de la batería o de la red eléctrica, pero no recibe calor; ahora es el trabajo el que aumenta la energía interna del sistema y por ende su temperatura. Por último, si se incluye a la batería dentro de nuestro sistema, entonces la energía interna total se mantendrá constante, y el sistema batería + agua + calentador no cambia su energía pero la transforma de eléctrica en térmica del agua, por mecanismos internos.

Debe quedar claro que el primer principio de **la termodinámica no asevera la conservación de la energía**, sino que permite calcular su variación a través de intercambios como los que se han mostrado. Sólo en el caso de sistemas aislados que, por definición, no pueden intercambiar ni calor, ni trabajo, ni materia, la energía interna del sistema se mantendrá constante. Por eso debería prestarse atención a algunos usos coloquiales y que podrían usarse para generar debates, a partir de afirmaciones de estilo “nada se pierde, todo se transforma”, o bien “la energía cinética del auto se transformó en calor durante la frenada”.

Procesos reversibles e irreversibles

Procesos espontáneos, procesos reversibles y procesos irreversibles. Los procesos naturales. Segundo principio de la Termodinámica.

Dentro del conjunto de todos los procesos posibles sabemos que algunos ocurren naturalmente en dos direcciones, otros requieren de “una colaboración” energética para poder ser “revertidos” y otros a nuestros ojos aparecen como totalmente imposibles, o irreversibles. Por ejemplo la oscilación de un péndulo es en general un proceso posible en ambos sentidos, la energía cinética en la parte más baja del recorrido se transforma en potencial y viceversa, por eso es posible empezar a hamacarse o bien lanzándose desde un punto elevado o bien con un pequeño empujón desde la parte baja. Si ahora pensamos en la disolución de azúcar en agua, es claro que el proceso sólo puede suceder en una sola dirección, el sólido se disuelve tornando dulce al agua. Pero no es del todo imposible recuperar los dos componentes, aunque requiere de una cierta pericia y sobre todo de energía: es posible separar las componentes por destilación obteniendo azúcar en el fondo del recipiente y agua en otra parte. Por último parece imposible volver a hacer arrancar un auto transformando el calor perdido en la frenada en combustible que se eche dentro del tanque. Esto establece, una necesaria división en procesos reversibles, aquellos que pueden suceder en cualquier dirección sin necesidad de intervención y aquellos que sólo suceden espontáneamente en una única dirección.

La ciencia a lo largo de su historia no siempre consideró esto así. Durante muchos años centenares de inventores se presentaron en oficinas de patentes tratando de enriquecerse a partir de la construcción de una máquina imposible, hoy conocida como móvil perpetuo de segunda especie. La física ha decidido y ha elevado a nivel de principio, la imposibilidad de ciertos procesos.

El interés de esta unidad es presentar una de las nociones más abstractas y generales de la física, no de manera formal, sino más bien a título informativo, como elemento de divulgación científica parte de la alfabetización científica propuesta para los estudiantes: existen ciertos procesos que no son posibles como, por ejemplo, pasar calor de un cuerpo frío a un cuerpo caliente sin entregar energía extra. De este principio se deduce que ciertos tipos de procesos resultan también imposibles, como por ejemplo transformar todo el calor en energía cinética, o transformar la energía de una reacción nuclear en energía de unión de los nucleones ya fisionados.

Este principio habla de una “degradación de la energía” que si bien se conserva en nuestro universo, nunca se mantiene de la misma calidad. Este principio está relacionado con la posible falta de fuentes energéticas tradicionales en un futuro próximo por dos razones a) por una parte debido tanto a la velocidad a la que se consumen los recursos naturales -siempre mayor que la velocidad a la que se vuelven a generar- y b) la degradación inevitable de la energía hace que el planeta se vaya colmando de desechos energéticos y sea necesario adoptar políticas globales de reciclado.

La energía degradada no se ha perdido, pero se ha transformado en muchos casos en calor o en otras formas degradadas de movimiento desordenado. Por ejemplo llevará muchos más tiempo el crecimiento de nuevos árboles a partir de luz solar y nutrientes, que el que lleva a una empresa de celulosa talar un bosque. Se trata de dos aspectos que se conjugan en un problema global, se consume energía natural (bosques, reservas y demás) a mayor velocidad de lo les lleva regenerarse, y por otro lado la energía que queda en el planeta sólo nos provee calor, y no se la puede transformar nuevamente en energía útil, en otro tipo de energía. Por eso interesa que los estudiantes de esta secundaria comprendan el valor de los recursos naturales que existen en nuestro país, valoren el desarrollo de fuentes no contaminantes de energía, y sean capaces de tomar una actitud activa en defensa de consumo sustentable y racional de la energía.

En esta unidad no se espera que se desarrollen cálculos acerca de cuestiones como entropía u otras cantidades físicas vinculadas a la degradación de la energía, aunque existen otras actividades que pueden permitir evaluar si el uso cotidiano que se está haciendo de los recursos energéticos es sustentable o no.

Uno de los indicadores más difundido es la **huella ecológica**. La huella ecológica es un indicador agregado definido como “el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida”. El objetivo de este cálculo consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, comparado con la biocapacidad del planeta. Consecuentemente es un indicador clave para la sostenibilidad. La ventaja de la huella ecológica para entender la apropiación humana reside en la posibilidad de establecer patrones de comparación. Es posible

comparar el gasto diario de energía de una empresa, familia o individuo particular con la energía requerida para el producto sobre la misma escala (hectáreas).

El cálculo de la huella ecológica es complejo, y en algunos casos imposibles, lo que constituye su principal limitación como indicador; en cualquier caso, existen diversos métodos de estimación a partir del análisis de los recursos que una persona consume y de los residuos que produce. Básicamente sus resultados están basados en la observación de los siguientes aspectos:

- La cantidad de hectáreas utilizadas para urbanizar, generar infraestructuras y centros de trabajo.
- Hectáreas necesarias para proporcionar el alimento vegetal necesario.
- Superficie necesaria para pastos que alimenten al ganado.
- Superficie marina necesaria para producir el pescado.
- Hectáreas de bosque necesarias para procesar el dióxido de carbono que provoca nuestro consumo energético. En este sentido no sólo incidiría el grado de eficiencia energética alcanzado sino también las fuentes empleadas para su obtención: a mayor uso de energías renovables, menor huella ecológica.

Desde un punto de vista global, se ha estimado en 1,8 hectáreas la biocapacidad del planeta por cada habitante, es decir que si tuviéramos que repartir el terreno productivo de la tierra en partes iguales, a cada uno habitantes del planeta, les corresponderían 1,8 hectáreas para satisfacer todas sus necesidades durante un año. El test de la huella ecológica no es un instrumento estricto de control ni demasiado preciso, pero muestra de alguna manera la diversidad de factores que se hace necesario considerar para poder construir indicadores que nos den una pauta de la manera en que estamos degradando los recursos del planeta.

Al cabo del trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes podrán:

- Conocer las maneras en que los sistemas pueden variar su energía interna.
- Distinguir conceptualmente entre calor y trabajo. Poder dar descripciones coloquiales de ambos.
- Reconocer la equivalencia de calor y trabajo como mecanismos en términos de intercambio de energía.

- Realizar cálculos sencillos que impliquen intercambio de calor y trabajo reconociendo la dirección de esos intercambios.
- Reconocer el papel de la energía como concepto unificador dentro de la física, dando ejemplos de distintas inter-conversiones.
- Distinguir procesos reversibles de aquellos que no lo son y poder dar ejemplos de ambos.
- Reconocer el carácter esencial de la irreversibilidad de algunos procesos.
- Vincular y describir en palabras coloquiales la relación entre irreversibilidad y degradación de la energía.
- Analizar la degradación de la energía en diversas situaciones y reconocer su relación con la crisis energética actual.
- Diferenciar entre consumo y gasto energético abusivo.
- Valorar el cuidado de los recursos naturales.
- Comprender que la solución de los problemas de los recursos no renovables implican decisiones globales y políticas de estado y no sólo soluciones locales.

Orientaciones didácticas

- 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 propias.
- 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. También se incluyen 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 este Diseño, se señalan tres grandes pilares del trabajo en el aula, que si bien no deberían pensarse ni actuarse en forma aislada, constituyen al menos unidades separadas a los fines de la presentación.

Estos pilares son:

- Hablar, leer y escribir en Física;
- Trabajar con problemas de Física;
- Utilizar y conocer modelos en Física.

Hablar, leer y escribir en Física

Ningún científico piensa con fórmulas. Antes de que el físico comience a calcular ha de tener en su mente el curso de los razonamientos. Estos últimos, en la mayoría de los casos, pueden expresarse con palabras sencillas. Los cálculos y las fórmulas constituyen el paso siguiente".

Albert Einstein

La comunicación (de ideas y/o resultados) es una actividad central para el desarrollo científico y por lo tanto, desde la perspectiva de la alfabetización científica 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*”. 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.

Son conocidas varias de las dificultades que enfrentan los estudiantes con el lenguaje en las clases de ciencias: es habitual comprobar que evidencian dificultades para diferenciar hechos observables e inferencias, para 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. Además, 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 a una falta dominio del género lingüístico correspondiente. Por eso muchos profesores sostienen 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 propuesto por San Martí⁷ 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 resolver a partir del trabajo que se realice respecto de ellas en las aulas de ciencias*.

Las habilidades discursivas que requieren las descripciones, las explicaciones y las argumentaciones, como expresiones diversas, pero características de las ciencias, constituyen formas propias 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

⁷ San Martí, N. Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 2000, 18 (3)

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. No es posible enseñar conceptos en sentido abstracto, los conceptos se construyen y se reconstruyen, social y personalmente, a partir del uso de las expresiones del lenguaje en donde se insertan y cuando se manejan dentro de un grupo que les confiere sentido.

Por ello, es el aula de ciencias, *el ámbito* donde tales sentido 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 propuesto en este diseño, que el aula de Física debe constituirse en una comunidad de aprendizaje.

Así como es importante la discusión y el contraste 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 ciencia se vuelva significativo para los estudiantes.

Este cambio de perspectiva es importante, ya que presupone una revisión a la manera tradicional de plantear las clases de Física. Por lo general las clases se inician informando –exponiendo– los conceptos de forma ya “etiquetada” a través de definiciones, para pasar luego a los ejemplos y por último a las ejercitaciones. Lo que aquí se expresa, en cambio, es un recorrido que vaya 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 dentro de las aulas: 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 a 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 las siguientes acciones:

- leer y consultar diversas fuentes de información y contrastar las afirmaciones y los argumentos en las que se fundan con las teorías científicas que den cuenta de los fenómenos involucrados;
- cotejar distintos textos, comparar definiciones, enunciados y explicaciones alternativas. Por ello se plantea la necesidad de 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 a trabajar;
- producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir);
- comunicar a diversos públicos (al grupo, a estudiantes más pequeños, a pares, a padres, a la comunidad, etc.) una misma información científica como forma de romper con el uso exclusivo del texto escolar.

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 tarea 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 la comunidad toda 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, evitando que sólo 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 en cada nivel de descripción. En relación con los contenidos definidos para este año, al hablarse de los procesos de intercambio y generación de energía, deberá hacerse explícita mención de que las mismas solo se analizarán a nivel macroscópico, aunque los mecanismo que dan cuenta por ejemplo de las reacciones nucleares o de la conducción de la corriente implican el trabajo sobre modelos de lo microscópico. 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”. En este sentido sus simbolismos también deben ser aprendidos. Un caso paradigmático de la física son los nombres propios asignados a las magnitudes (x a la posición, t al tiempo, E a la energía, etc.) sus unidades, sus fórmulas, 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, en consonancia con el enfoque establecido en los diseños de la educación secundaria, requiere hacer evidentes las necesidades que llevaron a

crearlos y las ventajas que de ello derivan, mostrando 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 Lemke⁸ 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 a través de símbolos, ecuaciones y expresiones corrientes- a través del cual se expresan, muestran sus disensos y consensos y a partir del cual se hace 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 en estas materias debe promover que, gradualmente los estudiantes incorporen a su lenguaje coloquial respecto de la Física, los elementos necesarios de este lenguaje particular que les permitan 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 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

⁸ LEMKE, J., *Aprender a hablar ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 1997.

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.

En este apartado es importante hacer un señalamiento respecto de la enseñanza de las fórmulas físicas y la nomenclatura, por un lado, y, por otro, respecto del uso de las ecuaciones matemáticas para expresar resultados o para predecir comportamientos de diversos sistemas.

Respecto del primer aspecto, es importante destacar que durante los tres primeros años de la escolaridad 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 señalando 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 poder 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 sistema 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 su 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, en ningún caso 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 del uso de las ecuaciones transformar a los estudiantes en sujetos algebraicamente diestros ya que en el tiempo de 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, a través de la cual se busca un determinado resultado, el estudiante pueda paulatinamente con ayuda de su profesor y sus pares: a) elegir un sistema de unidades homogéneo que permita operar adecuadamente, b) realizar la /las operaciones matemáticas que implica el cálculo ya sea en forma manual o con calculadora, c) expresar el resultado con la cantidad de decimales que sean propios del problema, no copiando sin criterio una expresión visor de la calculadora y por ultima d) 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 como 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 no se considera indispensable que el estudiante pueda leer una ecuación y extraer multitud de implicancias de ella aunque sí es de esperar que pueda predecir al menos el comportamiento de una variable en función de otra, pudiendo 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 además chequear que esa respuesta sea adecuada.

Al resolver un problema, el experto, el científico, recorre en forma bastante aproximada los pasos señalados por Polya⁹:

1. identifica el problema y sus conexiones conceptuales;

⁹ Polya G., *Cómo plantear y resolver problemas*. México, Trillas, 1987.

2. genera un plan de acción en la búsqueda de soluciones;
3. obtiene resultados que interpreta;
4. por último, evalúa en qué medida los mismos son coherentes con las concepciones científicas propias de ese 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 solución, 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 ser exclusivamente problemas que se hacen 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;

- permitir que los estudiantes comprendan 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 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*, teniendo claro que el horizonte está puesto en alcanzar desempeños más ricos y complejos en los estudiantes.

El docente, como experto en cuestiones de Física, en sus métodos y sus conceptos, y además como experto en resolver problemas de la materia, es quien está en mejores condiciones de 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 propicien en los estudiantes el aprendizaje de conceptos y procedimientos, tanto 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 ejercicios y algunos tipos de problemas más abiertos a modo de indicación.

a. 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 intercambios de energía térmica, cálculos de trabajos y variaciones de energía interna, potencia eléctrica de distintos tipos de instalaciones. Al realizarse este tipo de ejercitaciones tendientes al aprendizaje o aplicación de un algoritmo, la secuencia debería comenzar por problemas en donde la cantidad de datos sea la estrictamente necesaria para obtener la respuesta y el procedimiento sea directo, siguiendo con situaciones en las cuales existan, o bien más, o bien menos datos de los necesarios de modo que el estudiante deba decidir de qué manera seleccionar o buscar los datos pertinentes para la solución; así, se seguirá avanzando hasta lograr que el estudiante maneje con soltura y cada vez con mayor autonomía los conceptos vinculados tanto como los algoritmos requeridos.

Es importante que el docente tenga en cuenta algunas cuestiones a la hora de trabajar con ejercicios.

- Por una parte, 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.

b. 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: son variados los temas que pueden trabajarse como problemas abiertos. A continuación, se señalan algunos problemas abiertos (o semi-abiertos) adecuados a los contenidos de Física para este año:

- a) Se desea construir un cubículo de pequeñas dimensiones que pueda mantener una temperatura constante a partir del encendido o apagado de una lámpara incandescente (incubadora)
- b) Se desea llevar energía eléctrica desde una batería o enchufe hasta un artefacto que se encuentra a más de 20 metros. ¿Qué tipo de conexión (qué cables, de qué manera se los debe conectar) debe hacerse para garantizar el funcionamiento del aparato? ¿Dependerá esto de la potencia del aparato?

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 a los estudiantes 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 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 como: 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, comenzando 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 facilita el trabajo con investigaciones en este momento de su escolaridad.

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 al servicio de la resolución de una problemática, pueden realizarse desde el inicio mismo de la actividad, dando oportunidades a los estudiantes para aprender las técnicas, procedimientos, conceptos y actitudes que resulten pertinentes en cada situación, en el curso mismo de la resolución del problema. Así entendidas las investigaciones escolares 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, siguiendo a Caamaño¹⁰ (2003), algunas fases del proceso seguido durante las investigaciones escolares que permiten orientar el trabajo:

¹⁰ Jiménez Aleixandre, M. P. y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.
Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior 4to año
Introducción a la Física / VERSIÓN PRELIMINAR

- *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.
- *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 a través de 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. *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 los medios adecuados para la realización de las investigaciones, coordinar los debates o plenarios para hacer circular y distribuir entre los estudiantes los resultados y conclusiones alcanzados.* Asimismo, es importante considerar los tiempos que requieren las investigaciones escolares. *Es preciso planificar el tiempo 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, pero 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 de realización y finalmente la de comunicación.

La realización de una investigación escolar no implica, necesariamente, el uso de laboratorio o de técnicas experimentales sofisticadas. Muchas y muy buenas investigaciones escolares pueden realizarse a través de búsquedas bibliográficas o por contrastación con experiencias sencillas desde el punto de vista técnico, cuya realización puede llevarse a cabo en el aula o aun 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 a través de trabajos de investigación bibliográfica como los vinculados con la **degradación de la energía**, o con la **historia de la noción de energía**.

También es posible y deseable que sobre estos contenidos se hagan **debates o sesiones de preguntas a expertos** o bien visitas respecto del **trabajo con materiales radiactivos**, el **uso de la radiación en la cura de enfermedades** y los cuidados que deben tener los enfermeros para conocer cómo es el trabajo y cuáles son las medidas de seguridad que toman quienes trabajan con estos materiales, así como la discusión con paneles de expertos de diversas procedencias sobre los peligros y posibilidades de la utilización de **energía nuclear**. Además, se puede buscar abundante información en los medios, las organizaciones ecologistas, 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 planteado;
- 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 ante los problemas presentados que sean coherentes con los conocimientos químicos;
- 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, aceptando 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;
- plantear conflictos y contradicciones 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 nacidas 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, tal 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, tanto en lo relacionado con los conceptos como con los procedimientos a enseñar.

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

- ¿Cómo puede construirse una cocina solar? ¿qué cantidad de alimento será posible cocinar en ella y en cuanto tiempo?
- ¿Cómo funcionan las pilas recargables? ¿Qué cantidad de recargas admiten? ¿qué debe hacerse una vez que se las deshecha?
- ¿Cuáles son los procesos primordiales de energía que existen en un auto mientras está en marcha pero estacionado? ¿y cuándo se mueve?
- ¿Cómo es la distribución de energía eléctrica en la provincia de Buenos Aires? ¿Qué tipo de centrales existen? ¿Es suficiente? ¿Existe un plan provincial para extender la red eléctrica?

Utilizar modelos

Los modelos son formas específicas de la actividad científica y su uso y construcción deben ser enseñados.

Es necesario revisar el uso que suele hacerse de 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 y como objeto de enseñanza es poco asible y significativo. 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 estelar mencionado en el núcleo “La energía en el universo físico” 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 anteriores¹¹, acerca de cómo suceden los fenómenos naturales. Estas 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 es 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.

¹¹ Driver, R., Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Madrid, MEC/Morata, 1989.
Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior 4to año
Introducción a la Física / VERSIÓN PRELIMINAR

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 arranque y frenado de un auto? ¿Por qué se usan ollas de hierro para cocinar y qué ventajas tienen? ¿Qué sucede con una madera cuando arde o se quema? o ¿Por qué los hornos tienen ventanas de vidrio grueso?

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 se 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 la circulación de la corriente con el flujo de un líquido con rozamiento. Con relación al trabajo con modelos simbólico/matemáticos, será importante tener en cuenta dos cuestiones:

- que 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;

- que dado que estos modelos no surgen como producciones del aula sino que son “transpuestos” a partir de modelos científicos, el trabajo del docente en este caso 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 con 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 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 a los propósitos establecidos: 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 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 del proceso y que permitan 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; a veces, conocer las ideas que los estudiantes traen construidas con anterioridad, en otras ocasiones, conocer la marcha de una modelización, en otras 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 a 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 nuestros estudiantes los conceptos acerca de los intercambios de energía térmica, 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 el otro le restaría utilidad a la evaluación.

Es posible reconocer tres dimensiones para la evaluación. Por un lado, establecer cuáles son los saberes que los estudiantes ya han incorporado previamente, tanto en su escolaridad anterior como en su experiencia no escolar. Por otro, conocer qué están aprendiendo los estudiantes en este recorrido y, por último, conocer en qué medida las situaciones didácticas dispuestas posibilitaron (u obstaculizaron) los aprendizajes. Por eso es que en todo proceso de evaluación, tanto la evaluación de las situaciones didácticas como la evaluación 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 lo que se desea 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 en ellas. Por ejemplo se puede hacer una salida a una industria cercana para analizar los tipos de energía que se usan y de qué manera, o se pueden 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 para hacerlo en forma diferencial. 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 los criterios 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 del presente Diseño Curricular. 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 intercambios de energía térmica: *Dar cuenta de fenómenos o diseñar experiencias que permitan controlar la cantidad de energía térmica intercambiada por un objeto.*

Para poder evaluar en qué grado los estudiantes han podido cumplir con este objetivo o arribar a este punto algunos criterios podrían ser:

- conocer los mecanismos de intercambio de calor y saber de qué variables dependen;
- expresar con palabras las hipótesis de partida y la manera en que serán puestas a prueba que debe realizar;
- 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 como mejorarla;
- redactar un informe de los resultados, extraer conclusiones y analizar las posibles causas de error.

b. Para el núcleo de contenidos sobre la energía en el mundo físico:

Realizar una investigación acerca de las centrales nucleares en Argentina, sus características y usos.

Para poder evaluar en qué grado los estudiantes han podido cumplir con este objetivo o arribar a este punto algunos criterios podrían ser:

- ser capaz de formularse preguntas, en forma individual o grupal que puedan luego ser investigadas;
- conocer la diferencia entre reacción nuclear y radiactividad;
- conocer fuentes de donde obtener información;
- formularse preguntas acerca de esta investigación para luego buscar respuesta en bibliografía o a través de preguntas a expertos;
- recolectar información en forma adecuada y organizada;
- organizar la información de acuerdo a categorías propias o ajenas;
- reconocer la información principal de la secundaria;
- vincular la información obtenido 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 de 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 formulas**, sino que debe integrar, en su forma y en su concepción, los conceptos con las acciones en las que los 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 donde 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 propuesta 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 Fourier o de Newton, la equivalencia entre calorías y Joule, el proceso de producción de energía en una estrella);
- *la definición y/o reconocimiento* de definiciones (qué es la conductividad térmica, 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, de 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 temperatura o una masa o cómo se calcula la cantidad de calor cedida o absorbida por un sistema.
- *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 calorímetro con material de uso cotidiano; el cálculo de la diferencia de temperatura que se produce en un sistema por intercambio de calor, entre otros.
- *La generalización del procedimiento a otras situaciones* en la que se trate de ver en qué medida el procedimiento se ha interiorizado y es capaz de extrapolarse a problemas análogos asociadas a otras temáticas. ¿Cómo se podría estimar si un lago o un río fueron afectados por el fenómeno de lluvia ácida? ¿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 térmicamente una habitación de la misma manera que se hace para un calorímetro?

En todo caso debe advertirse que la comprensión conceptual supone una intervención pedagógica docente de mayor complejidad que la supuesta para evaluar el recuerdo de hechos y datos, y remite al desafío de diseñar 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, Co-evaluación 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 heteronimia –donde es el docente quien 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 el que el estudiante pueda 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, de las argumentaciones y de 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 con que es conveniente 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 a 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 donde 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 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 *co-evaluación*, entendida como una guía que el docente brinda a sus estudiantes durante la realización de una tarea, indicando no sólo la corrección o incorrección de lo realizado, sino proponiendo preguntas o comentarios que orienten a los estudiantes hacia el control de sus aprendizajes, llevándolos a contrastar los objetivos de la actividad con los resultados obtenidos hasta el momento y tendiendo siempre hacia la autorregulación.
- La *auto-evaluación* 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 auto-evaluación no consiste, como se ha practicado muchas veces, en hacer 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, Edward. *Física. Campos y ondas*. México, Fondo Educativo Interamericano, 1970.
- Aristegui R., Baredes, C. y otros, *Física I y Física II*, Buenos Aires, Santillana. 2002
- Giancoli, Douglas, *Física. Principios y aplicaciones*. Barcelona: Reverté, 1985.
- Kane, J. W y Sternheim. *Física*. Buenos Aires. Reverté. 1998
- Jou D., Llebot J.E. y Pérez G.C., *Física para ciencias de la vida*, Buenos Aires, McGraw-Hill, 1999
- Halliday, David, y Resnick, Richard, *Fundamentos de Física*. México/Barcelona: CECSA, 1978.
- Hewitt, Paul, *Física conceptual*, Addison Wesley Iberoamericana, 1995
- Holton, Greg, *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona: Reverté, 1988.
- PSSC., *Física* (3.a ed., dos volúmenes). Barcelona, Reverté, 1975.
- Rela A. y Sztrajman J., *Física I y Física II*, Aique, 2001
- Tipler, Paul., *Física* (dos volúmenes). 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*. Colihue, 1998.
- Kuhn, Thomas. S., *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid, Breviarios, Fondo de Cultura Económica, 1975.

Didáctica de las ciencias experimentales

- Astolfi, Jean. P., *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla. Díada, 2001.
- Cañal, Pedro, *Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación*, 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.
- García, Juan E. y García, Francisco, *Aprender investigando*, Sevilla, Díada, 1989.
- Gil, Daniel y otros, *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*, Barcelona, ICE de la Universidad de Barcelona/Horsori, 1991.
- Gil, D. “Tres paradigmas básicos en la Enseñanza de las Ciencias” en *Enseñanza de las Ciencias* 1, 1983.
- Giordan, Andre, *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid. Siglo XXI, 1982.
- 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.
- Marco, Berta, y otros., “Elementos didácticos para el aprendizaje de las Ciencias Naturales” en *Educación Abierta*, No 17, ICE, Universidad de Zaragoza, 1987.
- Minnick. Santa 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 De León, 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

<http://abc.gov.ar>

<http://redteleform.me.gov.ar/pac/>

Página del Ministerio de Educación de la Nación sobre Alfabetización Científica. Contiene múltiples actividades y planificaciones de posibles intervenciones docentes, así como experiencias sencillas de aula. Es muy interesante y en consonancia con la propuesta del presente DC.

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

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

<http://www.ciencianet.com:>

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

http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc_naturales:

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

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

Apuntes y ejercicios sobre Física y Física.

<http://www.aula21.net:>

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

www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm

Curso completo de física con gran variedad de applets (programas de simulación) interactivos

http://www.lanacion.com.ar/Archivo/nota.asp?nota_id=888146

110 sitios de ciencia en Internet. Esta página da sugerencias y links de más de un centenar de sitios educativos donde encontrar material para las propuestas de aula.

Gobernador
Sr. Daniel Scioli

Vicegobernador
Dr. Alberto Balestrini

Director General de Cultura y Educación
Prof. Mario Oporto

Vicepresidente 1° del Consejo General
de Cultura y Educación
Prof. Daniel Lauría

Subsecretario de Educación
Lic. Daniel Belinche

Director Provincial de Gestión Educativa
Prof. Jorge Ameal

Director Provincial de Educación de Gestión Privada
Lic. Néstor Ribet

Directora Provincial de Educación Secundaria
Mg. Claudia Bracchi