



Materiales Curriculares

Física II



Ciclo Orientado de la Educación Secundaria
Versión Preliminar **2014**



NÓMINA DE AUTORIDADES

Gobernador de la Provincia de La Pampa

Cdor. Oscar Mario JORGE

Vicegobernadora

Prof. Norma Haydeé DURANGO

Ministro de Cultura y Educación

Lic. Jacqueline Mohair EVANGELISTA

Subsecretaria de Educación

Prof. Mónica DELL'ACQUA

Subsecretario de Coordinación

Dr. Juan Carlos NOGUEIRA

Subsecretaria de Cultura

Prof. Analía CAVALLERO

Subsecretario de Educación Técnico Profesional

a/c Ing. Silvia Cristina DAMELIO

Directora General de Educación Inicial y Primaria

Prof. Elizabet ALBA

Directora General de Educación Secundaria y Superior

Prof. Marcela Claudia FEUERSCHVENGER

Directora General de Planeamiento, Evaluación y Control de Gestión

Lic. Patricia Inés BRUNO

Director General de Administración Escolar

Sr. Rogelio Ceferino SCHANTON

Directora General de Personal Docente

Sra. Silvia Beatriz MORENO

Directora de Educación Inicial

Lic. María del Rosario ASCASO

Directora de Educación Especial

Prof. Mirta Susana VALLE

Director de Educación de Gestión Privada

Prof. Lucas ABRAHAM RODEJA

Director de Educación Superior

Prof. Lisandro David HORMAECHE

Director de Educación Permanente de Jóvenes y Adultos

Prof. Natalia LARA



EQUIPO DE TRABAJO

Coordinación:

Barón, Griselda

Haberkorn, Marcela

Espacios Curriculares:

Lengua y Literatura

Barón, Griselda

Bertón, Sonia

Ceja, Luciana

Matemática

Carola, María Eugenia

Citzenmaier, Fany

Flores Ferreira, Adriana

Zanín, Pablo

Física

Ferri, Gustavo

Química

Andreoli, Nora

Sauré, Agostina

Biología

Galotti, Lucía

Iuliano, Carmen

Biología II

Álvarez, Ivana

Galotti, Lucía

Iuliano, Carmen

Biología Molecular y

Biotecnología

Álvarez, Ivana

Galotti, Lucía

Iuliano, Carmen

Educación Física

Boidi, Gabriela

Rousseu Salet, Néstor

Actividad Física y Salud

Boidi, Gabriela

Rousseu Salet, Néstor

Cuerpo y Subjetividad

Boidi, Gabriela

Rousseu Salet, Néstor

Prácticas deportivas y motrices en el ambiente natural

Boidi, Gabriela

Rousseu Salet, Néstor

Tecnología de la Información y las Comunicaciones

Vaquero, Jorge

Investigación y Desarrollo

Tecnológico

Vaquero, Jorge

Proyecto tecnológico en

Informática

Vaquero, Jorge

Seguridad y legislación en

Informática

Vaquero, Jorge



Educación Artística: Artes

Visuales

Dal Santo, Araceli

Gaiara, María Cristina

Lenguaje de la Danza

Morán, Gabriela

Villalba, Gladys

***La Danza y su contexto: análisis
coreográfico***

Villalba, Gladys

Proyecto de realización artística

Villalba, Gladys

Lenguaje Teatral

Rodríguez, Gustavo

Agro - Ecosistemas

Lluch, Marta

Patrimonio Cultural Turístico

Dal Santo, Araceli

Introducción a la Comunicación

Pagnutti, Lautaro

Comunicación Digital

Dal Santo, Araceli

Pagnutti, Lautaro

***Discursos periodísticos orales y
gráficos***

Pagnutti, Lautaro

***Producción y Gestión de la
Comunicación***

Pagnutti, Lautaro

Tecnología de los Sistemas

Informáticos

Vaquero, Jorge

Recreación y Tiempo Libre

Rousseu Salet, Néstor

Antropología

Porcel, Alejandra

Sociología

Aláinez, Carlos

Física II

Ferri, Gustavo

Educación Artística: Música

Baraybar, María Alejandra

Ré, Laura

Educación Artística: Danza

Morán, Gabriela

Villalba, Gladys

Educación Artística: Teatro

Rodríguez, Gustavo

Lengua Extranjera: Inglés

Braun, Estela

Cabral, Vanesa

Cheme Arriaga, Romina

Geografía

Leduc, Stella Maris

Pérez, Gustavo Gastón

Historia

Feuerschvenger, Marcela

Hormaeche, Lisandro

Raiburn, Valeria Lorena

Vermeulén, Silvia

Economía

Much, Marta

Economía II

Much, Marta



Proyecto de emprendimiento

socio productivo

Much, Marta

Organización y procesos

administrativos

Much, Marta

Psicología

Etchart, Laura

Cultura y Ciudadanía

Feuerschvenger, Marcela

Raiburn, Valeria Lorena

Ciencias de la Tierra

Galotti, Lucía

Iuliano, Carmen

Teoría y Gestión de las

Organizaciones

Much, Marta

Química II

Andreoli, Nora

Sauré, Agostina

Química del mundo actual

Andreoli, Nora

Sauré, Agostina

Historia del Conocimiento en

Ciencias Naturales

Álvarez, Ivana

Andreoli, Nora

Ferri, Gustavo

Galotti, Lucía

Iuliano, Carmen

Sauré, Agostina

Derecho Económico

Much, Marta

Sistema de información contable

Much, Marta

Estudios Interculturales en Inglés

Braun, Estela

Estudios Interculturales en

Portugués

Bezerra, Heloísa

Braun, Estela

Lengua y Cultura Extranjera:

Francés

Braun, Estela

Carracedo, Lilia

Arte y Contexto

Dal Santo, Araceli

Jaume, Karina

Quiroga, Gladys

Arreglos Musicales

Baraybar, Alejandra

Ré, Laura

Improvisación y Producción

Coreográfico

Villalba, Gladys

Comunicación y Medios

Pagnutti, Lautaro

Aplicaciones Informáticas

Vaquero, Jorge

Tecnología de la Conectividad

Vaquero, Jorge

Derecho

Much, Marta



Lengua y Cultura Extranjera:

Portugués

Bezerra, Heloísa
Braun, Estela
Cabral, Vanesa
Cheme Arriaga, Romina
Fernández, Flavia

Lenguaje Visual

Gaiara, María Cristina
Dal Santo, Araceli

Artes y nuevas tecnologías

Dal Santo, Araceli
Jaume, Karina
Quiroga, Gladys
Sape, Andrea

Proyecto de realización en Artes

Dal Santo, Araceli
Jaume, Karina
Quiroga, Gladys
Sape, Andrea

Producción Musical

Baraybar, Alejandra
Ré, Laura

Música y contexto

Baraybar, Alejandra
Ré, Laura
Rohwain, Laura

Proyecto de realización musical

Baraybar, Alejandra
Ré, Laura
Rohwain, Laura

Prácticas Deportivas y Atléticoas

Boidi, Gabriela
Rousseu Salet, Néstor

Prácticas Gimnásticas y

Expresivas

Boidi, Gabriela
Rousseu Salet, Néstor

Producción y Dramaturgia

Rodríguez, Gustavo

Agro-biotecnología

Lluch, Marta

Agro Bioseguridad

Lluch, Marta

***Taller de Investigación sobre
problemáticas ambientales y
rurales***

Lluch, Marta

Servicio Turístico

Vasquez Martin, Aixa

***Proyecto turístico socio
comunitario***

Vasquez Martin, Aixa

Historia Del Arte y Del

Patrimonio Cultural

Sape, Andrea

Comunicación, Arte y Cultura

Pagnutti, Lautaro

Construcción de Ciudadanía

Molini, Judith



Gobierno de La Pampa

“2014 – Año de Homenaje al Almirante Guillermo Brown,
en el Bicentenario del Combate Naval de Montevideo”

**Subsecretaría de Coordinación
Ministerio de Cultura y Educación**

Filosofía

Echeverría, Luis

Metodología de la Investigación en Ciencias Sociales

Molini, Judith

Diseño de portada:

Mazzaferro, Marina

Documentos Portables, Publicación Web:

Bagatto, Dante Ezequiel

Chaves, Nadia Geraldine

Fernández, Roberto Ángel

Haspert, Fernando Ariel

Herrera, Emmanuel

Mielgo, Valeria Liz

Ortiz, Luciano Marcos Germán

Sanchez, Christian Javier

Wiedenhöfer, Patricia



**MATERIALES CURRICULARES
PARA EL QUINTO AÑO DEL
CICLO ORIENTADO DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA**

FÍSICA II



| ÍNDICE | Página |
|--|--------|
| Nómina de Autoridades | i |
| Equipo de Trabajo | ii |
| Materiales Curriculares | |
| Fundamentación | 3 |
| Objetivos | 5 |
| Ejes que estructuran el espacio curricular | 7 |
| Fundamentación de los ejes | 8 |
| Saberes seleccionados | |
| Quinto año | 9 |
| Orientaciones didácticas | 12 |
| Bibliografía | 25 |
| Mesas de Validación | viii |



FUNDAMENTACIÓN

La escuela secundaria debe garantizar el derecho de todos los estudiantes a tener una educación y una cultura científica de calidad, indispensable en la construcción de la ciudadanía. La formación específica en Ciencias Naturales debe asegurar a los estudiantes que opten por ella, ampliar y profundizar la alfabetización científica ya iniciada en los años anteriores.

La enseñanza en esta orientación procura profundizar en el tratamiento matemático de los modelos físicos, y acercar a los estudiantes a los problemas científicos actuales de relevancia social o tecnológica y a las metodologías científicas implicadas.

Con respecto al primero de los propósitos enunciados, se trata de diseñar experimentos que permitan establecer una relación cuantitativa entre variables expresables matemáticamente, o bien, partir de expresiones matemáticas de leyes generales que puedan predecir el resultado de experimentos. Será necesario poner énfasis en destacar que son los experimentos los que consolidan una teoría física, y también, son hechos experimentales los que la pueden poner en crisis. Una teoría ampliamente aceptada nunca entrará en crisis por medio del debate sino solo si existe un experimento que no pueda explicar. Esta idea es central para abordar el segundo de los propósitos enunciado, el de la Física del Siglo XX.

En este espacio curricular, que es específico de las Ciencias Naturales, se propone poner a los alumnos en contacto con nociones de las teorías físicas del siglo XX: la mecánica cuántica y la relatividad, como así también con algunos conceptos sobre astronomía y astrofísica.

Los modelos científicos abordados deberán surgir como una necesidad al intentar encontrar una solución o explicación a un problema, ya sea de carácter teórico o práctico.

¿Es necesario estudiar nociones de Mecánica Cuántica y Relatividad en la escuela?

Para responder a esta pregunta bastaría mencionar que toda la tecnología actual se basa directa o indirectamente en la Mecánica Cuántica. La Física Cuántica fundamenta la electrónica fundada en semiconductores, el láser, la tecnología



nuclear, el desarrollo de tecnologías actuales como la computación cuántica y la nanotecnología. Desde el punto de vista del conocimiento básico, la Mecánica Cuántica es la base de la química y por lo tanto es imprescindible para una comprensión de la estructura de la materia a escala macroscópica, como por ejemplo, al momento de comprender las propiedades de los metales y el desarrollo de nuevos materiales, como el grafeno. Junto con la teoría de la relatividad, provee el marco adecuado para describir las interacciones fundamentales a nivel sub-nuclear a través del modelo estándar. Incluso teorías aún especulativas acerca de la unificación de todas las interacciones, como lo es la teoría de cuerdas, no contradicen sus principios.

La aparición de la Mecánica Cuántica constituye un hito en el desarrollo intelectual de la humanidad y, en consecuencia, la escuela es un ámbito apropiado para invitar a que los estudiantes la conozcan (Fanaro, 2009).

Según Sztrajman

la relatividad, obra de Albert Einstein, ha modificado profundamente nuestra percepción del mundo de los fenómenos naturales y nuestra comprensión de conceptos tan fundamentales como espacio, tiempo y gravitación. Las ideas relativistas han ejercido una profunda influencia en toda la física, desde el mundo microscópico, atómico y nuclear, hasta las grandes formaciones astronómicas del universo”. (Sztrajman, 2007)

Por ello, el conocimiento básico de la revolución en los conceptos de la física, plasmados en la Mecánica Cuántica y la Relatividad, debería integrar el bagaje cultural de una población educada y desarrollada, al igual que la literatura, la matemática o la economía política. Adoptar la Mecánica Cuántica y la Relatividad como conocimiento culturalmente valioso para introducir su estudio en la escuela media, es superador de la tradicional limitación de la física escolar a contenidos anteriores a 1900.

¿Es necesario estudiar nociones de Astronomía y Astrofísica en la escuela?

La Astronomía despierta interés en los jóvenes y adolescentes, abriendo



nuevos horizontes de percepción en los fenómenos cotidianos. En Ciencias Naturales conceptualizamos el mundo, pero la naturaleza no es solamente la inmediata, sino también la del cosmos. La Astronomía es una disciplina que intenta responder preguntas tales como ¿dónde estamos y de qué estamos hechos? ¿Cuál va a ser nuestro futuro y cuál fue nuestro pasado más probable? Los jóvenes reciben permanentemente información astronómica que requiere un análisis específico, y el lugar adecuado para ese análisis es la escuela (Tignanelli, 1997).

Resulta indudable el valor de la Astronomía para el bagaje cultural general que todo ciudadano debe poseer y también por su relación estrecha con otros campos de las ciencias tanto naturales como sociales. Con respecto a las ciencias naturales, la Astronomía se vincula con: la Mecánica en las leyes del movimiento planetario de Kepler y en la gravitación universal de Newton; la radiación de cuerpo negro de la mecánica cuántica en los modelos estelares; el origen de los elementos químicos en los procesos de fusión nuclear en las estrellas; el origen de las partículas elementales a través de modelos cosmológicos como el Big-Bang; la Historia y Epistemología de la ciencia a través del cambio de paradigma aristotélico a copernicano. En cuanto al vínculo de la Astronomía con las ciencias sociales podemos mencionar: la fijación de fechas móviles de festividades religiosas y paganas; el desarrollo cultural de distintas civilizaciones a través del estudio del calendario y su relación con eventos astronómicos; la datación de eventos históricos a través de eclipses.

Por estos motivos, entre otros, la Astronomía debe ocupar un lugar en el currículo de la Educación Secundaria.

OBJETIVOS

- ✓ Adquirir una visión de la ciencia como una construcción social, de carácter provisorio, que forma parte de la cultura, con su historia, sus consensos y contradicciones, y la valoración de sus aportes e impacto a nivel personal y en la sociedad.



- ✓ Comprender modelos científicos escolares y usar el lenguaje básico de la Física, tanto en el análisis y la producción de textos orales y escritos como en la búsqueda y sistematización de la información, profundizando y complejizando los saberes alcanzados en el Primer Ciclo.
- ✓ Argumentar y/o analizar argumentos producidos por otros, para justificar explicaciones y/o tomar decisiones personales y/o comunitarias basadas en conocimientos científicos.
- ✓ Predecir fenómenos o resultados sobre la base de modelos. Diseñar experimentos que permitan verificar esas predicciones, o bien que permitan establecer leyes cuantitativas expresables matemáticamente.
- ✓ Elaborar y analizar conclusiones a partir de distintas situaciones problemáticas, utilizando modelos.
- ✓ Interpretar cuantitativamente relaciones existentes entre variables involucradas en procesos mecánicos, eléctricos, magnéticos, electromagnéticos y de física moderna, utilizando conceptos matemáticos como herramientas.
- ✓ Identificar problemas científicos actuales de relevancia social significativa para los estudiantes, en especial del contexto cercano, como los vinculados al ambiente y la salud, utilizando los conocimientos científicos escolares con una actitud crítica y propositiva.
- ✓ Incorporar el uso adecuado de las TIC como una de las herramientas de apropiación de saberes, de discusión y debate; de comunicación de resultados en formatos variados; de producción y circulación de materiales en distintos lenguajes, en el marco de la actividad científica escolar.
- ✓ Despertar la curiosidad de los alumnos y ayudarlos a reconocer la física como una empresa humana y, por lo tanto, cercana a ellos.



EJES QUE ESTRUCTURAN EL ESPACIO CURRICULAR

Con el propósito de presentar los saberes a enseñar y aprender en este ciclo, se han establecido ejes que permiten agrupar, organizar y secuenciar anualmente esos saberes¹, atendiendo a un proceso de diferenciación e integración progresivas, y a la necesaria flexibilidad dentro del ciclo.

Además, se tomaron en cuenta, en la instancia de enunciación de los saberes, los criterios de progresividad, coherencia y articulación al interior del ciclo y con el nivel anterior.

“Proponer una secuencia anual no implica perder de vista la importancia de observar con atención, y ayudar a construir los niveles de profundización crecientes que articularán los aprendizajes de año a año en el ciclo” (CFCE-MECyTN, 2006: 13).

En este marco, reconociendo la heterogeneidad de nuestras realidades como un elemento enriquecedor, el Estado provincial se propone la concreción de una política educativa orientada a desarrollar acciones específicas con el objeto de asegurar la calidad, equidad e igualdad de aprendizajes, y en consecuencia, garantiza que todos los alumnos alcancen saberes equivalentes, con independencia de su ubicación social y territorial. De este modo, la jurisdicción aporta a la concreción de la unidad del Sistema Educativo Nacional.

Desde esta perspectiva, los Marcos de Referencia para el Ciclo Orientado de la Educación Secundaria, actúan como referentes y estructurantes de la elaboración de las versiones preliminares de los Materiales Curriculares del Ciclo Orientado de la Educación Secundaria de la provincia de La Pampa.

En el espacio curricular de “Física II”, para el quinto año del Ciclo Orientado de la Educación Secundaria, se definieron los siguientes ejes:

- ✓ Eje: Modelos matemáticos en mecánica, termodinámica y electromagnetismo
- ✓ Eje: Partículas, ondas y campos y los actuales paradigmas de la física

¹ Saberes: conjunto de procedimientos y conceptos que mediados por intervenciones didácticas en el ámbito escolar, permiten al sujeto, individual o colectivo, relacionarse, comprender y transformar el mundo natural y sociocultural.



✓ Eje: Introducción a la Astronomía y la Astrofísica

En una situación de enseñanza y aprendizaje, los saberes enunciados al interior de cada uno de los ejes pueden ser abordados solos o articulados con saberes del mismo eje o de otros ejes.

FUNDAMENTACIÓN DE LOS EJES

Eje: Modelos matemáticos en mecánica, termodinámica y electromagnetismo

La importancia de este eje radica en la necesidad de enfatizar la interrelación entre teoría y experimento y en el hecho de que en la física, más que en otras disciplinas, las leyes se expresan en forma matemática.

Eje: Partículas, ondas y campos y los actuales paradigmas de la Física

En un siglo en el cual ideas revolucionarias han cambiado totalmente la ciencia, es inaceptable que los estudiantes no tengan contacto con el excitante mundo de la física actual. Los estudiantes oyen hablar de temas como semiconductores, láser, antimateria o agujeros negros en la televisión o en revistas de divulgación científica, pero hasta el momento, no en clases de física. La enseñanza de temas actuales de la física puede contribuir para transmitir a los alumnos una visión más correcta de esa ciencia y de la naturaleza del trabajo científico, superando la visión lineal, netamente acumulativa, del desarrollo científico que impregna los libros de texto y las clases de física hoy utilizados. (Ostermann, 2000)

Eje: Gestión de prácticas de Actividad Física y Salud

La Astronomía es una ciencia natural que procura explicar al Universo más allá de nuestro diminuto entorno. Al igual que con la física moderna, los adolescentes son bombardeados con una información astronómica permanente acerca de Big-Bang, agujeros negros o planetas extrasolares que requiere de un análisis específico, y el colegio es el lugar indicado para hacerlo. La enseñanza de la Astronomía prepara a los chicos para poder asimilar toda esa información, lo que significa desde pensar acerca de vuelos espaciales de búsqueda de vida extraterrestre, hasta disfrutar de una película del género ciencia ficción entendiendo cuál es el proceso que fue fantaseado. Si no fue formado para comprenderlo, está viendo en esas películas perspectivas de futuro, lo cual no siempre es cierto.



SABERES SELECCIONADOS PARA EL QUINTO AÑO DEL CICLO ORIENTADO DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Eje: En relación con modelos matemáticos de la física

La construcción de modelos matemáticos empíricos.

Esto supone:

- ✓ definir y delimitar un problema.
- ✓ Diseñar un experimento que dé respuesta al problema.
- ✓ Controlar variables.
- ✓ Modelizar los datos obtenidos con funciones matemáticas sencillas.

El uso de modelos matemáticos teóricos para predecir el comportamiento de un sistema.

Esto supone:

- ✓ predecir el comportamiento de un sistema físico o el resultado de un experimento a partir de leyes generales de la física.
- ✓ Contrastar esas predicciones con experimentos, ya sea realizados en el aula o leídos en publicaciones.
- ✓ Debatir acerca de la contrastación de resultados previstos y resultados obtenidos (por el estudiante o por terceros).

Eje: En relación con las partículas, ondas y campos y los actuales paradigmas de la física.

La aproximación a la comprensión de conceptos básicos de la Teoría Especial de la Relatividad.

Esto supone:

- ✓ identificar el papel que tiene la velocidad de la luz como velocidad límite de la naturaleza en el contexto de la TER.



- ✓ Debatir sobre las implicancias de la dilatación del tiempo en la posibilidad de viajes espaciales fuera del Sistema Solar.
- ✓ Identificar el papel que tiene la equivalencia masa-energía en la tecnología actual (reactores nucleares, tomógrafos de emisión de positrones, por ejemplo).

La aproximación a la comprensión de conceptos básicos de la Mecánica Cuántica y de la estructura atómica.

Esto supone:

- ✓ interpretar la estructura electrónica de los átomos.
- ✓ Aproximarse gradualmente al reconocimiento de los niveles de energía, estado fundamental y estados excitados de los átomos.
- ✓ Comprender la interacción de los cuantos de luz con los electrones de los átomos.
- ✓ Reconocer fenómenos en los que la luz se comporta como partículas.
- ✓ Reflexionar sobre la naturaleza probabilística de la mecánica cuántica.

El reconocimiento y descripción de fenómenos nucleares tales como la fusión y fisión nuclear y la radiactividad.

Esto supone:

- ✓ explicar algunas reacciones nucleares, en particular el decaimiento radioactivo, a partir de conceptos tales como masa atómica, número atómico, isótopo y nucleído.
- ✓ Aproximarse a la relación entre la vida media de un radioisótopo con sus posibles aplicaciones (Datación de rocas, datación de restos arqueológicos, usos en medicina, etc.).
- ✓ Reconocer algunas de las aplicaciones de la física nuclear a la medicina, como por ejemplo, la resonancia nuclear magnética, radioterapia o braquiterapia, tomografía por emisión de positrones.



Eje: En relación con la introducción a la Astronomía y la Astrofísica

La descripción del Sistema Solar y la reflexión sobre alguna de las teorías acerca de su formación.

Esto supone:

- ✓ reconocer los distintos modelos que describen al sistema Solar a lo largo de la historia: Ptolomeo, Copérnico, Kepler, Newton.
- ✓ Identificar componentes, estructura y dimensiones del Sistema Solar
- ✓ Reconocer características básicas de la Tierra y otros cuerpos celestes del sistema solar, identificando los factores que hacen posible la vida en nuestro planeta y podrían hacerla viable en otros.
- ✓ Reflexionar acerca de las teorías actuales sobre la formación del sistema Solar.

El reconocimiento de la existencia de distintos tipos de estrellas y de los modelos que explican su evolución.

Esto supone:

- ✓ identificar los datos astrofísicos de las estrellas: dimensiones, masa, magnitudes y espectros.
- ✓ Reconocer el papel de las reacciones nucleares en el interior de las estrellas a fin de interpretar el proceso de nucleosíntesis.
- ✓ Reflexionar acerca de la posible evolución futura del Sol.

La interpretación de algunas teorías sobre el origen del Universo.

Esto supone:

- ✓ reflexionar sobre algunas de las teorías sobre el origen del Universo.
- ✓ Reconocer los aspectos más destacados de la teoría del Big Bang y los hechos empíricos en los que se sustenta.



ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Modelos matemáticos

Enseñar, es plantear problemas a partir de los cuales sea posible reelaborar los contenidos escolares, y avanzar en la reconstrucción de esos contenidos. Por lo tanto, es necesario promover la discusión sobre los problemas que permitan redefiniciones sucesivas y el planteo de nuevos problemas, relacionados con los del inicio.

Aquí es necesario interrogarse sobre qué preguntas, situaciones o experiencias pueden constituirse en problemas para nuestros alumnos, pero fundamentalmente qué criterios se deben tener en cuenta al proponer estas situaciones en clases, acorde a lo que se quiere enseñar. En este sentido, es pertinente que los alumnos dispongan de algunos conocimientos que les permitan abordar los problemas, pero no los suficientes, como para que deje de ser un problema, y sí les resulte desafiante. Es decir, promover la activación de los saberes que los alumnos tienen, generando debates en función de lo que se espera que aprendan; se plantean problemas contextualizados, que posibiliten distintas soluciones y se resuelvan por diversos caminos.

Así, en las clases de ciencias pueden proponerse situaciones de búsqueda de información, lectura y escritura, interacción oral, situaciones de observación y experimentación, salidas de campo, entre otras.

Al abrir distintos caminos para intentar dar respuesta a un problema, en ciertos contextos toma importancia la experimentación. En esas instancias, el trabajo experimental tiene como propósito responder a determinados interrogantes, planteados por los propios alumnos, en el recorrido de una propuesta de enseñanza. Allí, desde el comienzo, la intervención docente se basa en focalizar en los conceptos que se quieren enseñar, y en algunos modos de conocer propios del trabajo experimental, como el planteo de preguntas, la formulación de anticipaciones, el diseño de dispositivos, el registro y análisis de datos, el debate, entre otros.

Desde primer año hasta cuarto, los estudiantes han tenido la oportunidad de explorar las diversas áreas de la Física: mecánica, termodinámica, óptica, electromagnetismo, etc. Trabajar con los modelos matemáticos de la física no



significa volver a ver y desarrollar alguno de ellos, sino identificar un problema específico, delimitarlo adecuadamente y trabajar con él. Damos a continuación algunos ejemplos posibles simplemente a modo de orientación. El profesor de física tiene la libertad de elegir otros, de acuerdo a su preferencia, el interés de los alumnos o las posibilidades de implementar las experiencias en la escuela.

Un ejemplo en el campo de la mecánica puede ser obtener empíricamente la ley del péndulo, del período proporcional a la raíz cuadrada de la longitud. El trabajo no debe consistir en llevarle a los alumnos una guía con un “recetario” de actividades para hacer, una después de la otra. Antes de empezar hay que analizar con los estudiantes qué experimentos se harán, cómo se implementarán, qué se va a medir. Si la masa tiene que ser un objeto más o menos compacto o puede tener una forma irregular, cómo se va a medir la longitud del hilo, cómo se va a medir el período - que es un tiempo pequeño-, sin que tenga mucha influencia el tiempo de reacción del dedo al accionar el cronómetro, etc.; si la masa influye en la medición del período, o la amplitud de oscilación. Hay que alentar a los estudiantes a que propongan metodologías a seguir, que hagan todas las pruebas consideradas necesarias, que ensayen la forma en que van a medir, hasta poder elaborar un plan a seguir. Cuando ese plan está listo, entonces recién poner manos para obtener los datos. Plotear los datos, ver si se puede identificar una función matemática que los aproxime. Suele ser útil graficar [longitud] vs. [tiempo al cuadrado], ya que en este caso, si las mediciones están bien hechas se obtendrá una recta. Analizar los datos y si es necesario, repetir las mediciones que sean necesarias, hasta llegar a una conclusión. Finalmente, les propondremos que redacten un informe de lo hecho.

Este trabajo con el péndulo puede completarse recorriendo el camino inverso: partir de la segunda ley de Newton (que es un modelo teórico, una teoría general) aplicada al péndulo, y de ahí deducir una expresión para el período en función de la longitud del péndulo para ver la concordancia (o no) con la ley obtenida empíricamente. Esto da oportunidad de enfatizar el hecho de que una ley general se gana su derecho a ser tal, si pueden deducirse de ella explicaciones para todas las leyes parciales, empíricas, como la obtenida en el laboratorio con el péndulo, y además predice otras nuevas.

Otro trabajo para vincular modelos teóricos con leyes empíricas puede ser explicar la 3ª ley de Kepler (ley empírica, que obviamente no vamos a obtener en el aula, pero sí en cualquier libro), a partir de la ley de gravitación universal y la 2ª ley de



Newton. Hay que destacar el carácter empírico de la ley de Kepler, que la obtuvo de cotejar los datos observacionales debidos a Tycho Brae, casi medio siglo antes que naciera Newton. Y seguramente, antes de empezar habrá que repasar conceptualmente la ley de gravitación.

Como subproducto muy interesante de la actividad anterior podemos deducir una relación entre la velocidad de los planetas y la distancia al Sol, ($v = \text{cte}/R^{1/2}$) y con una tabla de datos de los planetas, verificar que se cumple para todos ellos. Pero lo más interesante es graficar esta relación y compararla con la obtenida (observacionalmente) para una galaxia espiral, para concluir que la galaxia debe tener mucho más masa de lo que se ve, lo que ha llevado a hipotetizar sobre la existencia de “materia oscura”, tema de principal interés en la astronomía del siglo XXI.

Un ejemplo en el campo de la termodinámica: obtener empíricamente la ley de enfriamiento de Newton. La rapidez de enfriamiento es proporcional a la diferencia de temperatura entre un objeto y el medio que lo rodea. Se puede hacer fácilmente con un tarro con agua caliente, dos termómetros y un reloj o cronómetro. También, lo más sustancioso, una vez identificado el problema, es diseñar el experimento: cómo se va a determinar la rapidez de enfriamiento, cómo se va a determinar la diferencia de temperatura entre el sistema (tarro con agua) y el entorno (aire circundante), probar distintas variantes, y finalmente trazar el plan y ejecutarlo. Si todo sale bien, los datos representados en un gráfico [rapidez de enfriamiento] vs. [diferencia de temperatura] quedarán alineados en una recta. Podemos preguntarnos luego qué pasa si en vez de agua se trata de aceite, o si el recipiente en vez de aluminio es de vidrio, si en vez de un litro de agua ponemos medio litro, etc. Y repetir el experimento controlando variables, y discutir sobre los resultados. Otra variante, si los alumnos conocen las funciones logaritmo y exponencial, es comprobar que la temperatura del sistema depende exponencialmente del tiempo, graficando [$\log(\text{Temperatura})$ vs tiempo].

Para que la actividad no quede solamente en la obtención de la ley, se puede trabajar mediante alguna lectura adecuada, por ejemplo, el uso que Lord Kelvin hizo de la misma para estimar la edad de la Tierra, a fines del siglo XIX. Supuso que la Tierra era inicialmente una masa de lava a 3900K (hipótesis muy razonable) y que desde entonces ha ido enfriándose. El valor obtenido por Kelvin, de unos cien millones de años resultaba muy inferior a lo que por entonces estimaba Charles



Darwin en base al tiempo necesario para que hayan podido evolucionar todas las especies existentes y las fósiles conocidas. Actualmente se sabe que la edad de la Tierra es de unos 4600 millones de años, por lo tanto, no es una esfera de roca inicialmente caliente que simplemente se fue enfriando, sino que contiene una fuente de calor en su interior. ¿Cuál?

Algunos colegios tienen laboratorios bien equipados y cuentan con distintos tipos de sensores, entre ellos de campo magnético. Si ese sensor todavía está en la escuela y funciona, se puede establecer una relación cuantitativa entre la corriente que circula por una bobina y el campo magnético generado en su centro. Nuevamente se puede planificar el experimento con control de variables: número de vueltas de la bobina, sección transversal (si se cuenta con, por lo menos, dos o tres bobinas distintas) o si no, mirar la variación de la intensidad del campo magnético a lo largo del eje de la bobina.

Usar la ley de decaimiento radiactivo (teórica) para estimar la antigüedad de una muestra, dada su concentración actual de ^{14}C . O también la antigüedad de una roca con otros radioisótopos.

Con el dato de la constante solar, estimar la cantidad total de energía radiada por el Sol cada segundo (potencia total). Suponiendo que toda la energía producida por el Sol proviene de la fusión de cuatro átomos de H en uno de He y de la diferencia de masa entre ellos ($E_0=mc^2$, modelo teórico) estimar la cantidad de masa que pierde el Sol por segundo, y también cuánto tiempo vivirá el Sol antes de que se acabe su provisión de Hidrógeno. Esto requiere hacer una planificación detallada del trabajo antes de comenzar. Por ejemplo, determinar qué información se necesita y dónde buscarla, cómo se van a hacer los cálculos, etc.

Física Moderna

En la Física I, del trayecto común en el Ciclo Orientado, los estudiantes tienen una primera aproximación a la Física Moderna. Adquieren la idea de que además de la “Física Clásica” con la que vienen trabajando desde el primer año, “hay algo más”. Quienes eligieron la orientación en Ciencias Naturales, tienen la oportunidad, en Física II, de transitar algunos pasos de ese “algo más”, y familiarizarse con



conceptos tales como el 'cuanto', la equivalencia masa-energía, algunos efectos cinemáticos de la relatividad, los núcleos o los modelos cosmológicos.

Al abordar los temas de la física moderna es mucho más difícil poner a los alumnos en contacto con los fenómenos naturales. Los fenómenos que buscan entender los científicos no son solo aquellos que se pueden percibir directamente con los sentidos, sino también lo que se detecta mediante instrumentos que extienden los sentidos, por ejemplo microscopios y telescopios, y otros experimentos indirectos cuyos resultados solo se pueden interpretar a la luz de una teoría. Así es como la ciencia actual describe galaxias lejanas, el origen del universo, temperaturas asombrosas (interior del Sol), velocidades altísimas, densidades increíbles (estrellas de neutrones), cosas que pasan en las células que no podemos ver, fuerzas que no se pueden percibir con los sentidos (la nuclear fuerte y débil), luz invisible (ultravioleta, por ejemplo). El hecho de que no puedan ser observados no implica que no sea posible describirlos. En todos los casos será necesario preguntar “¿Cuál es la evidencia que sostiene tal o cual cosa?”. Para respetar el aspecto empírico de la ciencia será necesario poner especial atención en indagar cuáles son las evidencias empíricas de cada concepto que se quiere enseñar. Esto lleva a estudiar en detalle los hechos históricos que condujeron a esos conceptos, analizando el desarrollo de una idea a partir de observaciones y experimentos (Gellon y otros, 2011).

La Relatividad

Siguiendo lo enunciado en el párrafo anterior, convendría comenzar el estudio de la relatividad especial con el experimento de Michelson y Morley (1881). Para ello es necesario poner en evidencia cuáles son los aspectos de la Física clásica que entrarán en contradicción con el resultado del experimento. Uno de ellos es la transformación de las velocidades de la relatividad de Galileo. Una pregunta que abre la discusión sobre el tema puede ser: “Viajas en un coche a 60 km/h detrás de otro a 80 km/h. Un tercer coche viaja a 80 km/h en sentido contrario. ¿A qué velocidad se mueven ambos coches con respecto al tuyo?” No hace falta más que el sentido común (el sentido común, justamente es la transformación de velocidades de Galileo) para responder que la velocidad relativa de un coche va a $80-60=20\text{km/h}$ y la del otro, $80+60=140\text{km/h}$. Una vez analizada la respuesta clásica formulamos otra que involucre a la luz: “Viajas en la Tierra a $v=30\text{km/s}$ detrás de un rayo de luz



a $c=300.000\text{km/s}$. Otro rayo viaja a c en sentido contrario. ¿A qué velocidad se mueven ambos rayos con respecto a la Tierra?” Siguiendo el razonamiento anterior, los alumnos, usando las transformaciones de Galileo concluirán que uno se mueve a $c-v=299.970\text{km/s}$ y el otro a $c+v=300.030\text{km/s}$ independientemente del movimiento de la fuente y el observador. Es el momento de introducir los resultados del experimento de MM (no es necesario entrar en detalles del experimento en sí). La física newtoniana supone la existencia de sistemas de referencia en reposo absoluto, por ejemplo, las estrellas fijas en el espacio o, lo que es lo mismo, el propio espacio. MM se proponía determinar la velocidad absoluta v de la Tierra con respecto al espacio absoluto, midiendo la diferencia entre la velocidad de un rayo de luz en una dirección y de otro rayo en otra dirección (En la web pueden encontrarse simulaciones del experimento de MM, véanse las referencias al final). Para MM era el broche de oro de la mecánica clásica poder determinar cuál es el sistema de referencia absoluto. Sin embargo, desde ese punto de vista el resultado fue negativo: experimentalmente, la velocidad de la luz en el vacío c resultó ser la misma en todos los sistemas inerciales. Esto supuso el fracaso en la búsqueda de un sistema de referencia en reposo absoluto. Fueron infructuosos todos los intentos de justificar los resultados de MM dentro del marco de las teorías clásicas. Ni con la mecánica de Newton ni con la electrodinámica de Maxwell es posible explicar este resultado experimental. Presentado de esta forma, el estudiante participa de la lógica de la construcción de la ciencia y de la necesidad de un cambio más radical que cuestione los fundamentos de la mecánica newtoniana. Se le hace necesario que la física dé una salida a esta situación problemática. Pero el estudiante por sí mismo no puede construir las premisas donde cimentar una nueva física. Los nuevos postulados serán introducidos por el profesor:

- a) la velocidad de la luz, c , es la misma para todos los sistemas inerciales, y
- b) ningún experimento físico, ni mecánico ni electromagnético puede poner de manifiesto la existencia de un sistema de referencia absoluto.

Como sostienen Pérez y Solbes

Parece apropiado que los postulados sean introducidos como tales por el profesor y se reserva al alumno una labor de asimilación y exploración de sus consecuencias. Se pretende ahora que estos postulados aparezcan como verosímiles al estudiante y razonar por qué responden al problema. Una



comprensión de este aspecto ha de ser más fructífera que el mero manejo de relaciones matemáticas y ha de dar sentido a la respuesta al problema planteado. Eventualmente cabe ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre el papel de la simetría en física y el papel que Einstein le atribuyó en la elaboración de la teoría. (Pérez y Solbes, 2006)

Es necesario destacar que el nuevo paradigma, la Teoría Especial de la Relatividad (TER), que daría explicación a lo viejo y a este nuevo resultado, no fue una respuesta inmediata al resultado “negativo” de MM, sino que llegaría varios años después, en 1905 propuesto por Albert Einstein, quien en la época del experimento de MM tenía sólo dos años.

No será posible abordar en la escuela la deducción de las ecuaciones de la TER a partir de estas premisas, pero sí se podrá reflexionar junto a los estudiantes sobre algunas de sus consecuencias, y la recomendación es que sólo se trabaje con algunas de ellas:

a) La velocidad de la luz es la velocidad límite de la naturaleza. Podemos poner la fórmula de adición de velocidades relativistas para ver, con algunas cuentas, que se respeta la premisa de la constancia de c . El análisis de lo que puede preverse con esta fórmula, es útil para discutir dentro de qué rango de velocidades las teorías newtoniana y einsteniana dan resultados apreciablemente distintos, y por qué esta diferencia no fue advertida mientras se abordaban problemas con velocidades corrientes que pueden alcanzar partículas macroscópicas.

b) La dilatación del tiempo. Otro resultado anti-intuitivo. Es necesario razonar con los alumnos que la constancia de la velocidad de la luz implica necesariamente que el tiempo no es absoluto y depende de cada observador. Si mientras un observador A que viaja en un tren, envía un rayo de luz transversal a la dirección del movimiento, hasta un espejo en la pared de enfrente del vagón y detecta el rayo reflejado, mide un cierto tiempo de ida y vuelta. Un observador B, situado en el andén, ve que la luz es emitida en un lugar y recibida en otro distinto respecto del andén, y por lo tanto su recorrido es más largo. Como para ambos la velocidad de la luz es la misma, necesariamente B, tiene que medir un tiempo mayor que el medido por A, para el mismo intervalo entre los mismos eventos.

Con la fórmula del tiempo propio podemos hacer algunas cuentas que ilustren la posibilidad de hacer un viaje a estrellas distantes a miles de años luz sin superar la



velocidad de la luz, en el tiempo de una vida humana. Es necesario que se citen experimentos y evidencias que comprueban esta consecuencia de la TER. Por ejemplo la dilatación del tiempo propio de los muones creados por los rayos cósmicos en la alta atmósfera, que fue la primera evidencia medible de las predicciones de la nueva teoría, o citar mediciones con relojes atómicos ultra precisos llevados en naves espaciales.

c) La equivalencia masa-energía. Permite retomar el análisis de lo que es una ley de conservación y cómo debe reinterpretarse la conservación de la energía. La famosa fórmula $E_0=mc^2$, teniendo cuidado de no caer en el concepto erróneo de “masa relativista”, resultará fundamental para estudiar la física de los núcleos atómicos. Hay que mencionar aquí todas las tecnologías basadas en esta equivalencia, fundamentalmente los reactores nucleares, y también su uso en modelos explicativos de la evolución de las estrellas. El uso de la fórmula debe servir para poner de relieve que una pequeña cantidad de masa es equivalente a una cantidad grande de energía. Se pueden hacer algunas cuentas para calcular la energía liberada en la fisión de un núcleo, y en una cantidad macroscópica de núcleos, por ejemplo, un mol.

La sugerencia de trabajar con las fórmulas de la relatividad y hacer cálculos numéricos con ellas, tiene por objeto poner de manifiesto los órdenes de magnitud de las cantidades involucradas, los rangos de validez de la nueva teoría, qué cosas son posibles y qué cosas no son posibles dentro del paradigma de la TER. Sin esta discusión, las cuentas por sí mismas no significan nada. De más está decir que no se propone como actividad de los estudiantes resolver una lista de problemas manipulando fórmulas a la manera tradicional, ni mucho menos como modo de evaluación o de acreditación.

La mecánica cuántica

La Teoría Especial de la Relatividad tiene padre y fecha de nacimiento. Fue el producto del esfuerzo intelectual de un científico, Albert Einstein, y la fecha de nacimiento puede establecerse en el año 1905, cuando fue publicada en *Annalen der Physik*, de Berlín. La Mecánica Cuántica, en cambio, es lo opuesto. Es el resultado del esfuerzo intelectual de toda una generación de físicos a lo largo de un período de unos 30 años, en los que los conceptos cuánticos aparecen al principio tímidamente -todavía de la mano de la mecánica newtoniana- y luego con más



insistencia a medida que se hacen nuevos descubrimientos y experimentos, hasta culminar en una teoría general para la física a escala atómica.

Hacia fines del siglo XIX había tres experimentos que no podían ser explicados con la mecánica clásica y el electromagnetismo: el espectro de radiación de cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y los espectros de emisión de algunos gases. La forma de aproximarnos a las ideas cuánticas en el colegio, o mejor dicho, a la necesidad de una nueva física, es similar a la propuesta para la relatividad. Tomamos uno de los experimentos y pensamos qué predicciones pueden hacerse con la física clásica y luego contrastamos con los resultados experimentales, para poner en evidencia la necesidad de un cambio profundo que vaya más allá de la mecánica y el electromagnetismo. De los tres experimentos enunciados, el primero en ser explicado apelando a ideas cuánticas fue el del espectro de radiación de cuerpo negro, hecho por Max Planck en el año 1900. Para poder hacer una teoría que explique el resultado experimental, necesita introducir la idea de que la radiación electromagnética está cuantizada en “paquetes” cuya cantidad de energía es proporcional a la frecuencia de la onda. Sin embargo, la radiación de cuerpo negro no parece lo más adecuado para abordar las ideas cuánticas en la escuela, porque resulta bastante más complejo para el estudiante ver cuál es la explicación clásica que falla. La propuesta es abordar la cuántica a partir del efecto fotoeléctrico.

El efecto fotoeléctrico fue observado por primera vez en 1887 por Heinrich Hertz, y consiste en radiación ultravioleta que incide sobre una superficie metálica y arranca electrones de ella. Por el momento no hace falta más descripción que ésta. La primera actividad a encarar con los alumnos tiene como objetivo que discutan y expliciten las principales características de ondas y partículas (Fernández y otros, 2005), por ejemplo confeccionando una tabla donde se enumeren y contrapongan estas características. La descripción básica del comportamiento de ondas y partículas son previas, y ya desarrolladas en los años anteriores. Una vez que están hechas visibles todas estas propiedades de partículas y ondas, y resaltadas las más importantes, se propone pensar, con los conceptos de la mecánica y el electromagnetismo clásicos, ¿cómo puede una onda transferir energía a un electrón para que abandone el metal? ¿qué pasaría si se varía la intensidad de la luz incidente? y ¿qué pasaría si se varía la frecuencia de la luz? Una vez que todas estas preguntas están discutidas y respondidas, y hechas todas las predicciones que pueden hacerse, se presentan los resultados experimentales y se contrastan con las



predicciones para ver que no se ajustan a las mismas. Una vez que está claro cuál es la discrepancia entre lo que se espera, de acuerdo a la física clásica y el resultado experimental, se está en condiciones de introducir la explicación formulada por Einstein en 1905 y del concepto de fotón como “partícula” de luz (aunque históricamente el término ‘fotón’ fuera acuñado varios años más tarde). Se puede usar una simulación (ver referencia al final) para obtener resultados “experimentales” con los cuales trabajar, y ver que la energía cinética máxima de los electrones es una función lineal de la frecuencia de la luz incidente e introducir la constante h . (La determinación experimental de h por este medio correspondió a Millikan en 1916). A fin de planificar detalladamente todas estas actividades se recomienda la lectura del trabajo de Fernández y otros, citado en la bibliografía.

Aunque no respete el orden histórico, después de discutir la explicación “cuántica” de Einstein, se puede mencionar que el “cuanto” está también presente en la explicación del espectro de radiación del cuerpo negro, describir en qué consiste, la discrepancia con la explicación clásica y destacar en las leyes de Wien y de Steffan que luego serán de utilidad en los temas del eje de Astronomía.

Con respecto al tema de los espectros, conviene abordar la historia de la estructura del átomo desde el principio. Es ilustrativo ver cómo se suceden los experimentos y las nuevas ideas. La interpretación de un resultado motiva nuevos experimentos y los resultados de éstos cuestionan las ideas anteriores y generan otras nuevas.

Se recomienda comenzar con el trabajo de J. J. Thompson acerca de los rayos catódicos. Hay que destacar que las implicancias de su trabajo fueron más allá de la simple medición de la relación carga-masa del electrón. Identificó al electrón como un componente universal de los átomos. Hasta ese momento, un átomo era como su nombre en griego lo indica, algo indivisible. Desde Thompson, un átomo es una estructura compleja que contiene partículas cargadas negativamente llamadas electrones. Como el átomo es neutro, también debe tener materia con carga positiva, que Thompson suponía distribuida uniformemente en todo su volumen. Los experimentos de Rutherford se hicieron para testear las ideas de Thompson. Pero los resultados de Rutherford sólo podían interpretarse pensando que toda la carga positiva del átomo estaba confinada en una región mucho más pequeña que la del átomo, un núcleo de dimensión diez mil veces menor. Entonces, desde Rutherford, el átomo es una estructura compleja que contiene electrones, y un núcleo positivo muy pequeño. Y aquí viene el conflicto con la física clásica. Algunas preguntas para



enfrentar a los alumnos con este conflicto pueden ser: *Si la carga positiva ocupa un lugar tan pequeño dentro del átomo, ¿dónde pueden estar los electrones? ¿Es posible imaginarse un modelo de átomo estático? ¿Las fuerzas de repulsión entre electrones y de atracción entre electrones y núcleo lo permiten? ¿Y con un modelo dinámico donde los electrones giren en torno al núcleo?* Es necesario que los alumnos recuerden acá que si una carga es acelerada, entonces radia energía electromagnética. Si no se tiene ese conocimiento previo habrá que planificar una actividad, mediante la lectura de algún texto, por ejemplo, para que incorporen esa información. *Si los electrones giran, entonces ¿están acelerados? Si radian energía, entonces pierden la que tienen, en esas condiciones ¿se pueden mantener en una órbita estable?* El objetivo de las actividades organizadas mediante estas preguntas (u otras que el docente crea convenientes) debe ser el de llegar a la conclusión de que con la física clásica (mecánica Newtoniana y electromagnetismo de Maxwell), no es posible pensar en un modelo estable para el átomo nuclear como lo requiere el resultado de las experiencias de Rutherford.

El primer intento de explicar la estabilidad del átomo se debe a Niels Bohr, quien propone un modelo para el átomo más simple, el de hidrógeno, que es una mezcla de mecánica newtoniana con postulados cuánticos. Los electrones se mueven en órbitas circulares debido a la fuerza coulombiana, pero impone la condición de que sólo algunas órbitas son posibles. Mientras el electrón está en una de ellas no radia (hipótesis que se contradice con el electromagnetismo) pero puede pasar de una órbita de baja energía a otra de alta energía absorbiendo un fotón y de una alta a otra baja, emitiendo un fotón (introduce el concepto de fotón de Einstein). Con eso tiene un átomo estable y además, explica el espectro de emisión del hidrógeno. Desde Bohr, el átomo es una estructura compleja que contiene electrones, un núcleo con carga positiva y sólo puede estar en estados con niveles de energía bien definidos y discretos. Hay que destacar que el modelo de Bohr, si bien explica bien el espectro del hidrógeno, sólo sirve para ese átomo, no es una teoría general, y que a catorce años de la aparición del cuanto en la física, el modelo todavía es mecánica newtoniana más parches con agregados cuánticos.

Al trabajar con los modelos atómicos es necesario poner el énfasis en la sucesión de experimentos e ideas detalladas anteriormente, ver el proceso de cómo avanzan las ideas en la ciencia.



Para abordar las propiedades ondulatorias de las partículas es apropiado el experimento de la doble ranura, que más que un experimento es una metáfora que permite analizar la dualidad onda partícula y contiene la esencia de la mecánica cuántica. Primero pensamos clásicamente: *¿Qué pasa si hacemos pasar una onda (de agua, de luz, etc.) a través de una doble ranura?* No es necesario que los alumnos recuerden en este momento todas las propiedades de las ondas, ni de la interferencia. Con mostrar imágenes o videos es suficiente. *¿Qué pasa si hacemos pasar partículas por la doble ranura? ¿Qué veríamos en una pantalla frente a la doble ranura?* Una vez analizadas las dos alternativas presentamos el resultado del experimento de Davidson y Germer, de 1927, que es equivalente a la observación de difracción (fenómeno típicamente ondulatorio) de electrones, que hasta el momento se tenían como partículas. Obviamente este experimento no hubiera sido hecho si no hubiese existido la hipótesis de Broglie, formulada tres años antes, acerca de la dualidad onda partícula en los electrones. En ese experimento, los electrones se comportan como ondas. La pregunta *¿qué pasa si se envía sólo un electrón hacia la doble ranura? ¿dónde a va parar?* nos tiene que servir para discutir el carácter aleatorio de la cuántica en contraposición con el carácter determinista de la física clásica.

Las aplicaciones de la Física moderna

Es necesario no quedar sólo en los principios básicos de la cuántica y la relatividad. El estudiante debe ver dónde el conocimiento de estos conceptos está presente. Por ejemplo, para entender los núcleos atómicos necesitamos de la equivalencia masa/energía para explicar la energía de enlace, y de la cuántica para explicar el decaimiento radiactivo de algunos núcleos. Acá se puede establecer una relación entre el carácter estocástico de la desintegración radiactiva con la naturaleza probabilística de las predicciones de la cuántica, al estudiar el concepto de vida media de un isótopo y las aplicaciones tecnológicas de la radiactividad. Por otro lado, los semiconductores están en casi todos los artefactos tecnológicos actuales. Entonces, preguntas tales como *¿Cómo funciona un cristal líquido? ¿Cómo funciona un LED? ¿Un láser? ¿Un equipo de resonancia nuclear magnética? ¿Un GPS? ¿Cómo se hace una datación usando Carbono 14? ¿Cómo funciona un tomógrafo por emisión de positrones?* Materiales para esto se pueden encontrar fácilmente en la web, tanto en forma de artículos como de videos. En algunos de los cuadernos de Explora que están en todos los colegios hay buen material sobre propiedades eléctricas de los



materiales y semiconductores. No pretendemos que se explique detalladamente el funcionamiento de cada aparato, sino que el alumno reconozca que en cada uno de ellos hay algún conocimiento aportado por la cuántica o la relatividad.

La Astronomía

Algunas preguntas que permiten problematizar el estudio de cuestiones astronómicas.

Sistema solar: Según las teorías actuales el universo tiene 13 mil millones de años y el sol unos 5 mil millones. Entonces, *¿Cómo se formó? ¿Cómo funciona el Sol? ¿Se va a terminar algún día? ¿Cómo se formaron los planetas?*

Estrellas: *¿Qué podemos conocer acerca de las estrellas? (color, composición química, masa, etc.) ¿Son todas iguales? ¿Cuál es el elemento químico más abundante en el universo? ¿De qué están hechas las estrellas? ¿Todas funcionan como el sol? ¿Cómo se formaron los elementos químicos, además de Hidrógeno y Helio? Los átomos que forman nuestro cuerpo, ¿existen desde el comienzo del universo o se formaron en algún momento? ¿Dónde?* Esto permite abordar los modelos de evolución estelar, la nucleosíntesis, novas, supernovas y agujeros negros.

El big-bang: *¿Por qué la idea de expansión del universo? ¿Cuáles son las evidencias observacionales que sustentan la idea?* La Ley de Hubble y radiación de fondo descubierta por Penzias y Willson en 1964, hacen pensar en un universo en expansión, y por lo tanto, si vamos hacia atrás en el tiempo de esa expansión, es posible construir modelos que expliquen su evolución, basados en las leyes físicas tal como las conocemos actualmente. Otras preguntas que podemos hacernos acerca del Big-Bang pueden ser: *¿Tiene sentido preguntar qué había antes del BB? ¿Qué es lo que se expande? ¿Por qué el universo conocido tiene un tamaño más grande que el que puede recorrer la luz en 13 mil millones de años?*



BIBLIOGRAFÍA

Fanaro, María de los Ángeles. La Enseñanza de la Mecánica Cuántica en la Escuela Media. Tesis doctoral. Burgos: Universidad de Burgos, 2009. Disponible on-line en:

http://dspace.ubu.es:8080/tesis/bitstream/10259/109/1/Fanaro_Cavalli.pdf

(Última consulta: agosto de 2014)

Fernández, Patricia E. y otros. De los corpúsculos de luz al efecto fotoeléctrico. Una propuesta didáctica con base en la discusión de modelos. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 18, Nº 1, 2005. Disponible on-line en:

<http://www.fceia.unr.edu.ar/fceia/ojs/index.php/revista/article/viewFile/158/pdf>

(Última consulta: agosto de 2014)

Gellon, Gabriel y otros. La ciencia en el aula, Buenos Aires: Paidós, 2011.

Ostermann, Fernanda y Marco Antonio Moreira. Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores, en “Enseñanza de las ciencias, 18 (3)”. Barcelona: Universitat Autònoma, 2000.

Pérez, Héctor y Jordi Solbes. Una propuesta sobre enseñanza de la relatividad en el bachillerato como motivación para el aprendizaje de la física, en “Enseñanza de las ciencias, 24(2). Barcelona: Universitat Autònoma, 2006. Disponible on-line en: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v24n2p269.pdf>

Sztrajman, Jorge. La relatividad y la concepción del universo. Buenos Aires: Curso Enseñanza de las Ciencias, FLACSO, 2007.

Tignanelli, Horacio. La Astronomía: una disciplina que enseña a observar, Buenos Aires: Novedades educativas, Año 9, Nº 84, 1997.



Algunos recursos en la WEB para los temas de Física moderna y astrofísica:

Referencias en física cuántica y relativista:

<http://www.heurema.com/ApFBachII10.htm>

<http://www.youtube.com/watch?v=RC8uRPIHggs>

Particularmente interesantes son dos libros de George Gamow, físico ruso nacionalizado norteamericano, que escribió unos cuentos donde explica a nivel de divulgación algunos de los conceptos más importantes de la relatividad y de la cuántica. Los títulos son “Mr. Tompkins in Wonderland” y “Mr. Tompkins explores theatom”, disponibles ambos en un solo archivo, en inglés, en

<http://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/tompkins.pdf>

Hay versiones en español, editadas en la colección Breviarios de Fondo de Cultura Económica de México. Se puede encontrar en la web, en castellano, dos capítulos referidos a aspectos de la física cuántica en:

<http://www3.uji.es/~planelle/APUNTS/OQ/MrTopkins.pdf>

Referencias para Física Nuclear:

<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448169549.pdf>

<http://www.heurema.com/ApFBachII11.htm>

http://webs.ono.com/mariadoloresmarin/PDF/F2b_52_FM_NP.pdf

Aplicaciones de la Física Nuclear:

<http://www.heurema.com/ApFBachII11.htm>

<http://nuclear.fis.ucm.es/becarios/archivos/fisica-nuclear-medicina.pdf>



Física con ordenador:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

Simulaciones:

http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more_stuff/flashlets/

Astronomía

<http://ntic.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem/antares/observatorio/#>

<http://educa-ciencia.com/enlaces.htm>

<http://vviana.es/materiales.html>

<http://www.inta.es/noticias/documentos/100ConceptosAstroc.pdf>

<http://www.iac.es/cosmoeduca/gravedad/fisica/fisica4.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_rotaci%C3%B3n_gal%C3%A1ctica



MESA DE VALIDACIÓN

Docentes participantes en las mesas de validación curricular para el Ciclo Orientado de la Educación Secundaria, realizadas en la ciudad de Santa Rosa entre los años 2013 y 2014.

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Abarca, Atilio | Baumann, Luciana |
| Acosta, Beatriz | Bazán, Francisco |
| Acosta, Melina Ivana | Bazan, Paola Edit |
| Agradi, Bruno | Bejar, Marcela Lis |
| Agüero, Marilyn | Bellendir, Sergio |
| Aguerrido, Adriana | Benvenuto, Natalia |
| Aláinez, Carlos | Berrueta, María Angélica |
| Alcala, María Belén | Bertella, María Eugenia |
| Alfageme, Lucas | Bertón, Gustavo |
| Altava, Melina | Bertón, Pablo |
| Alvarez, Emilce | Berutto, Norma Verónica |
| Alvarez, Ernesto | Bessoni, Verónica |
| Alvarez, Ivana | Blanco, Natalia |
| Alvarez, Miriam | Bobillo, Cecilia |
| Alvarez, Natalia | Boeris, María Rosa |
| Amrein, María Laura | Boidi, Gabriela |
| Andrada, Aldo | Bongiovani, Gabriela |
| Andreoli, Nora | Bongiovani, Viviana |
| Angelini, María Alejandra | Bongiovanni, Angelina |
| Angenreder, Ana Paula | Bonilla, Verónica |
| Antonelli, María Fernanda | Bono, Cristian |
| Arbe, María José | Boriero, Silvia |
| Arias, Carina | Borthiry, Betina |
| Arrieta, Analía | Boschi, Nicolás |
| Arroyo, Anabel | Botta Gioda, Rosana |
| Assel, Sergio Daniel | Braconi, Nerina |
| Asunción, Ana | Brandán, Silvana |
| Baiardi, Eliana | Branvilla, Germán |
| Baigorria, Marina Luz | Briske, Romina |
| Balardo, Mariela | Bruni, María de los Ángeles |
| Ballester, María Angélica | Brusca Pereyra, Gimena |
| Ballester, María Elena | Buldorini, José María |
| Baraybar, María Verónica | Burzicchi Rivera, María Agustina |
| Barón, María Cecilia | Cajigal Cánepa, Ivana |
| Barrabasqui, Silvana | Calafat, Mario |
| Barreix, Sonia | Cantera, Carmen |
| Barrozo, Gabriela | Cantera, Silvia |
| Bassa, Daniela | Carignani, Marina |



Carral, María
Carreira, Silvana
Carreño, Rosana
Carripi, Carmen Elisa
Caso, Ricardo Luis
Castell, Marcela
Castrilli, María Paula
Casuccio, Héctor Mario
Catera, Diego
Cerda, Yanina
Cervera, Nora
Ceschan, Rubén
Chambón, Estefanía
Chaves, María Daniela
Chiesa, Graciela Susana
Chineschnuk, Lorena
Cid, Silvia
Cinta, Silvana
Colaneri, Fabiana
Colombo, Cintia
Comerci, María Eugenia
Contreras, Cristian
Cornejo, Mariana
Creevy, María Soledad
Crivelli, Marta
Cuello, Hilda
D´ATRI, Andrea
D´ambrosio, Darío
Dal Santo, Claudia
Dal Santo, María Araceli
Dal Santo, Viviana
Dalmas, David
De La Cruz
Defendente, Oscar
Desch, Mercedes
Di Salvi, Nora
Díaz, Diego Emanuel
Díaz, Ivana Daniela
Díaz, Laura
Dietrich, Paula
Dobner, Mirta
Dolce, María Margarita
Doprado Alvarenga, Roseli
Dubié, Néstor
Echenique, María Belén
Echeverría, Luis
Erro, María Belén
Escande, Soledad
Escudero, Patricia
Esterlich, Héctor Daniel
Estigarría, Carina
Eyheramonho, Martín
Falco, Silvina Bibiana
Fantini, Miguel
Félix, Anaclara
Fernández, Flavia Lorena
Fernández, Graciela
Fernández, María Noel
Fernández, Néstor Leonardo
Fernández, Verónica
Ferrari, Gabriela Fabiana
Ferraris, Andrea
Ferrero, Graciela
Ferrero, Marcela
Ferreyra, Nora
Ferri, Gustavo
Figueroa Echeveste, María Liz
Folmer, Oscar Daniel
Fontana, Griselda
Fontana, Silvia
Fornerón, Daniel
Fornerón, Lorena
Fornerón, Lucrecia Belén
Fuentes, Ana Lía
Fuentes, Silvana
Gaiara, Susana
Galletti, Nicolás
Gallini, Gabriel
Gamaleri, Silvina
Gamaleri, Vanina
Gamba, Héctor Omar
Gamboa Ballon, Carla
Gandrup, Beatriz
García Boreste, Carina
García Casatti, María Silvana
García, Leticia
García, María Silvia
Gatica Feito, María Cristina
Gelitti, Laura Raquel
Giaccardi, Gustavo



| | |
|-------------------------|-------------------------------|
| Giardina, Carina | Lamare, Viviana |
| Giménez, Antonio | Larrañaga, María Claudia |
| Giménez, María Rosa | Lavin, Cecilia María |
| Gino, Leda | Lavin, Florencia |
| Gómez García, María | Leinecker, Mirtha |
| Gómez, María Laura | Lezaeta, Betania |
| Gomila, Néstor Ariel | Librandi, Mabel |
| González, Claudia | López Gregorio, Fernando |
| González, Gabriela | López Gregorio, María Cecilia |
| González, Ismael | López, María Silvia |
| González, Javier Andrés | López, Mario |
| González, Marcela | López, Verónica |
| Gordillo, Claudio | Loyola, Luis |
| Gorostidi, María | Lozza, Anabella |
| Gouveia, Fabiola | Lubormirsky, Pablo |
| Graglia, Patricia | Lucchetti, Vanesa |
| Granado, Laura | Lucero, Mariano |
| Guarido, Martín | Lucero, Mirta |
| Guido, Leandra | Luchino, Gustavo |
| Guzmán, Marcela | Lupardo, Patricia |
| Hauser, Vanina | Maidana, Ana María |
| Heredia, Dora Silvana | Maier, Leonardo |
| Herner, María Teresa | Maldonado, Daniel |
| Herrera, Ana | Maldonado, Rosa |
| Hierro, María Silvina | Manavella, Andrea |
| Hilgert, Analía | Mansilla, María Verónica |
| Holzman, María Luján | Marinangeli, María Daniela |
| Hormaeche, Lisandro | Martín, Osvaldo |
| Inchaussandague, Melisa | Martínez, Diego |
| Inchazú, Claudia | Martocci, Federico |
| Irázabal, Ana | Mayor, Romina |
| Iuliano, Carmen | Maza, Luis Pablo |
| Jacob, Celia | Mazondo, Fabio |
| Jaume, Karina | Medina, María Teresa |
| Jorge, María Estela | Metz, Natalia |
| Kathrein, Stella Maris | Micone, Juan José |
| Kin, María Aurelia | Miguel, Natalia Analía |
| Knudtsen, Eric | Mina, Fernando |
| Kohler, Marine | Miranda, Gabriela |
| Kollman, Sergio | Mitzig, Cristian |
| Kolman, Leonardo | Molina, Víctor |
| Kornisiuk, María Luján | Molinelli, Lilian |
| Kriuzov, Fabio | Molini, Judith |
| Lafi, Mariela Daiana | Monasterolo, Claudia |
| Laguarda, Paula Inés | Monasterolo, Gustavo |



Monserrat, Liliana Inés
Montani, Marcelo
Monteiro, Nayara
Morales, Tamara
Moreno, Marianela
Morquin, Silvia
Moyano, Valeria
Müller, Víctor
Muñoz, María Andrea
Muñoz, María Laura
Naveiras, Pablo
Nicoletti, Marina
Nin, María Cristina
Nofri, María Clarisa
Nogueira, Omar
Norverto, Lía
Nuñez, Danisa
Nuñez, Gabriela
Olave, María Marta
Oliva, Diana
Olivero, Mariela
Ordóñez, Laura
Ortellado, María Luján
Ortelli, Martín
Ortiz Echagüe, Carmen
Ottaviano, Roberto
Oxalde, Daniel
Paesani, Fabricio
Pagliero, Fabiola
Pascualetto, Graciela
Pelayo, Verónica
Perassi, Dante
Pereyra, María de los Ángeles
Pérez Castro, María José
Pérez, Alejandra
Pérez, Julieta Anahí
Peruilh, Silvana
Pezzola, Laura
Pinardi Legaz, Vanesa
Pineda, Marcelo Gerardo
Pizarro, Rubén
Pochettino, Gilda
Policastro, Betsabé
Ponteprimo, Sonia
Portela, Carina
Pose, Noelia Soledad
Pozniak, Ana María
Prieto, Roberto
Pugener, María Melina
Quintero, Lucas
Quiroga, Gladys
Quiroz, Cristian
Raiburn, Valeria Lorena
Ramburger, Gisela
Ramos, Pablo
Rath, Natalia
Recio, María Lorena
Regojo, Ana Liza
Reyes, Juliana
Reyes, Patricia
Reynaga, Analía
Ricchi, Agustina
Rilh, Gisela
Rivas, Mabel
Roca, José Ignacio
Rodríguez, Carolina
Romero, Cristian
Romero, Elvira Rosa
Romero, Lidia
Roseró, Mariana
Rosso, Cecilia Celeste
Rozengardt, Rodolfo
Rueda, Roxana
Ruggieri, Pablo
Sáez, Silvia
Sales, Mónica
Salvadori, Laura Griselda
Samatán, Vanesa
San Miguel, Diego
San Pedro, Miriam
Sánchez, Norberto
Sánchez, Pablo
Sannen, Silvana
Saoretti, Daniela
Sape, Andrea
Sape, Carina
Sape, Walter
Sapegno, Natalia
Saravia, María Virginia
Sardi, María Gabriela



Sarria, Liliana Iris
Sastre, María Paz
Sauré, Agustina
Scarimbolo, Daniela
Schiavi- Gon, Guillermo
Schlaps, Karenina
Schnan, Gustavo
Secco, Gabriela
Semfelt, Soledad
Silleta, Marta
Sol, Élide Rut
Sombra, Mariela
Sombra, Sandra
Sosa, María Fernanda
Sosa, Raúl
Stadler, María Soledad
Stefanazzi, Florencia
Steinbach, Daniela
Steinbauer, Marcelo
Suárez, Marina

Talmon, Alina
Tamagnone, Carina
Tomé, Andrea
Torres, Verónica
Urban, Javier
Ussei, Pamela
Vasquez Martin, Aixa Lorena
Vicente, Ana Lía
Vigari, Melina
Viglizzo, Javier
Villalba, Marta Esperanza
Vilois, José Luis
Viñes, Martín
Vota, María del Carmen
Zaminovich, Vanesa
Zandoná, Fabiana
Zaninovich, Vanesa
Zebinden, Patricia
Ziaurriz, Gimena



Gobierno de La Pampa

“2014 – Año de Homenaje al Almirante Guillermo Brown,
en el Bicentenario del Combate Naval de Montevideo”

**Subsecretaría de Coordinación
Ministerio de Cultura y Educación**

Ministerio de Cultura y Educación

Subsecretaría de Coordinación

Dirección General de Planeamiento, Evaluación y Control de Gestión

Área Desarrollo Curricular

C.I.C.E. (Documentos portables, Publicación Web)

Diseño Gráfico (Diseño de portada)

Subsecretaría de Educación

Dirección General de Educación Polimodal y Superior

Equipo Técnico

Santa Rosa - La Pampa

Septiembre de 2014

www.lapampa.edu.ar - www.lapampa.gov.ar