

Guía de Física

Primera evaluación: 2016



Guía de Física

Primera evaluación: 2016

Programa del Diploma Guía de Física

Versión en español del documento publicado en febrero de 2014 con el título
Physics guide

Publicada en febrero de 2014

Publicada en nombre de la Organización del Bachillerato Internacional, una fundación educativa sin fines de lucro con sede en 15 Route des Morillons, 1218 Le Grand-Saconnex, Ginebra (Suiza), por

International Baccalaureate Organization Ltd (Reino Unido)
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate
Cardiff, Wales CF23 8GL
Reino Unido
Sitio web: www.ibo.org

© Organización del Bachillerato Internacional, 2014

La Organización del Bachillerato Internacional (conocida como IB) ofrece cuatro programas educativos exigentes y de calidad a una comunidad de colegios en todo el mundo, con el propósito de crear un mundo mejor y más pacífico. Esta publicación forma parte de una gama de materiales producidos con el fin de apoyar dichos programas.

El IB puede utilizar diversas fuentes en su trabajo y comprueba la información para verificar su exactitud y autoría original, en especial al hacer uso de fuentes de conocimiento comunitario, como Wikipedia. El IB respeta la propiedad intelectual, y hace denodados esfuerzos por identificar y obtener la debida autorización de los titulares de los derechos antes de la publicación de todo material protegido por derechos de autor utilizado. El IB agradece la autorización recibida para utilizar el material incluido en esta publicación y enmendará cualquier error u omisión lo antes posible.

El uso del género masculino en esta publicación no tiene un propósito discriminatorio y se justifica únicamente como medio para hacer el texto más fluido. Se pretende que el español utilizado sea comprensible para todos los hablantes de esta lengua y no refleje una variante particular o regional de la misma.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede reproducirse, almacenarse o distribuirse de forma total o parcial, en manera alguna ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del IB, sin perjuicio de lo estipulado expresamente por la ley o por la política y normativa de uso de la propiedad intelectual del IB. Véase la página <http://www.ibo.org/es/copyright> del sitio web público del IB para más información.

Los artículos promocionales y las publicaciones del IB pueden adquirirse en la tienda virtual del IB, disponible en <http://store.ibo.org>. Las consultas sobre pedidos deben dirigirse al departamento de marketing y ventas en Cardiff.

Correo electrónico: sales@ibo.org

Declaración de principios del IB

El Bachillerato Internacional tiene como meta formar jóvenes solidarios, informados y ávidos de conocimiento, capaces de contribuir a crear un mundo mejor y más pacífico, en el marco del entendimiento mutuo y el respeto intercultural.

En pos de este objetivo, la organización colabora con establecimientos escolares, gobiernos y organizaciones internacionales para crear y desarrollar programas de educación internacional exigentes y métodos de evaluación rigurosos.

Estos programas alientan a estudiantes del mundo entero a adoptar una actitud activa de aprendizaje durante toda su vida, a ser compasivos y a entender que otras personas, con sus diferencias, también pueden estar en lo cierto.

Índice

Introducción	1
Propósito de esta publicación	1
El Programa del Diploma	2
Naturaleza de la ciencia	7
Naturaleza de la física	14
Objetivos generales	20
Objetivos de evaluación	21
Programa de estudios	22
Resumen del programa de estudios	22
Enfoques de la enseñanza y el aprendizaje de Física	23
Contenido del programa de estudios	28
Evaluación	131
La evaluación en el Programa del Diploma	131
Resumen de la evaluación: NM	134
Resumen de la evaluación: NS	135
Evaluación externa	136
Evaluación interna	138
Proyecto del Grupo 4	151
Apéndices	156
Glosario de términos de instrucción	156
Bibliografía	159

Propósito de esta publicación

El propósito de esta publicación es servir de guía a los colegios en la planificación, la enseñanza y la evaluación de la asignatura. Si bien está dirigida principalmente a los profesores, se espera que estos la utilicen para informar sobre la asignatura a padres y alumnos.

Esta guía está disponible en la página de la asignatura en el Centro pedagógico en línea (<http://occ.ibo.org>), un sitio web del IB protegido por contraseña concebido para proporcionar apoyo a los profesores del IB. También puede adquirirse en la tienda virtual del IB (<http://store.ibo.org>).

Otros recursos

En el Centro pedagógico en línea (CPEL) pueden encontrarse también publicaciones tales como materiales de ayuda al profesor, informes de la asignatura, información adicional sobre la evaluación interna y descriptores de las calificaciones finales. En la tienda virtual del IB se pueden adquirir exámenes de convocatorias pasadas y esquemas de calificación.

Se anima a los profesores a que visiten el CPEL para ver materiales adicionales creados o utilizados por otros docentes. Se les invita también a aportar información sobre materiales que consideren útiles, por ejemplo: sitios web, libros, videos, publicaciones periódicas o ideas pedagógicas.

Agradecimientos

El Bachillerato Internacional (IB) agradece a los educadores y a sus respectivos colegios el tiempo y los recursos dedicados a la elaboración de la presente guía.

Primera evaluación: 2016

El Programa del Diploma

El Programa del Diploma es un programa preuniversitario exigente de dos años de duración para jóvenes de 16 a 19 años. Su currículo abarca una amplia gama de áreas de estudio y aspira a formar alumnos informados y con espíritu indagador, a la vez que solidarios y sensibles a las necesidades de los demás. Se da especial importancia a que los jóvenes desarrollen el entendimiento intercultural y una mentalidad abierta, así como las actitudes necesarias para respetar y evaluar distintos puntos de vista.

El modelo del Programa del Diploma

El programa se representa mediante seis áreas académicas dispuestas en torno a un núcleo (véase la figura 1); esta estructura fomenta el estudio simultáneo de una amplia variedad de áreas académicas. Los alumnos estudian dos lenguas modernas (o una lengua moderna y una clásica), una asignatura de humanidades o ciencias sociales, una ciencia, una asignatura de matemáticas y una de artes. Esta variedad hace del Programa del Diploma un programa exigente y muy eficaz como preparación para el ingreso a la universidad. Además, en cada una de las áreas académicas los alumnos tienen flexibilidad para elegir las asignaturas en las que estén particularmente interesados y que quizás deseen continuar estudiando en la universidad.



Figura 1
Modelo del Programa del Diploma

La combinación adecuada

Los alumnos deben elegir una asignatura de cada una de las seis áreas académicas, aunque también pueden elegir dos asignaturas de otra área en lugar de una asignatura de Artes. Generalmente tres asignaturas (y no más de cuatro) deben cursarse en el Nivel Superior (NS) y las demás en el Nivel Medio (NM). El IB recomienda dedicar 240 horas lectivas a las asignaturas del NS y 150 a las del NM. Las asignaturas del NS se estudian con mayor amplitud y profundidad que las del NM.

En ambos niveles se desarrollan numerosas habilidades, en especial las de análisis y pensamiento crítico. Dichas habilidades se evalúan externamente al final del curso. En muchas asignaturas los alumnos realizan también trabajos que califica directamente el profesor en el colegio.

El núcleo del modelo del Programa del Diploma

Todos los alumnos del Programa del Diploma deben completar los tres elementos que conforman el núcleo del modelo.

El curso de Teoría del Conocimiento (TdC) se centra fundamentalmente en el pensamiento crítico y la indagación acerca del proceso de aprendizaje más que sobre la adquisición de un conjunto de conocimientos específicos. Además, examina la naturaleza del conocimiento y la manera en la que conocemos lo que afirmamos saber. Todo ello se consigue animando a los alumnos a analizar las afirmaciones de conocimiento y a explorar preguntas sobre la construcción del conocimiento. La tarea de TdC es poner énfasis en los vínculos entre las áreas de conocimiento compartido y relacionarlas con el conocimiento personal de manera que el alumno sea más consciente de sus perspectivas y cómo estas pueden diferir de las de otras personas.

Creatividad, Acción y Servicio (CAS) es una parte central del Programa del Diploma. El programa de CAS hace hincapié en contribuir a que los alumnos desarrollen su propia identidad, de acuerdo con los principios éticos expresados en la declaración de principios y el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. Creatividad, Acción y Servicio (CAS) hace participar a los alumnos en una variedad de actividades simultáneas al estudio de las disciplinas académicas del Programa del Diploma. Las tres áreas que lo componen son la Creatividad (artes y otras experiencias que implican pensamiento creativo), la Acción (actividades que implican un esfuerzo o desafío físico y que contribuyen a un estilo de vida sano) y el Servicio (un intercambio voluntario y no remunerado que significa un aprendizaje para el alumno). Posiblemente más que ningún otro componente del Programa del Diploma, CAS cumple el principio del IB de contribuir a crear un mundo mejor y más pacífico, en el marco del entendimiento mutuo y el respeto intercultural.

La Monografía, incluida la de Estudios del Mundo Contemporáneo, brinda a los alumnos del IB la oportunidad de investigar un tema que les interese especialmente, a través de un trabajo de investigación independiente de 4.000 palabras. El área de investigación estará relacionada con una de las asignaturas del Programa del Diploma, mientras que la monografía interdisciplinaria de Estudios del Mundo Contemporáneo estará relacionada con dos asignaturas. La Monografía familiariza a los alumnos con la investigación independiente y el tipo de redacción académica que se esperará de ellos en la universidad. El resultado es un trabajo escrito estructurado cuya presentación formal se ajusta a pautas predeterminadas, y en el cual las ideas y los resultados se comunican de modo razonado y coherente, acorde a la asignatura o a las asignaturas elegidas. Su objetivo es fomentar unas habilidades de investigación y redacción de alto nivel, así como el descubrimiento intelectual y la creatividad. Como una experiencia de aprendizaje auténtico, la Monografía brinda a los alumnos la oportunidad de realizar una investigación personal acerca de un tema de su elección con la orientación de un supervisor.

Enfoques de la enseñanza y enfoques del aprendizaje

El término “enfoques de la enseñanza y el aprendizaje” en el Programa del Diploma se refiere a las estrategias, habilidades y actitudes deliberadas que permean el entorno de enseñanza y aprendizaje. Estos enfoques y herramientas, que están intrínsecamente relacionados con los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB, potencian el aprendizaje de los alumnos y los ayudan a prepararse para la evaluación del Programa del Diploma y mucho más. Los objetivos generales de los enfoques de la enseñanza y el aprendizaje en el Programa del Diploma son los siguientes:

- Facultar a los docentes no solo para impartir conocimientos, sino también para infundir en los alumnos una actitud activa de aprendizaje
- Facultar a los docentes para crear estrategias más claras que les permitan ofrecer a los alumnos experiencias de aprendizaje significativas en las que tengan que utilizar una indagación estructurada y un mayor pensamiento crítico y creativo
- Promover los objetivos generales de cada asignatura para que sean algo más que las aspiraciones del curso y establecer conexiones entre conocimientos hasta ahora aislados (simultaneidad del aprendizaje)
- Animar a los alumnos a desarrollar una variedad definida de habilidades que les permitan continuar aprendiendo activamente después de dejar el colegio, y ayudarlos no solo a acceder a la universidad por tener mejores calificaciones sino también a prepararse para continuar con éxito la educación superior y la vida posterior
- Potenciar aún más la coherencia y pertinencia de la experiencia del Programa del Diploma que reciben los alumnos
- Permitir a los colegios reconocer el carácter distintivo de la educación del Programa del Diploma del IB, con su mezcla de idealismo y sentido práctico

Los cinco enfoques del aprendizaje (desarrollar habilidades de pensamiento, habilidades sociales, habilidades de comunicación, habilidades de autogestión y habilidades de investigación) junto con los seis enfoques de la enseñanza (enseñanza basada en la indagación, centrada en conceptos, contextualizada, colaborativa, diferenciada y guiada por la evaluación) abarcan los principales valores en los que se basa la pedagogía del IB.

La declaración de principios del IB y el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB

El Programa del Diploma se propone desarrollar en los alumnos los conocimientos, las habilidades y las actitudes que necesitarán para alcanzar las metas del IB, tal como aparecen expresadas en su declaración de principios y en el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. La enseñanza y el aprendizaje en el Programa del Diploma representan la puesta en práctica de la filosofía educativa del IB.

Probidad académica

En el Programa del Diploma, la probidad académica constituye un conjunto de valores y conductas basadas en el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. En la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, la probidad académica sirve para promover la integridad personal, generar respeto por la integridad y el

trabajo de los demás, y garantizar que todos los alumnos tengan igualdad de oportunidades para demostrar los conocimientos y las habilidades que han adquirido durante sus estudios.

Todos los trabajos de clase —incluidos los que se presentan para evaluación— deben ser originales y estar basados en las ideas propias del alumno a la vez que se cita debidamente la autoría de las ideas y el trabajo de otras personas. Las tareas de evaluación que requieren que el profesor oriente a los alumnos o que los alumnos trabajen juntos deben llevarse a cabo respetando por completo las directrices detalladas que proporciona el IB para las asignaturas correspondientes.

Para obtener más información sobre la probidad académica en el IB y el Programa del Diploma, sírvase consultar las siguientes publicaciones del IB: *Probidad académica* (2011), *El Programa del Diploma: de los principios a la práctica* (2009) y el *Reglamento general del Programa del Diploma* (2011). En esta guía puede encontrar información específica sobre la probidad académica en lo que respecta a los componentes de evaluación externa e interna de esta asignatura del Programa del Diploma.

Cita de las ideas o el trabajo de otras personas

Se recuerda a los coordinadores y profesores que los alumnos deben citar todas las fuentes que usen en los trabajos que envían para su evaluación. A continuación se ofrece una aclaración de este requisito.

Los alumnos del Programa del Diploma envían trabajos para evaluación en diversos formatos, como pueden ser material audiovisual, texto, gráficos, imágenes o datos publicados en medios impresos o electrónicos. Si un alumno utiliza el trabajo o las ideas de otra persona, debe citar la fuente usando un formato de referencia estándar de forma coherente. Si no se citan todas las fuentes, el IB investigará esta falta de citación como una posible infracción del reglamento que puede conllevar una penalización impuesta por el Comité de la evaluación final del IB.

El IB no prescribe el formato de referencia bibliográfica o citación que deben emplear los alumnos, esta elección se deja a discreción de los miembros pertinentes del profesorado o personal del colegio. Debido a la amplia variedad de asignaturas, las tres lenguas posibles de respuesta y la diversidad de formatos de referencia existentes sería restrictivo y poco práctico insistir en el empleo de un determinado formato. En la práctica, ciertos formatos son de uso más común que otros, pero los colegios pueden escoger libremente el más apropiado para la asignatura en cuestión y para la lengua en la que se redacte el trabajo del alumno. Independientemente del formato de referencia adoptado por el colegio para una asignatura, se espera que la información incluya, como mínimo, el nombre del autor, la fecha de publicación, el título de la fuente y los números de página en caso necesario.

Se espera que los alumnos empleen un formato estándar y que lo usen de forma coherente para citar todas las fuentes utilizadas, incluidas las fuentes de contenido parafraseado o resumido. Al redactar, el alumno debe diferenciar claramente sus propias palabras de las de otros utilizando comillas (u otros métodos, como el sangrado) seguidas de una cita que indique una entrada en la bibliografía. Si se cita una fuente electrónica es necesario indicar la fecha de consulta. No se espera que los alumnos sean expertos en materia de referencias, pero sí que demuestren que todas las fuentes han sido citadas. Es necesario recordar a los alumnos que todo el material audiovisual, texto, gráficos e imágenes o datos publicados en medios impresos o electrónicos que no sea de su autoría debe ser citado. Como se ha mencionado anteriormente, es necesario emplear un formato de referencia bibliográfica apropiado.

La diversidad en el aprendizaje y requisitos de apoyo para el aprendizaje

Los colegios deben garantizar que los alumnos con necesidades de apoyo para el aprendizaje cuenten con un acceso equitativo y las disposiciones razonables correspondientes según los documentos del IB titulados *Alumnos con necesidades específicas de acceso a la evaluación* y *La diversidad en el aprendizaje y las necesidades educativas especiales en los programas del Bachillerato Internacional*.

Naturaleza de la ciencia

La “naturaleza de la ciencia” es un tema dominante en los cursos de Biología, Química y Física. La sección “Naturaleza de la ciencia” se incluye en las guías de Biología, Química y Física para ayudar a los profesores a comprender el significado de la naturaleza de la ciencia. Esta sección proporciona una explicación completa sobre la naturaleza de la ciencia en el siglo XXI. No será posible cubrir en este documento detalladamente todos los aspectos relacionados con su enseñanza y evaluación en los tres cursos de ciencias.

La sección “Naturaleza de la ciencia” está estructurada en párrafos (1.1, 1.2, etc.) para vincular los puntos significativos del programa (páginas horizontales) que se refieren a la naturaleza de la ciencia. Los apartados que se refieren a la naturaleza de la ciencia que figurarán en las secciones de la guía específicas de la asignatura son ejemplos de comprensiones concretas. Dichos enunciados, que preceden a cada subtema, resumen cómo ejemplificar uno o más temas de la naturaleza de la ciencia por medio de la comprensión y las aplicaciones y habilidades de ese subtema. Estas secciones no constituyen una repetición de los enunciados de la naturaleza de la ciencia que se dan a continuación, sino una elaboración de estos enunciados en un contexto específico. Véase la sección “Formato del programa de estudios”.

Tecnología

Aunque esta sección trata acerca de la naturaleza de la ciencia, la interpretación del término “tecnología” es importante, y hay que aclarar tanto el papel de la tecnología que se ha creado gracias a las ciencias como la contribución de la tecnología a las ciencias. En el mundo contemporáneo, los términos “ciencia” y “tecnología” se utilizan a menudo como sinónimos, pero esto no siempre ha sido así. La tecnología surgió antes que la ciencia, y el uso de materiales para producir objetos útiles y decorativos es muy anterior a la comprensión de por qué los materiales tenían distintas propiedades que permitían emplearlos para distintas finalidades. En la actualidad sucede lo contrario: comprender la ciencia subyacente es la base de los desarrollos tecnológicos. Estos desarrollos tecnológicos, a su vez, sirven para impulsar desarrollos científicos.

A pesar de su interdependencia, la ciencia y la tecnología se basan en principios distintos: la ciencia en las pruebas, la racionalidad y la búsqueda de una comprensión más profunda; la tecnología, por su parte, en lo práctico, lo adecuado y lo útil, con un creciente énfasis en la sustentabilidad.

1. Las ciencias y la actividad científica

- 1.1. Las ciencias parten de la premisa de que el universo tiene una realidad externa e independiente que está al alcance de los sentidos y del razonamiento humanos.
- 1.2. Las ciencias puras procuran alcanzar una comprensión común de este universo externo, mientras que las ciencias aplicadas y las ingenierías desarrollan tecnologías que dan como resultado nuevos procesos y productos. Sin embargo, los límites entre estos campos son difusos.
- 1.3. Los científicos utilizan una amplia variedad de metodologías que, en conjunto, constituyen el proceso de la ciencia. No existe un único “método científico”. Los científicos han utilizado y utilizan diferentes métodos en distintos momentos para construir su conocimiento y sus ideas, pero tienen una percepción común acerca de lo que los hacen científicamente válidos.
- 1.4. La ciencia es una aventura emocionante que plantea desafíos e implica una gran dosis de creatividad e imaginación, así como rigor y detalle tanto en el pensamiento como en las aplicaciones prácticas. Además, los científicos deben estar preparados para encontrarse con descubrimientos sorprendentes, accidentales y no planificados. La historia de las ciencias muestra que esto sucede a menudo.

- 1.5. Muchos descubrimientos científicos han implicado destellos de intuición y una buena cantidad de ellos han procedido de especulaciones o simple curiosidad acerca de determinados fenómenos.
- 1.6. Los científicos emplean una terminología compartida y un proceso de razonamiento común que implica el uso de la lógica deductiva e inductiva mediante analogías y generalizaciones. Comparten las matemáticas, la lengua de la ciencia, como un instrumento eficaz. De hecho, algunas explicaciones científicas existen solo en forma matemática.
- 1.7. Los científicos deben adoptar una actitud escéptica ante las afirmaciones que se realizan. Esto no significa que no crean nada, sino que no emiten un juicio hasta que tienen una buena razón para creer que una afirmación es verdadera o falsa. Dichas razones se basan en pruebas y argumentos.
- 1.8. La importancia de las pruebas es una comprensión común fundamental. Las pruebas pueden obtenerse mediante observación o experimentación por medio de los sentidos humanos, principalmente el de la vista; pero gran parte de las ciencias modernas emplean instrumentos y sensores que pueden recabar información a distancia y automáticamente en áreas que son demasiado pequeñas, que están demasiado alejadas, o que se encuentran más allá de la capacidad de percepción de los sentidos humanos. Con frecuencia, las nuevas tecnologías y las mejoras en los instrumentos han sido impulsoras de nuevos descubrimientos. Observaciones seguidas de análisis y deducciones dieron como resultado la teoría del Big Bang acerca del origen del universo, así como la teoría de la evolución por selección natural. En estos casos, no fue posible realizar experimentos controlados. Disciplinas como la geología y la astronomía se basan en gran medida en recabar datos sobre el terreno, pero todas las disciplinas utilizan, en mayor o menor medida, la observación para obtener pruebas. La experimentación en un entorno controlado, generalmente en laboratorios, es la otra forma de obtener pruebas en forma de datos, y hay muchas convenciones y líneas de pensamiento acerca de cómo recabar dichas pruebas.
- 1.9. Las pruebas que se obtienen se utilizan para desarrollar teorías, hacer generalizaciones a partir de los datos para formular leyes y proponer hipótesis. Dichas teorías e hipótesis se emplean para hacer predicciones que puedan someterse a prueba. De este modo, las teorías pueden respaldarse o rechazarse y pueden modificarse o sustituirse por nuevas teorías.
- 1.10. Para explicar procesos que no se pueden observar, se desarrollan modelos (algunos sencillos, otros muy complejos) basados en la comprensión teórica. Para elaborar predicciones que puedan someterse a prueba se utilizan modelos matemáticos realizados por computador. Esto puede ser especialmente útil cuando no es posible realizar experimentos. Los experimentos o los datos obtenidos a partir de observaciones pueden demostrar que un modelo no es adecuado; en estos casos pueden modificarse o sustituirse por nuevos modelos.
- 1.11. Los resultados de los experimentos, los conocimientos obtenidos mediante los modelos y las observaciones del mundo natural pueden utilizarse para proporcionar más pruebas con respecto a una afirmación.
- 1.12. El aumento de la capacidad de la informática ha hecho que el uso de modelos sea mucho más potente y eficaz. Los modelos, normalmente matemáticos, se utilizan en la actualidad para lograr nuevas comprensiones cuando no es posible realizar experimentos (y a veces cuando sí es posible). El desarrollo de modelos dinámicos de situaciones complejas que implican grandes cantidades de datos, numerosas variables, y cálculos largos y complejos solo es posible gracias al aumento de la potencia de los computadores. Por ejemplo, el uso de modelos del clima de la Tierra permite predecir futuras condiciones climáticas, o hacer una variedad de previsiones acerca de estas. En este campo se han desarrollado distintos modelos y los resultados obtenidos a partir de estos se han comparado para comprobar cuáles modelos son más exactos. Para poner a prueba los modelos, a veces se pueden emplear datos del pasado y utilizarlos para ver si son capaces de predecir la situación actual. Si un modelo supera este tipo de prueba, aumenta la confianza que se tiene en su precisión.
- 1.13. Tanto las ideas como los procesos de la ciencia solo pueden ocurrir en un contexto humano. La ciencia es llevada a la práctica por una comunidad de personas de una amplia variedad de trayectorias, procedencias y tradiciones, y esto ha influido claramente en el modo en que la ciencia se ha llevado a cabo en diferentes momentos. Sin embargo, es importante comprender que hacer ciencia implica participar en una comunidad de indagación con determinados conceptos, metodologías, procesos y principios en común.

2. La comprensión de las ciencias

- 2.1. Teorías, leyes e hipótesis son conceptos que utilizan los científicos. Aunque dichos conceptos están relacionados, no existe una progresión del uno al otro. Estos términos tienen un significado especial en las ciencias, y es importante distinguirlos del uso que se les da en la vida diaria.
- 2.2. Las teorías son modelos completos e integrados de cómo funciona el universo o partes de este. Las teorías pueden incorporar datos y leyes, así como hipótesis comprobadas. A partir de las teorías se pueden realizar predicciones y se pueden comprobar mediante experimentos u observaciones cuidadosas. Algunos ejemplos son la teoría microbiana de la enfermedad y la teoría atómica.
- 2.3. Por lo general, las teorías dan cabida a los supuestos y las premisas de otras teorías, con lo cual se crea una comprensión coherente en toda una variedad de fenómenos y disciplinas. Sin embargo, a veces una nueva teoría cambia radicalmente cómo se entienden o se formulan conceptos esenciales, lo cual afecta a otras teorías y causa lo que a veces se denomina un “cambio de paradigma” en las ciencias. Uno de los cambios de paradigma más conocidos sucedió con la teoría de la relatividad de Einstein, cuando nuestra idea de tiempo cambió de un marco absoluto de referencia a un marco de referencia dependiente del observador. La teoría de la evolución por selección natural, de Darwin, también cambió nuestra comprensión de la vida en la Tierra.
- 2.4. Las leyes son enunciados descriptivos y normativos que se derivan de observar patrones regulares de conducta. En general tienen forma matemática y se pueden utilizar para calcular resultados y hacer predicciones. Como las teorías y las hipótesis, las leyes no se pueden demostrar. Las leyes científicas pueden tener excepciones, y pueden modificarse o rechazarse a partir de nuevas pruebas. Las leyes no necesariamente explican un fenómeno. Por ejemplo, la ley de gravitación universal de Newton nos dice que la fuerza entre dos masas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y nos permite calcular la fuerza entre masas sea cual sea la distancia entre ellas, pero no explica por qué las masas se atraen entre sí. Además, se debe tener en cuenta que el término “ley” se ha utilizado de diferentes maneras en la ciencia, y que si una idea en particular se denomina ley puede ser en parte a causa de la disciplina y del período histórico en los que se desarrolló.
- 2.5. A veces los científicos formulan hipótesis, que son enunciados explicativos acerca del mundo que pueden ser verdaderos o falsos, y que a menudo sugieren una relación causal o una correlación entre factores. La validez de las hipótesis puede comprobarse mediante experimentos y observaciones del mundo natural, y pueden apoyarse o rechazarse.
- 2.6. Para ser científica, una idea (por ejemplo, una teoría o una hipótesis) debe centrarse en el mundo natural, y las explicaciones naturales deben poder someterse a prueba. Los científicos procuran desarrollar hipótesis y teorías que sean compatibles con principios aceptados y que simplifiquen y unifiquen ideas existentes.
- 2.7. El principio de la navaja de Occam se utiliza como guía para desarrollar una teoría. La teoría debe ser lo más sencilla posible y al mismo tiempo tener la máxima capacidad de explicación.
- 2.8. Las ideas de correlación y causa son muy importantes en la ciencia. Una correlación es una asociación o vínculo estadístico entre una variable y otra. Las correlaciones pueden ser positivas o negativas, y se puede calcular un coeficiente de correlación que tenga un valor entre +1, 0 y -1. Una fuerte correlación (positiva o negativa) entre un factor y otro indica algún tipo de relación causal entre los dos factores pero normalmente hace falta obtener más pruebas para que los científicos acepten la idea de una relación causal. Para establecer una relación causal (es decir, que un factor causa otro), los científicos deben tener un mecanismo científico verosímil que vincule los factores. De esta manera se refuerza el argumento de que uno causa el otro, por ejemplo: fumar y el cáncer de pulmón. Este mecanismo puede someterse a prueba en experimentos.
- 2.9. La situación ideal es investigar la relación entre un factor y otro mientras se controlan los factores restantes en un entorno experimental. Sin embargo, a menudo esto es imposible y los científicos, especialmente en biología y medicina, utilizan muestras, estudios de cohorte y estudios de casos y controles para reforzar su comprensión de la causalidad cuando no es posible realizar experimentos (como estudios a doble ciego y ensayos clínicos). En el terreno de la medicina, la epidemiología implica el análisis estadístico de datos para descubrir posibles correlaciones cuando no hay disponible mucho conocimiento científico establecido, o cuando es demasiado difícil controlar las circunstancias en su totalidad. En este caso, como en otros campos, el análisis matemático de probabilidades también desempeña un papel.

3. La objetividad de las ciencias

- 3.1. Los datos son fundamentales para los científicos, y pueden ser cualitativos o cuantitativos. Los datos pueden obtenerse a partir de observaciones o a partir de experimentos específicamente diseñados, mediante el uso de sensores electrónicos a distancia o mediante la toma de mediciones directas. Los mejores datos para realizar descripciones y predicciones exactas y precisas son a menudo cuantitativos y se prestan al análisis matemático. Los científicos analizan datos y buscan patrones, tendencias y discrepancias para intentar descubrir relaciones y establecer relaciones causales. Esto no siempre es posible: identificar y clasificar observaciones y objetos (p. ej., tipos de galaxias o fósiles) sigue siendo un aspecto importante del trabajo científico.
- 3.2. Tomar varias mediciones y realizar una gran cantidad de lecturas puede mejorar la fiabilidad de la obtención de datos. Los datos pueden presentarse en varios formatos, como gráficos lineales y logarítmicos que se pueden analizar para, por ejemplo, averiguar la proporción directa o inversa, o para hallar relaciones de potencia.
- 3.3. Los científicos deben ser conscientes de errores aleatorios y de errores sistemáticos, y utilizar técnicas como las barras de error y líneas de mejor ajuste en los gráficos para mostrar los datos de la forma más realista y precisa posible. Es necesario considerar si deben descartarse o no los valores atípicos de los puntos de datos.
- 3.4. Los científicos deben comprender la diferencia entre errores e incertidumbres, exactitud y precisión; asimismo, deben comprender y utilizar las ideas matemáticas de media, promedio, mediana, moda, etc. A menudo se utilizan métodos estadísticos como la desviación típica y pruebas de chi-cuadrado. Es importante ser capaz de evaluar el nivel de precisión de un resultado. Una parte clave de la capacitación y la pericia de los científicos consiste en ser capaces de decidir qué técnica es adecuada en diferentes circunstancias.
- 3.5. También es muy importante que los científicos sean conscientes de los sesgos cognitivos que pueden afectar al diseño y a la interpretación de experimentos. El sesgo de confirmación, por ejemplo, es un sesgo cognitivo bien documentado que nos incita a rechazar datos que son inesperados o que no se adaptan a nuestros deseos o expectativas, así como a aceptar datos que concuerdan con dichos deseos o expectativas. Los procesos y las metodologías de la ciencia están en gran medida diseñados para tener en cuenta estos sesgos. Sin embargo, siempre se debe procurar evitarlos.
- 3.6. Aunque los científicos nunca pueden tener la certeza de que un resultado o un hallazgo sea correcto, sabemos que algunos resultados científicos se acercan mucho a la certidumbre. Al hablar de resultados, a menudo los científicos hablan de "niveles de confianza". El descubrimiento de la existencia de un bosón de Higgs es un ejemplo de "nivel de confianza". Puede que esta partícula nunca se pueda observar de manera directa, pero para establecer su "existencia", los físicos de partículas tuvieron que regirse por la definición autoimpuesta de qué puede considerarse un descubrimiento: el "nivel de certeza" 5-sigma, o aproximadamente una probabilidad del 0,00003% de que el efecto no sea real sobre la base de pruebas experimentales.
- 3.7. En las últimas décadas, el desarrollo de la potencia de los computadores, de la tecnología de sensores y de las redes han permitido a los científicos recabar grandes cantidades de datos. Continuamente se descargan caudales de datos procedentes de diversas fuentes, como satélites de teledetección y sondas espaciales, y se generan grandes cantidades de datos en máquinas de secuenciación de genes. Los experimentos que se realizan en el Gran Colisionador de Hadrones del CERN producen con regularidad 23 petabytes de datos (lo cual equivale a 13,3 años de contenido de televisión de alta definición) por segundo.
- 3.8. La investigación implica analizar grandes cantidades de estos datos, que están almacenados en bases de datos, para buscar patrones y sucesos extraordinarios. Esto debe realizarse mediante el uso de software que generalmente desarrollan los científicos implicados. Puede que los datos y el software no se publiquen con los resultados científicos, pero se puede poner a disposición de otros investigadores.

4. La faceta humana de la ciencia

- 4.1. La ciencia es una actividad colaborativa, y la comunidad científica se compone de personas que trabajan en la ciencia, la ingeniería y la tecnología. Es habitual trabajar en equipos multidisciplinares de tal modo que distintas áreas de conocimiento y especialización puedan contribuir a un objetivo común que va más allá de un único campo científico. También se da el caso de que la forma de enfocar

un problema dentro del paradigma de una disciplina puede limitar posibles soluciones, por lo cual puede ser muy útil enfocar los problemas mediante el uso de varias perspectivas en las que sean posibles nuevas soluciones.

- 4.2. Este tipo de trabajo en equipo se da bajo la concepción común de que la ciencia deben ser de mentalidad abierta e independiente de religiones, culturas, políticas, nacionalidades, edades y sexos. La ciencia implican el libre intercambio de información e ideas a nivel mundial. Como seres humanos, los científicos pueden tener sus sesgos y prejuicios, pero las instituciones, las prácticas y las metodologías de la ciencia contribuyen a que la actividad científica en su conjunto sea ecuánime.
- 4.3. Además de colaborar en el intercambio de resultados, los científicos trabajan diariamente en equipo tanto a pequeña como a gran escala. Dicho trabajo conjunto es tanto intradisciplinario como interdisciplinario y es frecuente que se dé entre distintos laboratorios, organizaciones y países. Las comunicaciones virtuales facilitan aún más esta colaboración. Algunos ejemplos de colaboración a gran escala son:
 - El Proyecto Manhattan, cuyo objetivo fue construir y probar una bomba atómica. Con el tiempo, en dicho proyecto participaron más de 130.000 personas, que dio como resultado la creación de varios centros de producción e investigación que operaban en secreto y que culminó con el lanzamiento de dos bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki.
 - El Proyecto Genoma Humano, que fue un proyecto de investigación internacional cuyo objetivo fue determinar el mapa del genoma humano. Este proyecto, en el que se invirtieron aproximadamente 3.000 millones de dólares estadounidenses, comenzó en 1990 y produjo una versión preliminar del genoma humano en el año 2000. La secuencia del ADN está almacenada en bases de datos disponibles libremente en Internet.
 - El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), organizado bajo el auspicio de las Naciones Unidas, está compuesto oficialmente por 2.500 científicos que producen informes en los que se resume el trabajo de muchos más científicos de todo el mundo.
 - La Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas en francés), una organización internacional fundada en 1954, es el laboratorio de física de partículas más grande del mundo. El laboratorio, situado en Ginebra, cuenta con aproximadamente 2.400 empleados y comparte resultados con 10.000 científicos e ingenieros de más de 100 nacionalidades y de más de 600 universidades y centros de investigación.

Todos estos ejemplos son controvertidos en cierta medida y han generado reacciones contrapuestas tanto entre los científicos como entre la población en general.

- 4.4. Los científicos emplean una considerable cantidad de tiempo leyendo los resultados publicados de otros científicos. Estos publican sus propios resultados en revistas científicas después de pasar por un proceso denominado "revisión por pares" (*peer review*). En este proceso varios científicos revisan de manera anónima e independiente el trabajo de un científico o, lo que es más habitual, de un equipo de científicos. Los revisores trabajan en el mismo campo que los autores y deciden si las metodologías de investigación son apropiadas y si el trabajo representa una nueva contribución al conocimiento en ese campo. Los científicos también acuden a conferencias para hacer presentaciones y mostrar pósteres de su trabajo. La publicación en Internet de revistas científicas con artículos revisados por pares ha aumentado la eficacia con la que se puede buscar y acceder a la literatura científica. Hay una gran cantidad de organizaciones nacionales e internacionales de científicos que trabajan en áreas especializadas dentro de determinadas disciplinas.
- 4.5. A menudo los científicos trabajan en áreas, o llegan a conclusiones, que tienen importantes implicaciones éticas y políticas. Algunas de dichas áreas son la clonación, la manipulación genética de alimentos y organismos, las células madre y las tecnologías reproductivas, la energía nuclear, el desarrollo de armas (nucleares, químicas y biológicas), el trasplante de tejidos y órganos, y áreas que implican realizar experimentos con animales (véase la *Política del IB sobre la experimentación con animales*). También hay cuestiones relacionadas con los derechos de propiedad intelectual y el libre intercambio de información que pueden afectar significativamente a una sociedad. La actividad científica se lleva a cabo en universidades, empresas comerciales, organizaciones gubernamentales, organismos de defensa y organizaciones internacionales. Las cuestiones relacionadas con patentes y derechos de propiedad intelectual surgen cuando el trabajo se realiza en un entorno protegido.

- 4.6. La integridad y la presentación fiel de los datos son fundamentales en las ciencias: los resultados no se deben arreglar, manipular ni alterar. Para contribuir a asegurar la probidad académica y evitar los plagios, se citan todas las fuentes y toda ayuda o apoyo recibidos. La revisión inter pares y el escrutinio y el escepticismo de la comunidad científica también ayudan a alcanzar esas metas.
- 4.7. Las ciencias necesitan financiarse, y la fuente de la financiación es crucial para las decisiones acerca del tipo de investigación que se va a realizar. La financiación por parte de gobiernos y fundaciones sin ánimo de lucro a veces no tiene otro objetivo aparente que la investigación en sí, mientras que la financiación por parte de empresas privadas a menudo se destina a investigaciones aplicadas destinadas a crear o desarrollar un producto o una tecnología en particular. Muchas veces hay factores políticos y económicos que determinan la naturaleza y la medida de la financiación. En numerosas ocasiones, los científicos deben emplear tiempo en solicitar financiación para sus proyectos de investigación y exponer los fundamentos de dichos proyectos.
- 4.8. La ciencia se han utilizado para resolver muchos problemas y mejorar la situación del ser humano, pero también se ha usado de manera moralmente cuestionable y de formas que han causado problemas accidentalmente. Los avances en saneamiento, suministro de agua limpia e higiene conllevaron un significativo descenso en el índice de mortalidad lo que, sumado a la falta de reducciones compensatorias en el índice de natalidad, trajo consigo grandes aumentos de población, con todos los problemas de recursos y suministro de alimentos y energía que esto implica. Las discusiones sobre aspectos éticos, los análisis de riesgos y beneficios, la evaluación de riesgos y el principio de precaución forman parte de la manera científica de abordar el bien común.

5. Alfabetización científica y la percepción de la ciencia por parte de la sociedad

- 5.1. Comprender la naturaleza de la ciencia resulta fundamental cuando la sociedad debe tomar decisiones que implican hallazgos y problemas de índole científica. ¿Cómo juzga la población general? Tal vez no sea posible realizar juicios partiendo de la base de la comprensión directa de la población general sobre una ciencia, pero sí se pueden plantear preguntas importantes sobre si se siguen procesos científicos, y los científicos son los encargados de responder dichas preguntas.
- 5.2. Como expertos en sus respectivos campos, los científicos se encuentran en una buena posición para explicar a la población sus problemas y sus hallazgos. Fuera de sus campos de especialización, es posible que no estén más capacitados que cualquier otro ciudadano común para aconsejar sobre cuestiones científicas, si bien su comprensión de los procesos científicos puede ayudarlos a tomar decisiones personales y a informar a terceras personas acerca de si determinadas afirmaciones son creíbles desde un punto de vista científico.
- 5.3. Además de saber cómo trabajan y piensan los científicos, la alfabetización científica implica ser consciente de los razonamientos incorrectos. Las personas (incluidos los científicos) son susceptibles a caer en sesgos cognitivos o falacias de razonamiento, y esto debe corregirse siempre que sea posible. Algunos ejemplos son el sesgo de confirmación, generalizaciones precipitadas, *post hoc ergo propter hoc* (causalidad falsa), la falacia del hombre de paja, redefinición (cambiar las reglas del juego cuando ha comenzado la partida), apelar a la tradición, falsa autoridad y la acumulación de anécdotas que se consideran pruebas.
- 5.4. Cuando dichos sesgos y falacias no se corrigen o se controlan debidamente, o cuando los procesos y las comprobaciones de las ciencias se pasan por alto o se aplican incorrectamente, el resultado son las pseudociencias. Pseudociencia es el término que se aplica a aquellas creencias y prácticas que dicen ser científicas pero que no cumplen o no siguen las normas de las metodologías científicas correctas. En otras palabras, les faltan pruebas o un marco teórico, no siempre se pueden someter a comprobaciones y por lo tanto son falsificables, se expresan de forma no rigurosa o poco clara y a menudo no cuentan con el respaldo de pruebas científicas.
- 5.5. Otra cuestión clave es el uso de una terminología pertinente. Las palabras que los científicos acuerdan como términos científicos a menudo tienen un significado diferente en la vida cotidiana, y hay que tener esto en cuenta en el discurso científico dirigido a la sociedad en general. Por ejemplo, en su uso cotidiano, la palabra "teoría" significa "especulación", pero en la ciencia una teoría aceptada es una idea científica que ha generado predicciones a las que se han puesto a prueba de manera rigurosa. Para la población general, "aerosol" es una lata con un dispositivo especial para pulverizar el líquido que contiene, pero en las ciencias es un gas con partículas sólidas o líquidas en suspensión.

- 5.6. Independientemente del terreno científico (ya sea en investigación pura, investigación aplicada, o en trabajos de ingeniería para crear o desarrollar nuevas tecnologías) existen infinitas oportunidades para el pensamiento creativo e imaginativo. Las ciencias han alcanzado una gran cantidad de logros, pero hay muchísimas preguntas sin respuesta que esperan a los futuros científicos.

El diagrama de flujo que aparece a continuación muestra el proceso científico de la indagación en la práctica. Puede acceder a la versión interactiva de este diagrama en la página "How science works: The flowchart" del sitio web *Understanding Science*. <<http://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart>>. University of California Museum of Paleontology. [Consulta: 1 de febrero de 2013].

Cómo funciona la ciencia

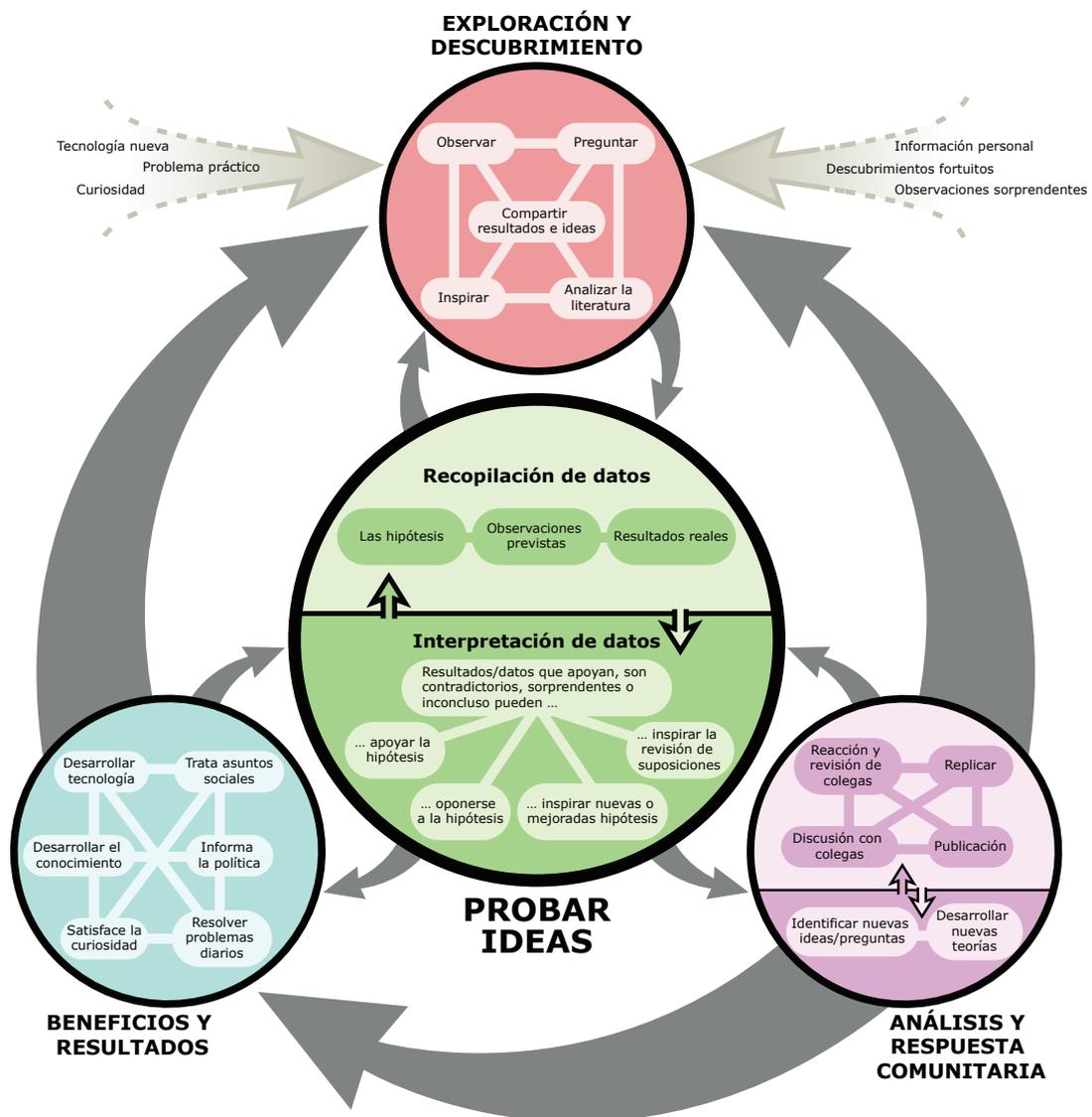


Figura 2
Rutas hacia el descubrimiento científico

Naturaleza de la física

“La física es una tensa amalgama de cualidades opuestas: de escepticismo y racionalidad, de libertad y revolución, de pasión y estética, y de imaginación desbordada y sentido común adquirido”.

Leon M. Lederman (premio nobel de física, 1988)

La física es la más fundamental de las ciencias experimentales, pues intenta dar una explicación del universo mismo, desde las partículas más pequeñas que lo constituyen (los quarks, tal vez fundamentales en el verdadero sentido de la palabra) a las enormes distancias intergalácticas.

La física clásica, erigida sobre los grandes pilares de la mecánica newtoniana, el electromagnetismo y la termodinámica, contribuyó enormemente a profundizar nuestra comprensión del universo. La mecánica newtoniana dio lugar a la idea de la predictibilidad, según la cual el universo sería determinista y cognoscible. Esto llevó a Laplace a afirmar que, conociendo las condiciones iniciales (la posición y la velocidad de todas las partículas del universo) se podría, en principio, predecir el futuro con certidumbre absoluta. La teoría del electromagnetismo de Maxwell describió el comportamiento de las cargas eléctricas y unificó la luz y la electricidad, en tanto que la termodinámica logró describir la relación entre la energía transferida por diferencias de temperatura y por trabajo, además de explicar cómo todos los procesos naturales incrementan el desorden en el universo.

Sin embargo, los descubrimientos experimentales que se hicieron hacia el final del siglo XIX acabaron provocando la caída de la noción clásica del universo cognoscible y predecible. La mecánica newtoniana fallaba al aplicarse al átomo y acabó siendo superada por la mecánica cuántica y la relatividad general. La teoría de Maxwell no fue capaz de explicar la interacción de la radiación con la materia y fue reemplazada por la electrodinámica cuántica (QED). Más recientemente, los desarrollos en la teoría del caos, en los que ahora se aprecia cómo pequeñas variaciones en las condiciones iniciales de un sistema pueden provocar resultados completamente impredecibles, han dado lugar a un replanteamiento fundamental de la termodinámica.

Mientras que la teoría del caos muestra ahora que la afirmación de Laplace carece de sentido, la mecánica cuántica y la QED demuestran además que las condiciones iniciales que exigía Laplace serían imposibles de establecer. Nada es cierto y todo queda decidido por la probabilidad. Pero hay aún muchos fenómenos desconocidos y sin duda aparecerán nuevos cambios de paradigmas a medida que se profundice nuestra comprensión.

Pese a este desarrollo fascinante y extraordinario de las ideas a lo largo de la historia de la física, hay ciertos aspectos que han permanecido invariables. Las observaciones continúan siendo fundamentales para la física y exigen a menudo un ejercicio de imaginación para decidir qué buscar. Para intentar entender las observaciones se desarrollan modelos, los cuales pueden convertirse en teorías que pretenden explicar las observaciones. Estas teorías no siempre derivan directamente de las observaciones, sino que a menudo han de ser creadas. Estos actos de creación son comparables a los que tienen lugar en el arte, la literatura y la música, pero difieren en un aspecto único que le pertenece solo a la ciencia: las predicciones de estas teorías o ideas han de ser comprobadas mediante experimentación cuidadosa. Sin comprobaciones, no se puede valorar una teoría. A una afirmación general o concisa sobre el comportamiento de la naturaleza, si se demuestra que tiene validez experimental para un rango amplio de fenómenos observados, se la llama ley o principio.

Los procesos científicos llevados a cabo por los científicos más destacados del pasado son los mismos que los físicos utilizan en la actualidad y, de manera crucial, también están al alcance de los alumnos en los colegios. Durante el desarrollo primitivo de la ciencia, los físicos eran tanto teóricos como experimentadores

(filósofos naturales). El volumen de saber científico ha crecido en tamaño y complejidad y las herramientas y habilidades de los físicos teóricos y experimentales se han vuelto tan especializadas que resulta difícil, sino imposible, alcanzar un nivel avanzado en ambas áreas. Los alumnos deben ser conscientes de esto, pero también deben tener en cuenta que es el intercambio libre y rápido de ideas teóricas y resultados experimentales publicados en la literatura científica lo que mantiene los vínculos cruciales entre estos dos ámbitos.

En el colegio tanto el aspecto teórico como el práctico deben ser abordados por todos los alumnos. Ambos deberían complementarse de manera natural, tal como ocurre en la comunidad científica. El curso de Física del Programa del Diploma permite a los alumnos desarrollar habilidades y técnicas prácticas tradicionales y profundizar su capacidad en el uso de las matemáticas, que es el lenguaje de la física. También permite que los alumnos desarrollen habilidades de comunicación interpersonal y digital, imprescindibles en el desarrollo científico moderno y que son de por sí, además, habilidades importantes, enriquecedoras y transferibles.

Junto al avance en nuestra comprensión del mundo natural, la consecuencia más obvia y pertinente de la física para la mayor parte de nuestros alumnos es tal vez la capacidad que nos da para cambiar el mundo. Se trata de la vertiente tecnológica de la física, en la que se han aplicado los principios físicos para construir y modificar el mundo material de acuerdo con nuestras necesidades y que ha tenido una influencia profunda sobre las vidas diarias de todos los seres humanos. Esto plantea la cuestión del impacto de la física sobre la sociedad, los dilemas morales y éticos y las implicaciones sociales, económicas y ambientales del trabajo de los físicos. Estas preocupaciones han cobrado más importancia a medida que ha aumentado nuestro poder sobre el medio ambiente; en particular entre los más jóvenes, para quienes resulta evidente la importancia de la responsabilidad de los físicos sobre sus actos.

La física es pues, fundamentalmente, una actividad humana y los alumnos han de ser conscientes del contexto en el que trabajan los físicos. Al arrojar luz sobre su desarrollo histórico se sitúa el conocimiento y el proceso de la física en un contexto de cambio dinámico, en contraposición con el contexto estático en el que a menudo se ha presentado. Esto permite a los alumnos captar el lado humano de la física: los individuos, sus personalidades, épocas y entornos sociales, así como sus retos, decepciones y triunfos.

El curso de Física del Programa del Diploma incluye los principios básicos de la materia pero también, mediante la elección de una opción, da a los profesores cierta flexibilidad para adaptar el curso a las necesidades de los alumnos. El curso está disponible tanto en el NM como en el NS, y se adapta así a aquellos alumnos que desean estudiar física como disciplina principal en la educación superior y a aquellos que no.

Enfoque de la enseñanza

La enseñanza de la física se puede abordar de diversas maneras. Por su propia naturaleza, la física se presta a la aplicación de un método experimental y se espera que esto se refleje a lo largo del curso. El orden que siguen los temas en el programa de estudios **no** es indicativo del orden en el que se deben impartir; queda a la elección de cada profesor la ordenación que mejor se adapte a sus circunstancias. Las secciones de las opciones se pueden impartir dentro de los temas troncales o de los temas adicionales del NS (TANS), y también se pueden impartir como una unidad aparte.

Las ciencias y la dimensión internacional

La ciencia es una actividad internacional por naturaleza: el intercambio de información e ideas entre distintos países ha sido fundamental para su progreso. Este intercambio no es un fenómeno nuevo, pero se ha acelerado en los últimos tiempos con el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones. La idea de que la ciencia es un invento occidental es un mito: muchas de las bases de la ciencia moderna fueron establecidas hace muchos siglos por las civilizaciones árabe, india y china, entre

otras. Se alienta a los profesores a que destaquen esta contribución al impartir diversos temas, por ejemplo, mediante sitios web que muestren la evolución cronológica de los avances científicos. El método científico en su sentido más amplio, con su énfasis en la revisión por pares, la mentalidad abierta y la libertad de pensamiento, trasciende la política, la religión, el sexo y la nacionalidad. Cuando corresponde en algunos temas, las secciones detalladas del programa de estudios de las guías del Grupo 4 contienen vínculos que ilustran los aspectos internacionales de la ciencia.

Actualmente existen numerosos organismos internacionales que fomentan la investigación científica. Las Naciones Unidas cuentan con conocidos organismos, como la UNESCO, el PNUMA y la OMM, en los que la ciencia desempeña una función prominente, pero existen, además de los mencionados, cientos de organismos internacionales que representan a todas las ramas de la ciencia. La infraestructura necesaria para la investigación a gran escala, como por ejemplo en los experimentos de física de partículas y el Proyecto Genoma Humano, es costosa y su financiación solo es posible mediante inversiones conjuntas de muchos países. Científicos de todo el mundo comparten los datos obtenidos en estas investigaciones. Se alienta a los profesores y a los alumnos del Grupo 4 a que accedan a los amplios sitios web y bases de datos de estos organismos científicos internacionales para que aprecien mejor la dimensión internacional.

Cada vez se reconoce más que numerosos problemas científicos son de naturaleza internacional, lo que ha impulsado la adopción de una perspectiva global en muchos ámbitos de investigación. Un ejemplo destacado son los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. En el terreno práctico, el proyecto del Grupo 4 (que deben realizar todos los alumnos de Ciencias Experimentales) se asemeja al trabajo realizado por científicos profesionales, al fomentar la colaboración entre colegios de regiones diferentes.

El conocimiento científico tiene una capacidad sin parangón para transformar las sociedades. Puede proporcionar grandes ventajas a la humanidad o reforzar las desigualdades y producir daños a las personas y al medio ambiente. En consonancia con la declaración de principios del IB, los alumnos que cursan las asignaturas del Grupo 4 deben ser conscientes de la responsabilidad moral que tienen los científicos de garantizar el acceso a los conocimientos y datos científicos de forma equitativa para todos los países y de que estos dispongan de los recursos para utilizar esta información en pos del desarrollo de sociedades sustentables.

Se debe pedir a los alumnos que dirijan su atención a las secciones del programa de estudios que tengan vínculos con la mentalidad internacional. En los subtemas del contenido del programa de estudios se dan ejemplos de cuestiones relacionadas con la mentalidad internacional. Los profesores también pueden utilizar los recursos que se encuentran en el sitio **Compromiso global** (<http://globalengage.ibo.org/>).

Diferencias entre el NM y el NS

Los alumnos que estudian las asignaturas del Grupo 4 en el Nivel Medio (NM) y el Nivel Superior (NS) cursan un programa de estudios con temas troncales comunes, siguen un plan común de evaluación interna y estudian opciones que presentan algunos elementos en común. Se les ofrece un programa de estudios que fomenta el desarrollo de determinados atributos, habilidades y actitudes, según se describe en la sección “Objetivos de evaluación” de la presente guía.

Aunque las habilidades y actividades de las asignaturas del Grupo 4 (Ciencias) son comunes para los alumnos del NM y del NS, los alumnos del NS deben estudiar algunos temas en mayor profundidad en el material de temas adicionales del NS (TANS) y en las opciones comunes. El NM y el NS se diferencian en amplitud y en profundidad.

Conocimientos previos

La experiencia con las asignaturas del Grupo 4 ha demostrado que los alumnos sin estudios ni conocimientos previos sobre ciencias serán capaces de cursar con éxito estas asignaturas en el NM. En este sentido, lo importante será su actitud ante el aprendizaje, caracterizada por los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB.

No obstante, si bien no se pretende restringir el acceso a las asignaturas del Grupo 4, los alumnos que se planteen cursar una asignatura del Grupo 4 en el NS deberán contar con cierta experiencia anterior en educación científica formal. No se especifican temas concretos, aunque los alumnos que hayan cursado el Programa de los Años Intermedios (PAI) o que hayan realizado estudios afines con orientación científica o un curso de ciencias en el colegio estarán suficientemente preparados para una asignatura del NS.

Vínculos con el Programa de los Años Intermedios

Los alumnos que hayan realizado los cursos de Ciencias, Diseño y Matemáticas del PAI estarán bien preparados para cursar las asignaturas del Grupo 4. La coherencia entre Ciencias del PAI y los cursos del Grupo 4 del PD permite a los alumnos una transición sin complicaciones de un programa al otro. La planificación simultánea de los nuevos cursos del Grupo 4 y el proyecto “Programa de los Años Intermedios: el siguiente capítulo” (ambos lanzados en 2014) ha contribuido a una coherencia aún mayor entre el PAI y el PD.

La indagación científica es fundamental para el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en el PAI. Capacita a los alumnos para desarrollar una manera de pensar y un conjunto de habilidades y procesos que, además de permitirles adquirir y utilizar conocimientos, los dota de las habilidades necesarias para abordar con confianza el componente de evaluación interna de las asignaturas del Grupo 4. Las asignaturas de Ciencias del PAI aspiran a contribuir al desarrollo de los alumnos como miembros de la comunidad de aprendizaje del siglo XXI. Un programa de ciencias con un enfoque holístico permite a los alumnos desarrollar y utilizar una combinación de habilidades cognitivas, destrezas sociales, motivación personal, conocimiento conceptual y competencias de resolución de problemas dentro de un entorno de aprendizaje basado en la indagación (Rhoton 2010). El objetivo de la indagación es servir de apoyo a la comprensión de los alumnos proporcionándoles oportunidades de explorar de manera independiente y colaborativa cuestiones pertinentes mediante la investigación y la experimentación. Esto forma una firme base de comprensión científica con profundas raíces conceptuales para los alumnos que van a estudiar los cursos del Grupo 4.

En el PAI, los profesores toman decisiones acerca del logro de los alumnos empleando su juicio profesional y con la orientación de criterios que son públicos, precisos y conocidos de antemano para garantizar así que la evaluación sea transparente. Con este enfoque, el trabajo de los alumnos se evalúa en relación con niveles de logro determinados y no en relación con el trabajo de otros alumnos. Es importante hacer hincapié en que la finalidad más importante de la evaluación del PAI (coherente con el PEP y el PD) es apoyar los objetivos del currículo y fomentar un aprendizaje adecuado por parte de los alumnos. Las evaluaciones se basan en los objetivos generales y de evaluación del curso y, por tanto, una enseñanza eficaz dirigida a cumplir los requisitos del curso también asegurará que se cumplan los requisitos de evaluación formal. Los alumnos deben comprender qué son las normas, las aplicaciones concretas y las expectativas de evaluación; estos elementos deben presentarse de manera natural cuanto antes en la enseñanza, así como en las actividades de clase y en las tareas para hacer en el hogar. Tener experiencia en la evaluación por criterios ayuda en gran medida a que los alumnos que empiezan a estudiar asignaturas del Grupo 4 del PD comprendan los requisitos de evaluación interna.

El currículo de Ciencias del PAI, basado en conceptos, busca ayudar al alumno a construir significados mediante la mejora del pensamiento crítico y la transferencia de conocimientos. En el nivel más alto se

encuentran los **conceptos clave**, que son ideas importantes, amplias y organizadoras que tienen pertinencia dentro del curso de Ciencias, pero que también lo trascienden y son pertinentes a otros grupos de asignaturas. Estos conceptos clave facilitan el aprendizaje disciplinario, el aprendizaje interdisciplinario y las conexiones con otras asignaturas. Mientras que los conceptos clave aportan amplitud, los **conceptos relacionados** de Ciencias del PAI añaden profundidad al programa. El concepto relacionado puede considerarse como la “gran idea” de la unidad que aporta orientación y profundidad y que dirige a los alumnos hacia la comprensión conceptual.

En el PAI hay 16 conceptos clave, y los tres que aparecen resaltados a continuación sirven de eje a Ciencias del PAI.

Conceptos clave en el currículo del PAI			
Estética	Cambio	Comunicación	Comunidades
Conexiones	Creatividad	Cultura	Desarrollo
Forma	Interacciones globales	Identidad	Lógica
Perspectiva	Relaciones	Sistemas	Tiempo, lugar y espacio

Además, los alumnos del PAI pueden realizar una evaluación electrónica opcional y basada en conceptos como preparación adicional para los cursos de Ciencias del PD.

Ciencias y Teoría del Conocimiento

El curso de Teoría del Conocimiento (TdC), cuya primera evaluación se celebrará en 2015, anima a los alumnos a reflexionar sobre la naturaleza del conocimiento y la manera en la que conocemos lo que afirmamos saber. El curso identifica ocho formas de conocimiento: lenguaje, percepción sensorial, emoción, razón, imaginación, fe, intuición y memoria. Los alumnos exploran estos medios de producir conocimiento dentro del contexto de varias áreas de conocimiento: las ciencias naturales, las ciencias humanas, las artes, la ética, la historia, las matemáticas, los sistemas de conocimiento religiosos, y los sistemas de conocimiento indígenas. El curso también requiere que los alumnos comparen las distintas áreas de conocimiento y que reflexionen sobre cómo se alcanza el conocimiento en las distintas disciplinas, qué tienen en común las disciplinas, y las diferencias entre estas.

Las lecciones de TdC pueden ayudar a los alumnos en su estudio de las ciencias, así como el estudio de las ciencias puede ayudar a los alumnos en sus cursos de TdC. TdC proporciona a los alumnos un espacio en el que participar en discusiones amplias y estimulantes acerca de cuestiones como qué significa para una disciplina ser una ciencia, o si debería haber límites éticos en la búsqueda de conocimientos científicos. Además, permite a los alumnos reflexionar sobre las metodologías de las ciencias y compararlas con las de otras áreas de conocimiento. En la actualidad está ampliamente aceptado que no existe un único método científico, en el sentido estricto definido por Popper, sino que las ciencias emplean una variedad de enfoques para encontrar explicaciones sobre el funcionamiento de la naturaleza. Las distintas disciplinas científicas tienen en común el uso del razonamiento inductivo y deductivo, la importancia de las pruebas, etc. Se anima a los alumnos a comparar y contrastar estos métodos con los métodos que se encuentran en, por ejemplo, las artes o la historia.

De esta manera se dan amplias oportunidades para que los alumnos establezcan vínculos entre sus cursos de Ciencias y TdC. Una forma en que los profesores pueden ayudar a los alumnos a establecer dichos vínculos con TdC es llamar la atención de estos hacia preguntas de conocimiento que surjan del contenido de la asignatura. Las preguntas de conocimiento son preguntas abiertas y a continuación se dan algunos ejemplos:

- ¿Cómo se distingue la ciencia de la pseudociencia?
- Al realizar experimentos, ¿qué relación hay entre las expectativas del científico y su percepción?
- ¿Cómo progresa el conocimiento científico?
- ¿Qué papel desempeñan la imaginación y la intuición en las ciencias?
- ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias en los métodos de las ciencias naturales y las ciencias humanas?

En los subtemas del contenido del programa de estudios de esta guía se dan ejemplos de preguntas de conocimiento pertinentes. Además, los profesores pueden encontrar sugerencias de preguntas de conocimiento interesantes en las secciones “Áreas de conocimiento” y “El marco de conocimiento” de la *Guía de Teoría del Conocimiento*. Se debe animar a los alumnos a plantear y discutir tales preguntas de conocimiento tanto en las clases de Ciencias como en las de TdC.

Objetivos generales

Objetivos generales del Grupo 4

Mediante el estudio de la Biología, la Física o la Química, los alumnos deberán tomar conciencia de la forma en que los científicos trabajan y se comunican entre ellos. Si bien el método científico puede adoptar muy diversas formas, es el enfoque práctico, mediante trabajos experimentales, lo que caracteriza a estas asignaturas.

Mediante el tema dominante de naturaleza de la ciencia, los objetivos generales permiten a los alumnos:

1. Apreciar el estudio científico y la creatividad dentro de un contexto global mediante oportunidades que los estimulen y los desafíen intelectualmente
2. Adquirir un cuerpo de conocimientos, métodos y técnicas propios de la ciencia y la tecnología
3. Aplicar y utilizar un cuerpo de conocimientos, métodos y técnicas propios de la ciencia y la tecnología
4. Desarrollar la capacidad de analizar, evaluar y sintetizar la información científica
5. Desarrollar una toma de conciencia crítica sobre el valor y la necesidad de colaborar y comunicarse de manera eficaz en las actividades científicas
6. Desarrollar habilidades de experimentación y de investigación científicas, incluido el uso de tecnologías actuales
7. Desarrollar las habilidades de comunicación del siglo XXI para aplicarlas al estudio de la ciencia
8. Tomar conciencia crítica, como ciudadanos del mundo, de las implicaciones éticas del uso de la ciencia y la tecnología
9. Desarrollar la apreciación de las posibilidades y limitaciones de la ciencia y la tecnología
10. Desarrollar la comprensión de las relaciones entre las distintas disciplinas científicas y su influencia sobre otras áreas de conocimiento

Objetivos de evaluación

Los objetivos de evaluación de Biología, Química y Física reflejan aquellos aspectos de los objetivos generales que deben evaluarse de manera formal interna o externamente. Dichas evaluaciones se centrarán en la naturaleza de la ciencia. El propósito de estos cursos es que los alumnos alcancen los siguientes objetivos de evaluación:

1. Demostrar conocimiento y comprensión de:
 - a. Hechos, conceptos y terminología
 - b. Metodologías y técnicas
 - c. Cómo comunicar la información científica
2. Aplicar:
 - a. Hechos, conceptos y terminología
 - b. Metodologías y técnicas
 - c. Métodos de comunicar la información científica
3. Formular, analizar y evaluar:
 - a. Hipótesis, problemas de investigación y predicciones
 - b. Metodologías y técnicas
 - c. Datos primarios y secundarios
 - d. Explicaciones científicas
4. Demostrar las aptitudes de investigación, experimentación y personales necesarias para llevar a cabo investigaciones perspicaces y éticas.

Resumen del programa de estudios

Componente del programa	Horas lectivas recomendadas	
	NM	NS
Temas troncales	95	
1. Mediciones e incertidumbres	5	
2. Mecánica	22	
3. Física térmica	11	
4. Ondas	15	
5. Electricidad y magnetismo	15	
6. Movimiento circular y gravitación	5	
7. Física atómica, nuclear y de partículas	14	
8. Producción de energía	8	
Temas adicionales del Nivel Superior (TANS)		60
9. Fenómenos ondulatorios		17
10. Campos		11
11. Inducción electromagnética		16
12. Física cuántica y nuclear		16
Opciones	15	25
A. Relatividad	15	25
B. Física para ingeniería	15	25
C. Toma de imágenes	15	25
D. Astrofísica	15	25
Plan de trabajos prácticos	40	60
Trabajos prácticos	20	40
Investigación individual (evaluación interna)	10	10
Proyecto del Grupo 4	10	10
Total de horas lectivas	150	240

Se recomienda impartir 240 horas lectivas para completar los cursos de NS y 150 horas lectivas para completar los cursos de NM, tal como se indica en el documento titulado *Reglamento general del Programa del Diploma*, publicado en 2011 (página 4, artículo 8.2).

Enfoques en la enseñanza y el aprendizaje de Física

Formato del programa de estudios

El formato de la sección del programa de estudios de las guías del Grupo 4 es el mismo para las asignaturas de Física, Química y Biología. Esta nueva estructura destaca y hace hincapié en los aspectos de enseñanza y aprendizaje.

Temas y opciones

Los temas están numerados y las opciones se identifican por medio de una letra mayúscula. Por ejemplo, "Tema 8: Producción de energía", u "Opción D: Astrofísica".

Subtemas

Los subtemas están numerados de la siguiente manera: "6.1 Movimiento circular". El material de ayuda al profesor contiene más información y orientación acerca de la cantidad de horas lectivas.

Cada subtema comienza con una "idea fundamental". La idea fundamental es una interpretación perdurable que se considera parte de la comprensión de las ciencias por parte de la población general. A esto le sigue la sección "Naturaleza de la ciencia", en la que se dan ejemplos específicos en contexto en los que se ilustran algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Dichos ejemplos están directamente vinculados con referencias específicas de la sección "Naturaleza de la ciencia" de la guía para ayudar a los profesores a comprender el tema general que se vaya a abordar.

Bajo el tema preponderante de "Naturaleza de la ciencia" se encuentran dos columnas. En la primera columna hay tres apartados: "Comprensión", "Aplicaciones y habilidades" y "Orientación". En el apartado "Comprensión" se plantean las principales ideas generales que se deben enseñar. En "Aplicaciones y habilidades" se resumen las aplicaciones y las habilidades específicas que se desarrollarán a partir de la comprensión. Por último, en "Orientación" se informa acerca de los límites y la profundidad de tratamiento que se requiere tanto a profesores como a examinadores. El contenido del apartado "Naturaleza de la ciencia" (que se encuentra encima de las dos columnas), y el de la primera columna son elementos que se pueden evaluar. Además, como en el curso anterior, a partir del contenido de la segunda columna se evaluará la mentalidad internacional en las ciencias.

Por su parte, la segunda columna cuenta con los apartados "Mentalidad internacional", "Teoría del Conocimiento", "Utilización" y "Objetivos generales". En "Mentalidad internacional" se da a los profesores sugerencias de aspectos relacionados con la mentalidad internacional. En "Teoría del Conocimiento" se proporcionan ejemplos de preguntas de conocimiento de TdC (véase la *Guía de Teoría del Conocimiento* publicada en 2013) que se pueden utilizar para guiar a los alumnos en la preparación del ensayo de TdC. En el apartado "Utilización" se puede vincular el subtema con otras partes del programa de estudios de la asignatura, con otras guías de asignaturas del PD o con aplicaciones del mundo real. Finalmente, el apartado "Objetivos generales" indica cómo se abordan en el subtema determinados objetivos generales del Grupo 4.

Formato de la guía

Tema 1: <Título>

Idea fundamental: Aquí se indica la idea fundamental de cada subtema.

1.1 Subtema	
Naturaleza de la ciencia: Relaciona el subtema con el tema preponderante de naturaleza de la ciencia.	
<p>Comprensión:</p> <ul style="list-style-type: none"> Esta sección proporciona información específica acerca de los requisitos de contenido para cada subtema. <p>Aplicaciones y habilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> Esta sección da información sobre cómo los alumnos deben aplicar la comprensión. Por ejemplo, las aplicaciones podrían implicar demostrar cálculos matemáticos o habilidades prácticas. <p>Orientación:</p> <ul style="list-style-type: none"> Esta sección proporciona información específica y límites acerca de los requisitos de comprensión y aplicaciones y habilidades. <p>Referencia del cuadernillo de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Esta sección incluye vínculos con secciones específicas del cuadernillo de datos. 	<p>Mentalidad internacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ideas que los profesores pueden integrar fácilmente en sus clases. <p>Teoría del Conocimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ejemplos de preguntas de conocimiento de TdC. <p>Utilización:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vínculos con otros temas de la <i>Guía de Física</i>, con varias aplicaciones del mundo real, y con otros cursos del Programa del Diploma. <p>Objetivos generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vínculos con los objetivos generales de las asignaturas del Grupo 4.

Técnicas experimentales del Grupo 4

“Lo que oigo, olvido. Lo que veo, recuerdo. Lo que hago, aprendo.”

Confucio

En cualquier curso del Grupo 4, la experiencia de los estudiantes en el aula, el laboratorio, o mediante el trabajo de campo constituye una parte fundamental de su aprendizaje. Las actividades prácticas permiten a los estudiantes interactuar con los fenómenos naturales y las fuentes secundarias de datos. Estas experiencias brindan a los estudiantes la oportunidad de diseñar sus investigaciones, recoger datos, adquirir técnicas de manipulación, analizar resultados, colaborar con colegas, y evaluar y comunicar sus hallazgos. Los experimentos se pueden usar para presentar un tema, investigar un fenómeno o permitir a los estudiantes considerar y examinar cuestiones y curiosidades.

La experimentación práctica proporciona a los estudiantes la oportunidad de recrear los mismos procesos que realizan los científicos. La experimentación ayuda a los alumnos a percibir la naturaleza del pensamiento científico y la investigación. Todas las teorías y leyes científicas comienzan con la observación.

Es importante que los alumnos participen en un programa práctico basado en la indagación que permita el desarrollo de la investigación científica. No es suficiente que los alumnos se limiten a seguir instrucciones y a reproducir un determinado procedimiento experimental, sino que se les deberá dar oportunidades de realizar una indagación genuina. Desarrollar habilidades de indagación científica dará a los alumnos la capacidad de elaborar explicaciones basadas en pruebas fiables y en un razonamiento lógico. Una vez

desarrolladas, estas habilidades de pensamiento de orden superior permitirán a los alumnos adoptar una actitud de aprendizaje durante toda su vida y conocer el mecanismo de las ciencias.

El plan de trabajos prácticos del colegio debe permitir a los alumnos experimentar toda la amplitud y profundidad del curso, incluidas las opciones. Dicho plan de trabajos prácticos también debe preparar a los alumnos para realizar la investigación individual que se requiere para la evaluación interna. El desarrollo de las técnicas de manipulación de los alumnos debe incluir que estos sean capaces de seguir instrucciones con exactitud y utilizar de forma segura, competente y metódica diversas técnicas y equipos.

La sección "Aplicaciones y habilidades" del programa de estudios enumera técnicas, experimentos y habilidades de laboratorio específicos que los alumnos deben aplicar en algún momento al estudiar las asignaturas del Grupo 4. En la sección "Objetivos generales" del programa de estudios se enumeran otras técnicas, experimentos y habilidades de laboratorio que se recomiendan. El objetivo general 6 de las asignaturas del Grupo 4 está directamente relacionado con el desarrollo de habilidades de experimentación e investigación.

Requisitos matemáticos

Todos los alumnos de Física del Programa del Diploma deberán ser capaces de:

- Realizar las operaciones aritméticas básicas: suma, resta, multiplicación y división
- Realizar cálculos con medias, decimales, fracciones, porcentajes, proporciones, aproximaciones y recíprocas
- Realizar operaciones con funciones trigonométricas
- Realizar operaciones con funciones logarítmicas y exponenciales (solo NS)
- Utilizar la notación científica (por ejemplo, $3,6 \cdot 10^6$)
- Utilizar la proporción directa e inversa
- Resolver ecuaciones algebraicas sencillas
- Resolver ecuaciones lineales simultáneas
- Dibujar gráficos (con escalas y ejes adecuados) con dos variables que muestren relaciones lineales y no lineales
- Interpretar gráficos, incluido el significado de pendientes, variación de pendientes, intersecciones con los ejes y áreas
- Dibujar líneas (curvas o rectas) de ajuste óptimo sobre un diagrama de dispersión
- Sobre una gráfica lineal de ajuste óptimo, construir rectas de gradientes máximo y mínimo con exactitud relativa (a ojo) teniendo en cuenta todas las barras de incertidumbre
- Interpretar datos presentados en diversas formas (por ejemplo, gráficos de barras, histogramas y gráficos circulares)
- Representar la media aritmética mediante la notación de x barra (por ejemplo: \bar{x})
- Expresar incertidumbres con una o dos cifras significativas, y justificar la elección

Cuadernillo de datos

El cuadernillo de datos debe considerarse parte esencial del programa de Física. Deberá utilizarse a lo largo del curso, y no solo durante las evaluaciones externas. El cuadernillo de datos contiene ecuaciones, constantes, datos, fórmulas estructurales y tablas de información útiles. En el programa de estudios de la guía de la asignatura hay referencias directas a información del cuadernillo de datos que permitirá a los alumnos familiarizarse con su uso y contenido. Se recomienda utilizar el cuadernillo de datos tanto en las clases como en las evaluaciones que se realicen en el colegio.

Se deberán facilitar, tanto a los alumnos del NM como del NS, copias sin anotaciones del cuadernillo en todos los exámenes correspondientes a la evaluación externa.

Uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones

Se fomenta el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en todos los aspectos del curso, tanto en el programa práctico como en las actividades cotidianas de clase. Los profesores deben utilizar las páginas de TIC de los respectivos materiales de ayuda al profesor.

Planificación del curso

El programa de estudios que se proporciona en la guía de la asignatura no pretende establecer un orden para la enseñanza, sino detallar lo que debe cubrirse antes del final del curso. Cada colegio debe desarrollar un plan de trabajo que resulte óptimo para sus alumnos. Por ejemplo, el plan de trabajo puede realizarse de tal modo que coincida con los recursos disponibles, que tenga en cuenta la experiencia y los conocimientos previos de los alumnos, o puede elaborarse teniendo en cuenta otros requisitos locales.

Los profesores de NS tienen la posibilidad de enseñar los temas troncales y los temas adicionales del NS (TANS) al mismo tiempo, o bien impartirlos en espiral, para lo cual enseñarían los temas troncales en el primer año del curso y los repasarían en el segundo año cuando impartiesen los TANS. El tema optativo puede enseñarse como un tema aparte o bien integrarse en la enseñanza de los temas troncales y/o de los TANS.

Sea como sea la planificación del curso, se debe proporcionar una cantidad adecuada de tiempo para repasar para el examen. También se debe conceder tiempo para que los alumnos reflexionen sobre su experiencia y su crecimiento como miembros de la comunidad de aprendizaje.

Perfil de la comunidad de aprendizaje del IB

El curso de Física contribuye al desarrollo de los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. Mediante el curso, los alumnos abordarán los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. Por ejemplo, los requisitos de la evaluación interna proporcionan a los alumnos oportunidades para desarrollar cada uno de los aspectos del perfil. A continuación se indican varias referencias de los cursos del Grupo 4 por cada atributo del perfil de la comunidad de aprendizaje.

Atributo del perfil de la comunidad de aprendizaje	Biología, Química y Física
Indagadores	Objetivos generales 2 y 6 Actividades prácticas y evaluación interna
Informados e instruidos	Objetivos generales 1 y 10, vínculos con la mentalidad internacional Actividades prácticas y evaluación interna
Pensadores	Objetivos generales 3 y 4, vínculos con Teoría del Conocimiento Actividades prácticas y evaluación interna
Buenos comunicadores	Objetivos generales 5 y 7, evaluación externa Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4
Íntegros	Objetivos generales 8 y 9 Actividades prácticas y evaluación interna. Conducta ética (póster <i>Conducta ética en el Programa del Diploma, Política del IB sobre la experimentación con animales</i>), probidad académica
De mentalidad abierta	Objetivos generales 8 y 9, vínculos con la mentalidad internacional Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4
Solidarios	Objetivos generales 8 y 9 Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4, conducta ética (póster <i>Conducta ética en el Programa del Diploma, Política del IB sobre la experimentación con animales</i>)
Audaces	Objetivos generales 1 y 6 Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4
Equilibrados	Objetivos generales 8 y 10 Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4 y trabajo de campo
Reflexivos	Objetivos generales 5 y 9 Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4

Contenido del programa de estudios

Horas lectivas recomendadas

Temas troncales	95 horas
Tema 1: Mediciones e incertidumbres	5
1.1 Las mediciones en la física	
1.2 Incertidumbres y errores	
1.3 Vectores y escalares	
Tema 2: Mecánica	22
2.1 Movimiento	
2.2 Fuerzas	
2.3 Trabajo, energía y potencia	
2.4 Cantidad de movimiento e impulso	
Tema 3: Física térmica	11
3.1 Conceptos térmicos	
3.2 Modelización de un gas	
Tema 4: Ondas	15
4.1 Oscilaciones	
4.2 Ondas progresivas	
4.3 Características de las ondas	
4.4 Comportamiento de las ondas	
4.5 Ondas estacionarias	
Tema 5: Electricidad y magnetismo	15
5.1 Campo eléctrico	
5.2 Efecto calórico de las corrientes eléctricas	
5.3 Celdas eléctricas	
5.4 Efectos magnéticos de las corrientes eléctricas	

Tema 6: Movimiento circular y gravitación	5
6.1 Movimiento circular	
6.2 Ley de la gravitación de Newton	
Tema 7: Física atómica, nuclear y de partículas	14
7.1 Energía discreta y radiactividad	
7.2 Reacciones nucleares	
7.3 La estructura de la materia	
Tema 8: Producción de energía	8
8.1 Fuentes de energía	
8.2 Transferencia de energía térmica	
Temas adicionales del Nivel Superior (TANS)	60 horas
Tema 9: Fenómenos ondulatorios	17
9.1 Movimiento armónico simple	
9.2 Difracción de rendija única	
9.3 Interferencia	
9.4 Resolución	
9.5 Efecto Doppler	
Tema 10: Campos	11
10.1 Descripción de los campos	
10.2 Los campos en acción	
Tema 11: Inducción electromagnética	16
11.1 Inducción electromagnética	
11.2 La generación y transmisión de energía	
11.3 Capacitancia	
Tema 12: Física cuántica y nuclear	16
12.1 La interacción de la materia con la radiación	
12.2 Física nuclear	

Opciones

15 horas (NM)/25 horas (NS)

A. Relatividad

Temas troncales

- A.1 Los orígenes de la relatividad
- A.2 Transformaciones de Lorentz
- A.3 Diagramas de espacio-tiempo

Temas adicionales del Nivel Superior (TANS)

- A.4 Mecánica relativista
- A.5 Relatividad general

B. Física en ingeniería

Temas troncales

- B.1 Cuerpos rígidos y dinámica de rotación
- B.2 Termodinámica

Temas adicionales del Nivel Superior (TANS)

- B.3 Fluidos y dinámica de fluidos
- B.4 Vibraciones forzadas y resonancia

C. Toma de imágenes

Temas troncales

- C.1 Introducción a la toma de imágenes
- C.2 Instrumentación de imágenes
- C.3 Fibras ópticas

Temas adicionales del Nivel Superior (TANS)

- C.4 Imágenes médicas

D. Astrofísica

Temas troncales

- D.1 Magnitudes estelares
- D.2 Características y evolución de las estrellas
- D.3 Cosmología

Temas adicionales del Nivel Superior (TANS)

- D.4 Procesos estelares
- D.5 Ampliación de cosmología

Tema 1: Mediciones e incertidumbres

5 horas

Idea fundamental: Desde 1948, el Sistema Internacional de Unidades (SI) se ha utilizado como lenguaje preferente de las ciencias y la tecnología en todo el mundo y refleja las mejores prácticas actuales en el ámbito de las mediciones.

1.1 Las mediciones en la física

Naturaleza de la ciencia:

Terminología común: desde el siglo XVIII, los científicos han tratado de establecer sistemas comunes de medidas para facilitar la colaboración internacional en las disciplinas científicas y garantizar así la posibilidad de repetición y comparación de los hallazgos experimentales. (1.6)

Avances en la instrumentación: los avances en los aparatos y la instrumentación, como el uso de la transición de los átomos de cesio-133 en relojes atómicos, han contribuido a lograr definiciones más precisas de las unidades normalizadas. (1.8)

Certidumbre: aunque se suele imaginar a los científicos buscando respuestas “exactas”, siempre existe una incertidumbre inevitable en toda medida. (3.6)

Comprensión:

- Unidades del SI fundamentales y derivadas
- Notación científica y multiplicadores métricos
- Cifras significativas
- Órdenes de magnitud
- Estimación

Aplicaciones y habilidades:

- Utilizar las unidades del SI en el formato correcto para todas las mediciones requeridas, dar respuestas finales en los cálculos y presentar datos en crudo y procesados
- Utilizar la notación científica y los multiplicadores métricos

Mentalidad internacional:

- La colaboración científica puede ser auténticamente global sin las restricciones de las fronteras nacionales o de idioma gracias a las normas acordadas para la representación de datos.

Teoría del Conocimiento:

- ¿Qué ha determinado el lenguaje común que se utiliza en la ciencia? ¿Hasta qué punto disponer de un enfoque unificado común para la medición facilita la puesta en común de los conocimientos en la física?

Utilización:

- Este tema puede integrarse con cualquier otro tema que se imparta al principio del curso y reviste importancia con respecto a todos los temas.

1.1 Las mediciones en la física

- Citar y comparar cocientes, valores y aproximaciones hasta el orden de magnitud más próximo
- Estimar cantidades con el número apropiado de cifras significativas

Orientación:

- Se puede obtener más información sobre el uso de las unidades del SI en el sitio web de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (Bureau International des Poids et Mesures).
- No es necesario que los alumnos sepan la definición de las unidades del SI excepto cuando se indique explícitamente en los temas pertinentes de esta guía.
- La candela es una unidad del SI que no se necesita para este curso.
- Para el uso de unidades que no pertenecen al SI, tales como eV, MeV c^{-2} , año-luz y pc, se dará información en los temas pertinentes de esta guía.
- En el material de ayuda al profesor se ofrece orientación adicional sobre cómo usar en los exámenes la notación científica y las cifras significativas.

Referencia del cuadernillo de datos:

- Los multiplicadores métricos (SI) se encuentran en la página 2 del cuadernillo de datos de Física.

- Los alumnos que estudien más de una asignatura del Grupo 4 podrán utilizar estos conocimientos en todas las asignaturas.
- Véase la *Guía de Estudios Matemáticos NM*, subtemas 1.2–1.4.

Objetivos generales:

- **Objetivos 2 y 3:** Se trata de un área esencial del conocimiento que permite a los científicos colaborar entre sí en todo el mundo.
- **Objetivos 4 y 5:** Al haber un planteamiento común en la expresión de los resultados del análisis, evaluación y síntesis de la información científica, se logra una mejor puesta en común y colaboración.

Idea fundamental: Los científicos intentan diseñar experimentos que extraigan un “valor verdadero” de las mediciones, pero debido a la precisión limitada de los dispositivos de medición, habitualmente mencionan sus resultados junto con algún tipo de incertidumbre.

1.2 Incertidumbres y errores

Naturaleza de la ciencia:

Incertidumbres: “Todo conocimiento científico es incierto[...]. Si ya has tomado una decisión, puede que no resuelvas el problema. Cuando el científico te dice que no sabe la respuesta, es un hombre ignorante. Cuando te dice que tiene un presentimiento acerca de cómo algo va a funcionar, aún no está seguro. Cuando está muy seguro de que va a funcionar y te dice ‘Estoy seguro de que esto va a funcionar’, aún tiene dudas. Y es de enorme importancia, para poder progresar, reconocer esta ignorancia y esta duda. Gracias a que tenemos la duda, nos planteamos buscar nuevas ideas en nuevas direcciones”. (3.4)

FEYNMAN, Richard P. *The Meaning of It All: Thoughts of a Citizen-Scientist*. Reading, Massachusetts, EE. UU.: Perseus, 1998, p. 13.

Comprensión:

- Errores aleatorios y sistemáticos
- Incertidumbres absoluta, relativa y en porcentaje
- Barras de error
- Incertidumbre del gradiente y de los puntos de intersección

Aplicaciones y habilidades:

- Explicar cómo se pueden identificar y reducir los errores aleatorios y sistemáticos
- Recoger datos que incluyan incertidumbres absolutas y/o relativas y formularlas con un intervalo de incertidumbre (expresadas como: mejor estimación \pm rango de incertidumbre)
- Propagar las incertidumbres a través de cálculos con sumas, restas, multiplicaciones, divisiones y potencias
- Determinar la incertidumbre en gradientes y puntos de intersección

Teoría del Conocimiento:

- “Una meta de las ciencias físicas ha sido la de ofrecer una imagen exacta del mundo material. Un logro de la física en el siglo xx ha sido demostrar que esta meta es inalcanzable”, Jacob Bronowski. ¿Pueden los científicos llegar a estar realmente seguros de sus descubrimientos?

Utilización:

- Los alumnos que estudien más de una asignatura del Grupo 4 podrán utilizar estos conocimientos en todas las asignaturas.

1.2 Incertidumbres y errores

Orientación:

- En los exámenes no se exige análisis de incertidumbres para funciones trigonométricas ni logarítmicas.
- En el material de ayuda al profesor se ofrece orientación adicional sobre cómo usar en los exámenes las incertidumbres, las barras de error y las líneas de ajuste óptimo.

Referencia del cuadernillo de datos:

- Si $y = a \pm b$
entonces $\Delta y = \Delta a + \Delta b$
- Si $y = \frac{ab}{c}$
entonces $\frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}$
- Si $y = a^n$
entonces $\frac{\Delta y}{y} = \left| n \frac{\Delta a}{a} \right|$

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** Es importante que los alumnos valoren los errores y las incertidumbres en la ciencia no solo como un rango de respuestas posibles sino también como una parte integral del proceso científico.
- **Objetivo 9:** El proceso de utilizar incertidumbres en la física clásica puede compararse con la noción de incertidumbre en la física moderna (especialmente en la física cuántica).

Idea fundamental: Algunas cantidades tienen dirección y magnitud, mientras que otras tienen solamente magnitud, y comprender esto es la clave para el manejo correcto de las cantidades. Este subtema tendrá amplias aplicaciones en múltiples campos de la física y de otras ciencias.

1.3 Vectores y escalares

Naturaleza de la ciencia:

Modelos: mencionados explícitamente por primera vez en un artículo científico en 1846, los escalares y los vectores han reflejado el trabajo de los científicos y matemáticos de todo el mundo durante más de 300 años para representar mediciones en el espacio tridimensional. (1.10)

Comprensión:

- Cantidades vectoriales y escalares
- Combinación y resolución de vectores

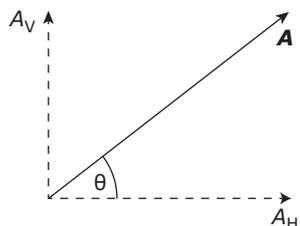
Aplicaciones y habilidades:

- Resolver problemas vectoriales gráfica y algebraicamente

Orientación:

- La resolución de vectores se limitará a dos direcciones perpendiculares.
- Los problemas se limitarán a la suma de vectores y a la multiplicación de vectores por escalares.

Referencia del cuadernillo de datos:



- $A_H = A \cos \theta$
- $A_V = A \sin \theta$

Mentalidad internacional:

- La notación vectorial forma la base de los mapas en el mundo.

Teoría del Conocimiento:

- ¿Cuál es la naturaleza de la certidumbre y la prueba en matemáticas?

Utilización:

- Navegación y topografía (véase “Destrezas geográficas” en el programa de estudios de la *Guía de Geografía*)
- Fuerza e intensidad de campo (véase la *Guía de Física*, subtemas 2.2, 5.1, 6.1 y 10.1)
- Vectores (véase la *Guía de Matemáticas NS*, subtema 4.1; *Guía de Matemáticas NM*, subtema 4.1)

Objetivos generales:

- **Objetivos 2 y 3:** Este es un aspecto fundamental del lenguaje científico que permite la representación espacial y la manipulación de conceptos abstractos.

Tema 2: Mecánica

22 horas

Idea fundamental: El movimiento puede describirse y analizarse mediante el uso de gráficos y ecuaciones.

2.1 Movimiento

Naturaleza de la ciencia:

Observaciones: las ideas del movimiento son fundamentales en muchos ámbitos de la física y apuntan a la consideración de las fuerzas con sus implicaciones. Las ecuaciones cinemáticas para la aceleración uniforme fueron desarrolladas mediante observaciones detalladas del mundo natural. (1.8)

Comprensión:

- Distancia y desplazamiento
- Rapidez y velocidad
- Aceleración
- Gráficos que describen el movimiento
- Ecuaciones del movimiento para la aceleración uniforme
- Movimiento de proyectiles
- Resistencia de fluidos y velocidad terminal

Aplicaciones y habilidades:

- Determinar los valores instantáneos y medios para la velocidad, la rapidez y la aceleración
- Resolver problemas utilizando las ecuaciones del movimiento para la aceleración uniforme
- Dibujar aproximadamente e interpretar gráficos de movimiento
- Determinar la aceleración de la caída libre experimentalmente

Mentalidad internacional:

- La cooperación internacional es necesaria para rastrear el transporte terrestre, marino, aéreo y los objetos en el espacio.

Teoría del Conocimiento:

- La independencia del movimiento horizontal y vertical en el movimiento de proyectiles parece contrario a la intuición. ¿Cómo se desligan los científicos de sus intuiciones? ¿Cómo aprovechan los científicos sus intuiciones?

Utilización:

- Buceo, paracaidismo y actividades similares en las que la resistencia de fluidos afecta al movimiento
- El uso preciso de la balística requiere un análisis cuidadoso
- Biomecánica (véase la *Guía de Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud*, Nivel Medio, subtema 4.3).
- Funciones cuadráticas (véanse la *Guía de Matemáticas NS*, subtema 2.6; la *Guía de Matemáticas NM*, subtema 2.4; la *Guía de Estudios Matemáticos NM*, subtema 6.3).

2.1 Movimiento

- Analizar el movimiento de proyectiles, incluidos la resolución de las componentes vertical y horizontal de la aceleración, la velocidad y el desplazamiento
- Describir cualitativamente el efecto de la resistencia del fluido sobre los objetos en caída o los proyectiles, incluido el alcance de la velocidad terminal

Orientación:

- Los cálculos se limitarán a aquellos en que se desprecia la resistencia del aire.
- El movimiento de proyectiles solo aparecerá en problemas en que se utiliza un valor constante de g cerca de la superficie de la Tierra.
- No se exigirá la ecuación de la trayectoria de un proyectil.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $v = u + at$
- $s = ut + \frac{1}{2}at^2$
- $v^2 = u^2 + 2as$
- $s = \frac{(v+u)t}{2}$

- Las ecuaciones cinemáticas se tratan en la notación del cálculo en la *Guía de Matemáticas NS*, subtema 6.6 y la *Guía de Matemáticas NM*, subtema 6.6.

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** Gran parte del desarrollo de la física clásica se ha construido sobre los avances en la cinemática.
- **Objetivo 6:** Los experimentos, incluido el uso de registros de datos, pueden ser, entre otros: la determinación de g ; la estimación de la velocidad mediante horarios de viaje; el análisis del movimiento de proyectiles; el estudio del movimiento a través de un fluido.
- **Objetivo 7:** La tecnología ha permitido mediciones más fiables y precisas del movimiento, incluido el análisis en video de proyectiles reales y la modelización/simulación de la velocidad terminal.

Idea fundamental: La física clásica requiere la presencia de una fuerza para que cambie un estado de movimiento, tal como sugirió Newton en sus leyes de movimiento.

2.2 Fuerzas

Naturaleza de la ciencia:

Uso de las matemáticas: Isaac Newton sentó las bases de una gran parte de nuestro conocimiento de las fuerzas y el movimiento, al formalizar el trabajo anterior de otros científicos mediante la aplicación de las matemáticas e inventando el cálculo diferencial como herramienta. (2.4)

Intuición: la historia de la manzana caída describe simplemente uno entre muchos arrebatos de intuición que condujeron a la publicación de *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* en 1687. (1.5)

Comprensión:

- Los objetos como partículas puntuales
- Diagramas de cuerpo libre
- Equilibrio traslacional
- Las leyes del movimiento de Newton
- El rozamiento de sólidos

Aplicaciones y habilidades:

- Representar las fuerzas como vectores
- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas de cuerpo libre
- Describir las consecuencias de la primera ley de Newton para el equilibrio traslacional
- Utilizar la segunda ley de Newton cuantitativa y cualitativamente
- Identificar los pares de fuerzas en el contexto de la tercera ley de Newton
- Resolver problemas relacionados con fuerzas y determinar la fuerza resultante
- Describir el rozamiento entre sólidos (estático y dinámico) mediante coeficientes de rozamiento

Teoría del Conocimiento:

- En la física clásica se creía que el futuro completo del universo podía predecirse a partir del conocimiento del estado actual. ¿Hasta qué punto puede el conocimiento del presente aportar conocimiento sobre el futuro?

Utilización:

- Movimiento de partículas cargadas en campos (véase la *Guía de Física*, subtemas 5.4, 6.1, 11.1, 12.2)
- Aplicación del rozamiento en el movimiento circular (véase la *Guía de Física*, subtema 6.1)
- Construcción (considerar planteamientos antiguos y modernos para la seguridad, la longevidad y la consideración de las influencias de la geología y el clima locales)
- Biomecánica (véase la *Guía de Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud*, Nivel Medio, subtema 4.3)

2.2 Fuerzas

Orientación:

- Los alumnos han de etiquetar las fuerzas utilizando nombres o símbolos comúnmente aceptados (por ejemplo: “peso” o “fuerza de gravedad” o “mg”).
- Los diagramas de cuerpo libre han de mostrar las longitudes de los vectores a escala actuando desde el punto de aplicación.
- Los ejemplos y las preguntas se limitarán a casos con masa constante.
- “mg” ha de ser identificada como el peso.
- Los cálculos para la determinación de las fuerzas resultantes se limitarán a situaciones en una o dos dimensiones.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $F = ma$
- $F_f \leq \mu_s R$
- $F_f = \mu_d R$

Objetivos generales:

- **Objetivos 2 y 3:** El trabajo de Newton se describe a menudo a partir de la cita de una carta que escribió a su rival, Robert Hooke, 11 años antes de la publicación de *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, en la que se dice: “Lo que hizo Descartes fue un buen paso. Usted ha añadido muchos y variados métodos, especialmente al dar sentido filosófico a los colores de las láminas finas. Si he visto más lejos, ha sido por estar a hombros de gigantes”. Debe recordarse que esta cita está inspirada en otras, repetidas por escritores que la habían utilizado en distintas versiones desde al menos 500 años antes de la época de Newton.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la verificación de la segunda ley de Newton; la investigación de fuerzas en equilibrio; la determinación de los efectos del rozamiento.

Idea fundamental: El concepto fundamental de la energía establece la base sobre la que se ha construido gran parte de la ciencia.

2.3 Trabajo, energía y potencia

Naturaleza de la ciencia:

Teorías: muchos fenómenos pueden comprenderse de manera fundamental mediante la aplicación de la teoría de la conservación de la energía. Con el transcurso del tiempo, los científicos han aprovechado esta teoría tanto para explicar fenómenos naturales como para predecir los resultados de interacciones previamente desconocidas (lo que es aun más importante). El concepto de energía ha evolucionado como resultado del reconocimiento de la relación entre la masa y la energía. (2.2)

Comprensión:

- Energía cinética
- Energía potencial gravitatoria
- Energía potencial elástica
- Trabajo efectuado como transferencia de energía
- Potencia como ritmo de variación (o velocidad) de transferencia de energía
- Principio de conservación de la energía
- Rendimiento

Aplicaciones y habilidades:

- Discutir la conservación de la energía total dentro de las transformaciones de energía
- Dibujar aproximadamente e interpretar los gráficos de fuerza-distancia
- Determinar el trabajo efectuado, incluidos los casos en los que actúa una fuerza de resistencia
- Resolver problemas de potencia
- Describir cuantitativamente el rendimiento en las transferencias de energía

Orientación:

- Se han de tener en cuenta casos en los que la línea de acción de la fuerza y el desplazamiento no son paralelos.
- Los ejemplos han de incluir gráficos de fuerza-distancia para las fuerzas variables.

Teoría del Conocimiento:

- ¿Hasta qué punto se basa el conocimiento científico en conceptos fundamentales como la energía? ¿Qué ocurre con el conocimiento científico cuando nuestra comprensión de tales conceptos fundamentales cambia o evoluciona?

Utilización:

- La energía se trata también en otras asignaturas del Grupo 4 (por ejemplo, véanse la *Guía de Biología*, temas 2, 4 y 8; *Guía de Química*, temas 5, 15, y C; *Guía de Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud*, temas 3, A.2, C.3 y D.3; *Guía de Sistemas Ambientales y Sociedades*, temas 1, 2 y 3).
- Las conversiones de energía son imprescindibles para la generación de energía eléctrica (véase la *Guía de Física*, tema 5 y subtema 8.1).
- Las variaciones de energía que se dan en el movimiento armónico simple (véase la *Guía de Física*, subtemas 4.1 y 9.1).

2.3 Trabajo, energía y potencia

Referencia del cuadernillo de datos:

- $W = Fs \cos \theta$
- $E_k = \frac{1}{2}mv^2$
- $E_p = \frac{1}{2}k \Delta x^2$
- $\Delta E_p = mg\Delta h$
- Potencia = Fv
- Rendimiento = $\frac{\text{trabajo útil de salida}}{\text{trabajo total de entrada}} = \frac{\text{potencia útil de salida}}{\text{potencia total de entrada}}$

Objetivos generales:

- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros, la relación entre la energía cinética y la energía potencial gravitatoria para una masa en caída; el rendimiento de los objetos mecánicos; la comparación entre situaciones diferentes que involucran la energía potencial elástica.
- **Objetivo 8:** Al relacionar este subtema con el tema 8, los alumnos han de ser conscientes de la importancia del rendimiento y de su repercusión sobre la conservación del combustible utilizado en la producción energética.

Idea fundamental: La conservación de la cantidad de movimiento es un ejemplo de ley que nunca puede violarse.

2.4 Cantidad de movimiento e impulso

Naturaleza de la ciencia:

El concepto de cantidad de movimiento y el principio de su conservación pueden utilizarse para analizar y predecir el resultado de una amplia gama de interacciones físicas, desde el movimiento macroscópico hasta las colisiones microscópicas. (1.9)

Comprensión:

- La segunda ley de Newton expresada en función del ritmo de variación de la cantidad de movimiento
- Gráficos de impulso y fuerza-tiempo
- Conservación de la cantidad de movimiento
- Colisiones elásticas, colisiones inelásticas y explosiones

Aplicaciones y habilidades:

- Aplicar la conservación de la cantidad de movimiento en sistemas aislados simples, como por ejemplo colisiones, explosiones o chorros de agua
- Utilizar la segunda ley de Newton cuantitativa y cualitativamente en casos en los que la masa no es constante
- Dibujar aproximadamente e interpretar gráficos de fuerza-tiempo
- Determinar el impulso en diversos contextos, incluidos, entre otros, la seguridad del automóvil y los deportes
- Comparar cualitativa y cuantitativamente situaciones que involucran colisiones elásticas, colisiones inelásticas y explosiones

Orientación:

- Los alumnos han de ser conscientes de que $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ es equivalente a $\mathbf{F} = \frac{\Delta\mathbf{p}}{\Delta t}$ solamente cuando la masa es constante.
- No se exigirá resolver ecuaciones simultáneas que involucren la conservación de la cantidad de movimiento y la energía en colisiones.

Mentalidad internacional:

- Se han adoptado en todo el mundo normas de seguridad pasiva para automóviles basadas en investigaciones llevadas a cabo en numerosos países.

Teoría del Conocimiento:

- ¿Limitan o facilitan el desarrollo futuro de la física las leyes de conservación?

Utilización:

- Motores de propulsión a chorro y cohetes
- Artes marciales
- Teoría de partículas y colisiones (véase la *Guía de Física*, subtema 3.1)

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** Las leyes de conservación en las disciplinas científicas han desempeñado un papel primordial para encontrar los límites dentro de los que se desarrollan las teorías científicas.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: el análisis de colisiones en relación con la transferencia de energía, el impulso de investigaciones para determinar la velocidad, la fuerza, el tiempo o la masa; la determinación de la cantidad de energía transformada en las colisiones inelásticas.
- **Objetivo 7:** La tecnología ha posibilitado mediciones más fiables y precisas de la fuerza y la cantidad de movimiento, incluido el análisis por video de colisiones reales y la modelización/simulación de las colisiones moleculares.

2.4 Cantidad de movimiento e impulso

- Los cálculos relacionados con colisiones y explosiones se restringirán a situaciones unidimensionales.
- Se deberá realizar una comparación entre la energía que aparece en las colisiones inelásticas (en las que la energía cinética no se conserva) y la conservación de la energía (total).

Referencia del cuadernillo de datos:

- $p = mv$
- $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$
- $E_k = \frac{p^2}{2m}$
- Impulso = $F\Delta t = \Delta p$

Tema 3: Física térmica

11 horas

Idea fundamental: La física térmica demuestra adecuadamente el vínculo entre las mediciones macroscópicas imprescindibles en muchos modelos científicos y las propiedades microscópicas que subyacen en estos modelos.

3.1 Conceptos térmicos

Naturaleza de la ciencia:

La evidencia a partir de la experimentación: los científicos de los siglos XVII y XVIII trabajaban sin el conocimiento de la estructura atómica y a veces desarrollaron teorías que más adelante se revelarían incorrectas, como las del flogisto o las que hacían posible el movimiento perpetuo. Nuestra comprensión actual se apoya en la mecánica estadística, que nos proporciona la base para comprender y aplicar las transferencias de energía en la ciencia. (1.8)

Comprensión:

- Teoría molecular de los sólidos, líquidos y gases
- Temperatura y temperatura absoluta
- Energía interna
- Calor específico
- Cambios de fase
- Calor latente específico

Aplicaciones y habilidades:

- Describir la variación en temperatura en función de la energía interna
- Utilizar las escalas de Kelvin y de Celsius y hacer conversiones entre ambas
- Aplicar las técnicas calorimétricas del calor específico o del calor latente específico de forma experimental
- Describir los cambios de fase en función del comportamiento molecular

Mentalidad internacional:

- El tema de la física térmica es un buen ejemplo del uso de sistemas internacionales de medida que permiten a los científicos colaborar de forma eficaz.

Teoría del Conocimiento:

- La observación a través de las percepciones sensoriales desempeña un papel clave en la toma de medidas. ¿Son distintas las funciones que tiene la percepción sensorial en diferentes áreas del conocimiento?

Utilización:

- Los aparatos medidores de presión, barómetros y manómetros, proporcionan una buena manera de presentar los aspectos de este subtema.
- A los alumnos del Nivel Superior, especialmente aquellos que estudian la opción B, se les pueden mostrar vínculos con la termodinámica (véase la *Guía de Física*, tema 9, y el subtema opcional B.4).

3.1 Conceptos térmicos

- Dibujar aproximadamente e interpretar los gráficos de cambios de fase
- Calcular variaciones de energía que involucran el calor específico y el calor latente específico de fusión y vaporización

Orientación:

- Se toma la energía interna como la energía intermolecular total + la energía cinética aleatoria total de las moléculas.
- Los gráficos de cambio de fase pueden constar de ejes de temperatura versus tiempo o de temperatura versus energía.
- Se han de comprender cualitativamente los efectos del enfriamiento, pero no se requieren cálculos que impliquen la corrección por enfriamiento.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $Q = mc\Delta T$
- $Q = mL$

- La naturaleza de la materia como partículas (véase la *Guía de Química*, subtema 1.3) y la medición de cambios de energía (véase la *Guía de Química*, subtema 5.1).
- Agua (véase la *Guía de Biología*, subtema 2.2).

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** La comprensión de los conceptos térmicos es un aspecto fundamental de muchos ámbitos de la ciencia.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la transferencia de energía por diferencia de temperatura; investigaciones calorimétricas; energía involucrada en los cambios de fase.

Idea fundamental: Las propiedades de los gases ideales permiten a los científicos hacer predicciones sobre el comportamiento de los gases reales.

3.2 Modelización de un gas

Naturaleza de la ciencia:

Colaboración: los científicos del siglo XIX lograron progresos valiosos en las teorías modernas que conforman la base de la termodinámica y establecieron vínculos importantes con otras ciencias, especialmente con la química. En varias ocasiones, el mismo principio físico fue enunciado por diversos científicos de diferentes formas que eran a la misma vez equivalentes. Tanto el pensamiento empírico como el teórico tienen su lugar en la ciencia y esto es evidente en la comparación entre el inalcanzable gas ideal y los gases reales. (4.1)

Comprensión:

- La presión
- La ecuación de estado de un gas ideal
- El modelo cinético de un gas ideal
- El mol, la masa molar y la constante de Avogadro
- Las diferencias entre los gases reales e ideales

Aplicaciones y habilidades:

- Resolver problemas mediante la ecuación de estado de un gas ideal y las leyes de los gases
- Dibujar aproximadamente e interpretar los cambios de estado de un gas ideal sobre diagramas de presión-volumen, presión-temperatura y volumen-temperatura
- Investigar al menos una ley de los gases experimentalmente

Orientación:

- Los alumnos han de ser conscientes de las hipótesis que sustentan la teoría cinética molecular de los gases ideales.
- Las leyes de gases se restringirán a volumen constante, temperatura constante, presión constante y a la ley de gases ideales.
- Los alumnos han de comprender que un gas real se aproxima a un gas ideal en condiciones de presión baja, temperatura moderada y densidad baja.

Teoría del Conocimiento:

- ¿Cuándo es la modelización de situaciones “ideales” lo “bastante buena” como para considerarla un conocimiento?

Utilización:

- El transporte de gases en forma líquida o a altas presiones/densidades es una práctica habitual en todo el planeta. Se debe poner especial atención al comportamiento de los gases reales bajo condiciones extremas en estas situaciones.
- La toma en consideración de los procesos termodinámicos es esencial en muchos ámbitos de la química (véase la *Guía de Química*, subtema 1.3).
- Procesos de respiración (véase la *Guía de Biología*, subtema D.6).

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** Este es un buen tema para establecer comparaciones entre el pensamiento empírico y el teórico en la ciencia.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la verificación de las leyes de los gases; el cálculo de la constante de Avogadro; la investigación virtual de los parámetros de las leyes de los gases no es posible en el entorno de un laboratorio escolar.

3.2 Modelización de un gas

Referencia del cuadernillo de datos:

- $p = \frac{F}{A}$
- $n = \frac{N}{N_A}$
- $pV = nRT$
- $\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T$

Tema 4: Ondas

15 horas

Idea fundamental: El estudio de las oscilaciones es la base de muchos ámbitos de la física, y el movimiento armónico simple (mas) es una oscilación fundamental que aparece en diversos fenómenos naturales.

4.1 Oscilaciones

Naturaleza de la ciencia:

Modelos: las oscilaciones forman una parte importante de nuestras vidas, desde las mareas hasta el movimiento del péndulo oscilante que solía regir nuestra percepción del tiempo. Principios generales rigen esta parte de la física, como por ejemplo las olas en mar abierto o las oscilaciones del sistema de suspensión de un automóvil. Esta introducción al tema nos recuerda que no todas las oscilaciones son isócronas. No obstante, el oscilador armónico simple tiene una gran importancia para los físicos ya que todas las oscilaciones periódicas pueden describirse mediante la matemática del movimiento armónico simple. (1.10)

Comprensión:

- Oscilaciones armónicas simples
- Período temporal, frecuencia, amplitud, desplazamiento y diferencia de fase
- Condiciones para el movimiento armónico simple

Aplicaciones y habilidades:

- Describir cualitativamente las variaciones de energía que tienen lugar durante un ciclo de una oscilación
- Dibujar aproximadamente e interpretar gráficos de ejemplos de movimiento armónico simple

Orientación:

- Los tipos de gráficos que describen el movimiento armónico simple han de incluir desplazamiento-tiempo, velocidad-tiempo, aceleración-tiempo y aceleración-desplazamiento.
- Se espera que los alumnos entiendan la importancia del signo negativo en la relación: $a \propto -x$ (la aceleración es proporcional al opuesto del desplazamiento)

Mentalidad internacional:

- Las oscilaciones se emplean para definir los sistemas horarios que acuerdan las naciones para que el mundo se mantenga sincronizado. Esto repercute sobre muchos aspectos de nuestras vidas como el suministro eléctrico, los dispositivos para viajes y localización y toda la microelectrónica.

Teoría del Conocimiento:

- El oscilador armónico es un paradigma de modelización en el que se recurre a una ecuación sencilla para describir un fenómeno complejo. ¿Cómo saben los científicos cuándo este modelo simple no es suficientemente detallado para lo que necesitan?

Utilización:

- Las oscilaciones isócronas pueden usarse para medir el tiempo.
- Hay muchos sistemas que se acercan al movimiento armónico simple: una masa en un resorte (muelle), un fluido en un tubo en forma de U, los modelos de icebergs que oscilan en vertical en el océano y el movimiento de una esfera que rueda sobre un espejo cóncavo.

4.1 Oscilaciones

Referencia del cuadernillo de datos:

- $T = \frac{1}{f}$

- El movimiento armónico simple aparece con frecuencia en el contexto de la mecánica (véase la *Guía de Física*, tema 2).

Objetivos generales:

- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: una masa sobre un resorte; un péndulo simple; el movimiento sobre una superficie curvada en el aire.
- **Objetivo 7:** Pueden aplicarse los conocimientos de tecnología de la información para modelizar la ecuación que define el movimiento armónico simple. Esto sirve para captar mejor el significado de la propia ecuación.

Idea fundamental: Existen muchas formas de ondas que se pueden estudiar. Una característica común de todas las ondas progresivas es que transportan energía, pero, en general, el medio a través del que se desplazan no se perturba permanentemente.

4.2 Ondas progresivas

Naturaleza de la ciencia:

Patrones, tendencias y discrepancias: los científicos han descubierto los rasgos comunes del movimiento ondulatorio a través de la observación cuidadosa del mundo natural, buscando patrones, tendencias y discrepancias y haciéndose nuevas preguntas a partir de sus hallazgos. (3.1)

Comprensión:

- Ondas progresivas
- Longitud de onda, frecuencia, período y velocidad de onda
- Ondas transversales y longitudinales
- Naturaleza de las ondas electromagnéticas
- Naturaleza de las ondas de sonido

Aplicaciones y habilidades:

- Explicar el movimiento de las partículas de un medio cuando lo atraviesa una onda en los casos transversales y longitudinales
- Dibujar aproximadamente e interpretar gráficos de desplazamiento-distancia y gráficos de desplazamiento-tiempo para ondas transversales y longitudinales
- Resolver problemas relacionados con velocidad de onda, frecuencia y longitud de onda
- Investigar la velocidad del sonido experimentalmente

Orientación:

- Se espera que los alumnos deduzcan $v = f\lambda$
- Los alumnos conocer el orden de magnitud de las longitudes de onda de los espectros de radio, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

Mentalidad internacional:

- Las ondas electromagnéticas se utilizan ampliamente en las comunicaciones nacionales e internacionales.

Teoría del Conocimiento:

- Los científicos a menudo extienden su percepción de conceptos tangibles y visibles para explicar conceptos no visibles similares, tal como ocurre en la teoría ondulatoria. ¿Cómo explican los científicos aquellos conceptos que carecen de propiedades tangibles o visibles?

Utilización:

- Las comunicaciones a través de ondas, tanto de sonido (localmente) como electromagnéticas (cercanas y lejanas), se basan en la teoría ondulatoria.
- Los espectros de emisión se analizan por comparación con el espectro de ondas electromagnéticas (véanse la *Guía de Química*, tema 2 y la *Guía de Física*, subtema 12.1).
- La visión (véase la *Guía de Biología*, subtema A.2).

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** Existe todo un cuerpo común de conocimiento y de técnicas relacionadas con la teoría ondulatoria que tiene aplicación en numerosas áreas de la física.
- **Objetivo 4:** Hay oportunidades de emplear el análisis de datos para llegar a algunos de los modelos de esta sección a partir de principios primitivos.

4.2 Ondas progresivas

Referencia del cuadernillo de datos:

- $c = f\lambda$

- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la velocidad de las ondas en diferentes medios; la detección de ondas electromagnéticas de diversas fuentes; el uso de métodos de eco (o similares) para determinar la velocidad de onda, la longitud de onda, la distancia y la elasticidad y/o densidad del medio.

Idea fundamental: Todas las ondas pueden ser descritas con las mismas ideas matemáticas. El conocimiento en un área conduce a la posibilidad de predicción en otra.

4.3 Características de las ondas

Naturaleza de la ciencia:

Imaginación: se especula que la polarización puede haber sido aprovechada por los vikingos mediante su uso del espato de Islandia hace más de 1300 años para la navegación (con anterioridad a la introducción de la brújula magnética). Los científicos europeos entre los siglos XVII y XIX continuaron mejorando la teoría ondulatoria, refinando las teorías y modelos propuestos a medida que avanzaba nuestra comprensión de estos fenómenos. (1.4)

Comprensión:

Frentes de onda y rayos

- Amplitud e intensidad
- Superposición
- Polarización

Aplicaciones y habilidades:

- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas de frentes de onda y rayos
- Resolver problemas de amplitud, intensidad y de la ley de la inversa del cuadrado
- Dibujar aproximadamente e interpretar la superposición de pulsos y ondas
- Describir métodos de polarización
- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas donde se ilustren haces polarizados, reflejados y transmitidos
- Resolver problemas relacionados con la ley de Malus

Orientación:

- Se espera que los alumnos calculen la resultante de dos ondas o pulsos tanto gráfica como algebraicamente.
- Los métodos de polarización se limitarán al uso de filtros polarizantes y a la reflexión desde una superficie plana no metálica.

Teoría del Conocimiento:

- Los frentes de onda y los rayos son visualizaciones que nos ayudan a comprender la realidad. Esto es la base de la modelización en las ciencias físicas. ¿En qué se diferencia la metodología utilizada en las ciencias naturales de la que se usa en las ciencias sociales?
- ¿Qué nivel de detalle ha de presentar un modelo para representar fielmente la realidad?

Utilización:

- Varias tecnologías modernas, como las pantallas LCD, dependen de la polarización para su funcionamiento.

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** Estos comportamientos universales de las ondas se aplican en secciones posteriores del curso a temas más avanzados, lo que permite a los alumnos considerar los distintos tipos de onda de manera general.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la observación de la polarización bajo diferentes condiciones, incluido el uso de microondas; la superposición de ondas; la representación de tipos de onda mediante modelos físicos (por ejemplo, demostraciones con resortes de ondas, conocidos como *slinky*).

4.3 Características de las ondas

Referencia del cuadernillo de datos:

- $I \propto A^2$
- $I \propto X^{-2}$
- $I = I_0 \cos^2 \theta$

- **Objetivo 7:** El uso de modelización por computador permite a los alumnos observar el movimiento ondulatorio en tres dimensiones, además de permitir ajustar con mayor precisión las características de las ondas en demostraciones de superposición.

Idea fundamental: Las ondas interactúan con los medios y entre sí de múltiples maneras, las cuales pueden resultar inesperadas y también útiles.

4.4 Comportamiento de las ondas

Naturaleza de la ciencia:

Teorías rivales: el contraste entre los trabajos de Huygens y Newton en relación con sus teorías de la luz, y el correspondiente debate entre Fresnel, Arago y Poisson son demostraciones de dos teorías que eran válidas pero incompletas y con defectos. Es un ejemplo histórico de cómo avanza la ciencia que condujo al reconocimiento de la naturaleza dual de la luz. (1.9)

Comprensión:

- Reflexión y refracción
- La ley de Snell, el ángulo crítico y la reflexión total interna
- La difracción a través de una rendija única y en torno a los objetos
- Patrones de interferencia
- Interferencia de doble rendija
- Diferencia de caminos

Aplicaciones y habilidades:

- Dibujar aproximadamente e interpretar las ondas incidente, reflejada y transmitida en las interfases
- Resolver problemas relacionados con la reflexión en una interfase plana
- Resolver problemas relacionados con la ley de Snell, el ángulo crítico y la reflexión total interna
- Determinar experimentalmente el índice de refracción
- Describir cualitativamente el patrón de difracción formado cuando las ondas planas inciden en perpendicular sobre una rendija única
- Describir cuantitativamente los patrones de intensidad de la interferencia de doble rendija

Mentalidad internacional:

- Ciertos comportamientos de las olas han dejado huella en muchas culturas a lo largo de la historia, a menudo en estrecha relación con mitos y leyendas que formaron la base de los estudios científicos primitivos.

Teoría del Conocimiento:

- Huygens y Newton propusieron dos teorías rivales para el comportamiento de la luz. ¿Cómo decide la comunidad científica entre teorías competidoras?

Utilización:

- La huella de un satélite sobre la Tierra depende de la difracción en el plato del satélite.
- Las aplicaciones de la refracción y de la reflexión de la luz abarcan desde el simple espejo plano hasta la endoscopia médica y otras más sofisticadas. Muchas de estas aplicaciones nos han permitido mejorar y extender nuestro sentido de la vista.
- La simple idea de la cancelación mutua de dos rayos coherentes de luz que se reflejan desde dos superficies permite que sea posible el almacenamiento de datos en los discos compactos y sus sucesores.
- La explicación física del arco iris recurre a la refracción y a la reflexión total interna. Las franjas brillantes y oscuras dentro del arco iris y los arcos supernumerarios, solo pueden explicarse a partir de la naturaleza ondulatoria de la luz y el fenómeno de difracción.

4.4 Comportamiento de las ondas

Orientación:

- Las descripciones cuantitativas del índice de refracción se limitarán a rayos de luz que pasan entre dos o más medios transparentes. Si hubiera más de dos medios, solamente se considerarán interfases paralelas.
- No se espera que los alumnos sepan deducir la ecuación de la doble rendija.
- Los alumnos deben tener la oportunidad de observar los patrones de difracción e interferencia producidos por más de un tipo de onda.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\text{sen } \theta_2}{\text{sen } \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$
- $$s = \frac{\lambda D}{d}$$
- Interferencia constructiva: diferencia de caminos = $n\lambda$
- Interferencia destructiva: diferencia de caminos = $\left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$

Objetivos generales:

- **Objetivo 1:** Los aspectos históricos de este tema todavía revisten importancia para la ciencia actual y ayudan a comprender el trabajo de los científicos del pasado.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la determinación del índice de refracción y la aplicación de la ley de Snell; la determinación de las condiciones bajo las cuales puede darse la reflexión total interna; el examen de los patrones de difracción a través de aberturas y en torno a obstáculos; la investigación del experimento de doble rendija.
- **Objetivo 8:** El uso creciente de los datos digitales y su densidad de almacenamiento tiene repercusiones sobre la privacidad individual debido a la permanencia de una huella digital.

Idea fundamental: Cuando las ondas progresivas se encuentran, pueden superponerse para formar ondas estacionarias en las que la energía no se puede transferir.

4.5 Ondas estacionarias

Naturaleza de la ciencia:

Proceso de razonamiento habitual: desde la época de Pitágoras en adelante, la relación entre la formación de ondas estacionarias en cuerdas y en tuberías se ha modelizado matemáticamente y se ha vinculado a las observaciones de los sistemas oscilantes. En el caso del sonido en el aire y la luz, el sistema puede visualizarse con el fin de reconocer los procesos subyacentes que se dan en las ondas estacionarias. (1.6)

Comprensión:

- Naturaleza de las ondas estacionarias
- Condiciones de contorno
- Nodos y antinodos

Aplicaciones y habilidades:

- Describir la naturaleza y la formación de las ondas estacionarias en función de la superposición
- Distinguir entre ondas estacionarias y progresivas
- Observar, dibujar aproximadamente e interpretar patrones de ondas estacionarias en cuerdas y tuberías
- Resolver problemas relacionados con la frecuencia de un armónico, la longitud de la onda estacionaria y la velocidad de la onda

Orientación:

- Se espera que los alumnos consideren la formación de ondas estacionarias a partir de la superposición de dos ondas como máximo.
- Las condiciones de contorno posibles para las cuerdas son: dos extremos fijos, un extremo fijo y el otro libre, dos extremos libres.
- Las condiciones de contorno para las tuberías son: dos extremos cerrados, un extremo cerrado y el otro abierto, dos extremos abiertos.

Mentalidad internacional:

- El arte de la música, cuyo fundamento científico descansa en estas ideas, es universal con respecto a todas las culturas del pasado y del presente. Muchos instrumentos musicales dependen en gran medida de la generación y manipulación de ondas estacionarias.

Teoría del Conocimiento:

- Existe una conexión estrecha entre las ondas estacionarias en cuerdas y la teoría de Schrödinger para la amplitud de probabilidad de los electrones en el átomo. Su aplicación a la teoría de las supercuerdas requiere patrones de ondas estacionarias en 11 dimensiones. ¿Cuál es el papel que desempeñan la razón y la imaginación al hacer posible que los científicos visualicen escenarios que van más allá de nuestras capacidades físicas?

Utilización:

- A los alumnos que estudien música debería animárseles a que aporten sus propias experiencias artísticas a la clase de física.

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** Los alumnos serán capaces tanto de observar físicamente como de medir cualitativamente las ubicaciones de los nodos y antinodos, siguiendo las técnicas de investigación de los científicos y músicos del pasado.

4.5 Ondas estacionarias

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Para las ondas estacionarias en el aire no se exigirán explicaciones en relación con nodos y antinodos de presión. • Al menor modo de frecuencia de una onda estacionaria se le conoce como primer armónico. • Los términos “fundamental” y “sobretono” no se emplearán en las preguntas de examen. | <ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 6: Los experimentos podrán incluir, entre otros: la observación de patrones de ondas estacionarias en objetos físicos (por ejemplo, resortes <i>slinky</i>); la predicción de posiciones armónicas en un tubo de aire dentro del agua; la determinación de la frecuencia de diapasones; la observación o medición de las cuerdas vibrantes de un violín o guitarra. • Objetivo 8: La dimensión internacional de la aplicación de las ondas estacionarias es importante en la música. |
|---|--|

Tema 5: Electricidad y magnetismo

15 horas

Idea fundamental: Cuando las cargas se desplazan, se crea una corriente eléctrica.

5.1 Campo eléctrico

Naturaleza de la ciencia:

Modelización: la teoría eléctrica ejemplifica el pensamiento científico que se manifiesta en el desarrollo de un modelo microscópico (comportamiento de portadores de carga) a partir de la observación macroscópica. El desarrollo histórico y el perfeccionamiento de estas ideas científicas cuando las propiedades microscópicas eran aún desconocidas e inobservables demuestran la profundidad de pensamiento lograda por los científicos de aquellos tiempos. (1.10)

Comprensión:

- Carga
- Campo eléctrico
- Ley de Coulomb
- Corriente eléctrica
- Corriente continua (CC)
- Diferencia de potencial

Aplicaciones y habilidades:

- Identificar dos tipos de carga y la dirección de las fuerzas entre ambos
- Resolver problemas relacionados con los campos eléctricos y la ley de Coulomb
- Calcular el trabajo efectuado en un campo eléctrico tanto en julios como en electronvoltios
- Identificar el signo y la naturaleza de los portadores de carga en un metal
- Identificar la velocidad de desplazamiento de los portadores de carga
- Resolver problemas mediante la ecuación de la velocidad de desplazamiento
- Resolver problemas sobre corriente, diferencia de potencial y carga

Mentalidad internacional:

- La electricidad y sus beneficios tienen una capacidad única para transformar la sociedad.

Teoría del Conocimiento:

- Antiguamente, los científicos identificaron las cargas positivas como portadores de carga en metales. Sin embargo, el descubrimiento del electrón llevó a la introducción de la dirección de corriente "convencional". ¿Fue la solución adecuada a un cambio conceptual radical? ¿Qué papel desempeñan los cambios de paradigma en el avance del saber científico?

Utilización:

- Transferencias de energía de un lugar a otro (véanse la *Guía de Química*, opción C y la *Guía de Física*, tema 11)
- Impacto sobre el medio ambiente de la generación de electricidad (véanse la *Guía de Física*, tema 8 y la *Guía de Química*, subtema opcional C2)
- Comparación entre el tratamiento de los campos eléctricos y los campos gravitacionales (véase la *Guía de Física*, tema 10)

5.1 Campo eléctrico

Orientación:

- Se espera que los alumnos apliquen la ley de Coulomb en un rango de valores de permitividad.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
- $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$
- $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
- $V = \frac{W}{q}$
- $E = \frac{F}{q}$
- $I = nAvq$

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** La teoría eléctrica constituye una parte fundamental de muchas disciplinas científicas e ingenierías actuales.
- **Objetivo 3:** Los avances en la teoría eléctrica han aportado una transformación enorme a todas las sociedades.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: demostraciones que muestren el efecto de un campo eléctrico (por ejemplo utilizando sémola); simulaciones que incluyan la colocación de una o más cargas puntuales para determinar el campo resultante.
- **Objetivo 7:** El uso de simulaciones por computador permitiría a los alumnos medir las interacciones microscópicas, algo que sería difícil de hacer en un laboratorio escolar.

Idea fundamental: Uno de los primeros usos de la electricidad fue el de producir luz y calor. Esta tecnología continúa teniendo una gran influencia sobre la vida de las personas en todo el mundo.

5.2 Efecto calórico de las corrientes eléctricas

Naturaleza de la ciencia:

Revisión por pares: si bien Ohm y Barlow publicaron sus hallazgos sobre la naturaleza de la corriente eléctrica prácticamente a la vez, Ohm recibió escaso reconocimiento. La ley incorrecta de Barlow no fue puesta en duda ni investigada en un principio. Esto refleja el carácter del contexto académico de la época, donde la física en Alemania no era generalmente de carácter matemático y Barlow era muy respetado en Inglaterra. Esto apunta a la necesidad de que los resultados de la investigación sean sometidos a publicación y a revisión por pares en revistas científicas de prestigio. (4.4)

Comprensión:

- Diagramas de circuitos
- Leyes de circuito de Kirchhoff
- El efecto del calentamiento de la corriente y sus consecuencias
- La resistencia expresada como $R = \frac{V}{I}$
- La ley de Ohm
- Resistividad
- Disipación de potencia

Aplicaciones y habilidades:

- Dibujar e interpretar diagramas de circuito
- Identificar conductores óhmicos y no óhmicos por exploración del gráfico característico de V/I
- Resolver problemas sobre diferencia de potencial, corriente, carga, leyes de circuito de Kirchhoff, potencia, resistencia y resistividad
- Investigar combinaciones de resistencias conectadas en paralelo y en serie
- Describir amperímetros y voltímetros ideales y no ideales
- Describir usos prácticos de los circuitos divisores de potencial, incluidas las ventajas de un divisor de potencial respecto a una resistencia en serie para controlar un circuito simple

Mentalidad internacional:

- Se necesita un conjunto de símbolos universales para que los físicos de diferentes culturas puedan comunicar con facilidad las ideas sobre ciencia e ingeniería.

Teoría del Conocimiento:

- La percepción sensorial en las investigaciones eléctricas primitivas fue clave para clasificar el efecto de diversas fuentes de energía. No obstante, esto acarrea posibles consecuencias irreversibles para los científicos afectados. ¿Podemos todavía utilizar la percepción sensorial de manera ética y segura en la investigación científica?

Utilización:

- Aun cuando existen maneras casi ilimitadas en que podemos utilizar los circuitos eléctricos, la calefacción y la iluminación son dos de las más extendidas.
- Los dispositivos sensibles pueden servirse de detectores capaces de medir pequeñas variaciones en la diferencia de potencial y/o la corriente, lo que requiere circuitos cuidadosamente planificados y componentes de alta precisión.

5.2 Efecto calórico de las corrientes eléctricas

- Investigar uno o más de los factores que afectan experimentalmente a la resistencia

Orientación:

- La lámpara de filamento debe ser descrita como dispositivo no óhmico. Un cable metálico a temperatura constante es un dispositivo óhmico.
- El uso de voltímetros no ideales se restringe a los voltímetros con resistencia constante y finita.
- El uso de amperímetros no ideales se restringe a los amperímetros con resistencia constante y no nula.
- La aplicación de las leyes de circuito de Kirchhoff se limitará a circuitos con un número máximo de dos lazos conductores.

Referencia del cuadernillo de datos:

- Leyes de circuito de Kirchhoff

$$\sum V = 0 \text{ (lazo)}$$

$$\sum I = 0 \text{ (nodo)}$$

- $$R = \frac{V}{I}$$

- $$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

- $$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + \dots$$

- $$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

- $$\rho = \frac{RA}{L}$$

- Para los símbolos eléctricos, véase la página 4 del cuadernillo de datos de Física.

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** La teoría eléctrica y su enfoque de los macroefectos y microefectos caracteriza a una gran parte de los planteamientos físicos adoptados en el análisis del universo.
- **Objetivo 3:** Las técnicas eléctricas, tanto prácticas como teóricas, proporcionan una oportunidad relativamente simple para que los alumnos desarrollen un interés por los argumentos de la física.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: el uso de un amperímetro de hilo caliente (también llamado amperímetro térmico) como dispositivo de importancia histórica; la comparación de la resistividad en una gama de conductores tales como un cable a temperatura constante, una lámpara de filamento o un lápiz de grafito; la determinación del grosor de la marca de un lápiz sobre un papel; la investigación de las características óhmicas y no óhmicas de los conductores; el uso de un cable de resistencia enrollado en torno al depósito de un termómetro para relacionar la resistencia en el cable con la temperatura.
- **Objetivo 7:** Hay muchas opciones, tanto en programas de escritorio como en línea, que permiten construir rápidamente circuitos simples y complejos para investigar el efecto del uso de diferentes componentes dentro de un circuito.

Idea fundamental: Las celdas eléctricas nos permiten almacenar energía en forma química.

5.3 Celdas eléctricas

Naturaleza de la ciencia:

Riesgos a largo plazo: los científicos necesitan encontrar un equilibrio entre, por un lado, la investigación de celdas eléctricas capaces de almacenar energía con mayores densidades de energía para lograr una mayor duración de los dispositivos y, por otro, los riesgos a largo plazo asociados a la gestión de residuos químicos de las pilas desechadas. (4.8)

Comprensión:

- Celdas
- Resistencia interna
- Celdas secundarias
- Diferencia de potencial terminal
- F. e. m.

Aplicaciones y habilidades:

- Investigar las celdas eléctricas prácticas (tanto primarias como secundarias)
- Describir las características de descarga de una celda simple (la variación de la diferencia de potencial terminal respecto al tiempo)
- Identificar el sentido del flujo de corriente necesario para recargar una celda
- Determinar la resistencia interna experimentalmente
- Resolver problemas sobre f. e. m., resistencia interna y otras cantidades eléctricas

Orientación:

- Los alumnos deben ser capaces de reconocer que la diferencia de potencial terminal de una celda eléctrica típica en la práctica pierde rápidamente su valor inicial, mantiene un valor estable y constante durante la mayor parte de su vida activa y acaba con una rápida caída hasta cero al descargarse completamente.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\mathcal{E} = I(R + r)$

Mentalidad internacional:

- El almacenamiento en pilas (batería de celdas) es importante para la sociedad por su uso en sectores tales como dispositivos portátiles, medios de transporte y suministros de potencia de emergencia para las instalaciones médicas.

Teoría del Conocimiento:

- El almacenamiento en pilas resulta útil para la sociedad a pesar de los potenciales problemas ambientales que afectan a los residuos. ¿Debería considerarse a los científicos moralmente responsables de las consecuencias a largo plazo de sus inventos y descubrimientos?

Utilización:

- La química de las celdas eléctricas (véase la *Guía de Química*, subtemas 9.2 y C.6).

Objetivos generales:

- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la investigación de celdas electrolíticas simples mediante el uso de diversos materiales para el cátodo, ánodo y electrolito; investigaciones con computador del diseño de celdas eléctricas; la comparación de la duración de diversas pilas.
- **Objetivo 8:** Aunque la tecnología de celdas puede suministrar electricidad sin la contribución directa de los sistemas de redes eléctricas nacionales (con los problemas inherentes a la producción de carbono), el desecho seguro de las pilas con sus productos químicos puede dar lugar a problemas de contaminación de tierra y agua.
- **Objetivo 10:** Se han logrado mejoras en la tecnología de celdas gracias a la colaboración con los químicos.

Idea fundamental: El efecto que los científicos llaman “magnetismo” surge cuando una carga eléctrica se mueve cerca de otra carga en movimiento.

5.4 Efectos magnéticos de las corrientes eléctricas

Naturaleza de la ciencia:

Modelos y visualización: las líneas de campo magnético proporcionan una potente visualización del campo. Históricamente, las líneas de campo ayudaron a los científicos e ingenieros a comprender relaciones que empiezan en la influencia de una carga en movimiento sobre otra y continúan con la relatividad. (1.10)

Comprensión:

- Campo magnético
- Fuerza magnética

Aplicaciones y habilidades:

- Determinar la dirección de la fuerza sobre una carga que se desplaza en un campo magnético
- Determinar el sentido de la fuerza sobre un conductor que transporta corriente situado en un campo magnético
- Dibujar aproximadamente e interpretar los patrones de líneas del campo magnético
- Determinar la dirección del campo magnético a partir de la dirección de la corriente
- Resolver problemas relacionados con fuerzas magnéticas, campos, corriente y cargas

Orientación:

- Los patrones de campo magnético estarán limitados a conductores rectos y largos, solenoides e imanes de barra.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $F = qvB \sin \theta$
- $F = BIL \sin \theta$

Mentalidad internacional:

- La investigación del magnetismo es una de las labores científicas más antiguas del ser humano. De esta se valieron los viajeros en el Mediterráneo y otros mares hace miles de años.

Teoría del Conocimiento:

- Los patrones de las líneas de campo proporcionan una visualización de un fenómeno complejo, algo imprescindible para entender este tema. ¿Por qué sería útil tratar de una manera similar el propio conocimiento recurriendo a la metáfora del conocimiento como mapa, es decir, como representación simplificada de la realidad?

Utilización:

- No ha sido hasta épocas relativamente recientes cuando la brújula magnética se ha visto reemplazada por diferentes tecnologías, tras centenares de años en que nos fue imprescindible.
- Los escáneres médicos actuales tienen una gran dependencia de los fuertes campos magnéticos uniformes producidos por dispositivos que utilizan superconductores.
- Los aceleradores de partículas tales como el gran colisionador de hadrones del CERN dependen de un gran número de imanes precisos para alinear los haces de partículas.

Objetivos generales:

- **Objetivos 2 y 9:** Las visualizaciones con frecuencia nos ayudan a comprender la acción de los campos magnéticos, pero también tienen sus propias limitaciones.
- **Objetivo 7:** Las simulaciones por computador posibilitan la visualización de los campos electromagnéticos en el espacio tridimensional.

Tema 6: Movimiento circular y gravitación

5 horas

Idea fundamental: Una fuerza aplicada en perpendicular a su desplazamiento puede dar lugar a un movimiento circular.

6.1 Movimiento circular

Naturaleza de la ciencia:

Universo observable: las observaciones y las deducciones correspondientes condujeron a la idea de que la fuerza debe actuar radialmente hacia adentro en todos los casos de movimiento circular. (1.1)

Comprensión:

- Período, frecuencia, desplazamiento angular y velocidad angular
- Fuerza centrípeta
- Aceleración centrípeta

Aplicaciones y habilidades:

- Identificar las fuerzas que dan lugar a fuerzas centrípetas, tales como la tensión, la de rozamiento, la gravitacional, la eléctrica o la magnética
- Resolver problemas relacionados con la fuerza centrípeta, la aceleración centrípeta, el período, la frecuencia, el desplazamiento angular, la velocidad lineal y la velocidad angular
- Describir cualitativa y cuantitativamente ejemplos de movimiento circular e incluir casos de movimiento circular vertical y horizontal

Orientación:

- Peralte en curvas se tratará solo cualitativamente.

Mentalidad internacional:

- La colaboración internacional es necesaria para establecer bases de lanzamiento de cohetes que beneficien a los programas espaciales.

Teoría del Conocimiento:

- El péndulo de Foucault ofrece una prueba sencilla observable de la rotación de la Tierra, que es en gran medida inobservable. ¿Cómo podemos llegar a conocer cosas que son inobservables?

Utilización:

- El movimiento de las partículas cargadas en campos magnéticos (véase la *Guía de Física*, subtema 5.4).
- La espectrometría de masas (véase la *Guía de Química*, subtemas 2.1 y 11.3).
- Las atracciones en los parques de diversiones suelen incorporar los principios del movimiento circular en su diseño.

6.1 Movimiento circular

Referencia del cuadernillo de datos:

- $v = \omega r$
- $a = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$
- $F = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$

Objetivos generales:

- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: una masa en una cuerda; la observación y cuantificación de experiencias en montañas rusas o del tipo “vuelta al mundo”; el rozamiento de una masa sobre una plataforma giratoria.
- **Objetivo 7:** La tecnología ha hecho posible la realización de mediciones más fiables y precisas del movimiento circular, incluidos los dispositivos que registran datos de mediciones de fuerza y el análisis por video de objetos en movimiento circular.

Idea fundamental: La idea newtoniana de la fuerza gravitatoria que actúa entre dos cuerpos esféricos y las leyes de la mecánica crean un modelo que se puede emplear para calcular el movimiento de los planetas.

6.2 Ley de la gravitación de Newton

Naturaleza de la ciencia:

Leyes: la ley de la gravitación de Newton y las leyes de la mecánica son la base de la física clásica determinista. Estas pueden utilizarse para hacer predicciones, pero no explican el porqué de la existencia de los fenómenos observados. (2.4)

Comprensión:

- Ley de la gravitación de Newton
- Intensidad del campo gravitatorio

Aplicaciones y habilidades:

- Describir la relación entre la fuerza de la gravedad y la fuerza centrípeta
- Aplicar la ley de la gravedad de Newton al movimiento de un objeto en órbita circular alrededor de una masa puntual
- Resolver problemas relacionados con la fuerza de la gravedad, la intensidad del campo gravitatorio, la velocidad orbital y el período orbital
- Determinar la intensidad de campo gravitatorio resultante debida a dos cuerpos

Orientación:

- La ley de la gravitación de Newton ha de extenderse a las masas esféricas de densidad uniforme bajo el supuesto de que su masa se concentra en su centro.
- La intensidad del campo gravitatorio en un punto es la fuerza por unidad de masa que actúa sobre una pequeña masa puntual situada en dicho punto.
- Los cálculos de la intensidad resultante del campo gravitatorio debida a dos cuerpos se limitarán a puntos a lo largo de la línea recta que une los cuerpos.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $F = G \frac{Mm}{r^2}$
- $g = \frac{F}{m}$
- $g = G \frac{M}{r^2}$

Teoría del Conocimiento:

- Las leyes de la mecánica junto con la ley de la gravitación dan lugar a la naturaleza determinista de la física clásica. ¿Son compatibles la física clásica y la física moderna? ¿Hay otras áreas del saber que establezcan también una distinción similar entre lo clásico y lo moderno en su desarrollo histórico?

Utilización:

- La ley de la gravitación es imprescindible para describir el movimiento de satélites, planetas, lunas y galaxias enteras.
- Comparar con la ley de Coulomb (véase la *Guía de Física*, subtema 5.1).

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** La teoría de la gravitación, cuando se combina y sintetiza con el resto de las leyes de la mecánica, permite predicciones detalladas sobre la posición y el movimiento futuros de los planetas.

Tema 7: Física atómica, nuclear y de partículas

14 horas

Idea fundamental: En el mundo microscópico la energía es discreta.

7.1 Energía discreta y radiactividad

Naturaleza de la ciencia:

Descubrimiento accidental: la radiactividad fue descubierta casualmente cuando Becquerel reveló una película fotográfica que había sido expuesta accidentalmente a la radiación procedente de rocas radiactivas. Las marcas que vio Becquerel sobre la película fotográfica seguramente no habrían sugerido nada especial a la mayoría de la gente. Lo que Becquerel hizo fue asociar la existencia de las marcas con la presencia de las rocas radiactivas y luego continuó investigando al respecto. (1.4)

Comprensión:

- La energía discreta y los niveles discretos de energía
- Las transiciones entre niveles de energía
- La desintegración radiactiva
- Las fuerzas fundamentales y sus propiedades
- Las partículas alfa, las partículas beta y los rayos gamma
- La semivida
- Las características de absorción de las partículas de desintegración
- Isótopos
- Radiación de fondo

Aplicaciones y habilidades:

- Describir los espectros de emisión y absorción de gases comunes
- Resolver problemas relacionados con espectros atómicos, incluido el cálculo de la longitud de onda de los fotones emitidos durante las transiciones atómicas
- Completar ecuaciones de desintegración alfa y beta
- Determinar la semivida de un núclido a partir de una curva de desintegración
- Investigar la semivida experimentalmente (o mediante simulación)

Mentalidad internacional:

- La geopolítica de al menos los últimos 60 años ha estado influenciada en gran medida por la existencia de armas nucleares.

Teoría del Conocimiento:

- El papel de la suerte/serendipia en el éxito del descubrimiento científico viene casi inevitablemente acompañado de una mente curiosa que persevera en el desarrollo del suceso "afortunado". ¿Hasta qué punto los descubrimientos científicos que han sido descritos como el resultado de la suerte podrían ser mejor descritos como el resultado de la razón o de la intuición?

Utilización:

- El conocimiento de la radiactividad, las sustancias radiactivas y la ley de la desintegración radiactiva son cruciales en la medicina nuclear moderna.
- El tratamiento de los residuos radiactivos de la desintegración nuclear reviste importancia en el debate sobre las centrales nucleares (véase la *Guía de Física*, subtema 8.1).

7.1 Energía discreta y radiactividad

Orientación:

- Se pedirá a los alumnos que resuelvan problemas de desintegración radiactiva en los que aparezcan solamente múltiplos enteros de la semivida.
- Se espera que los alumnos sepan incluir neutrinos y antineutrinos en las ecuaciones de desintegración beta.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $E = hf$
- $\lambda = \frac{hc}{E}$

- La datación por carbono sirve para proporcionar evidencia de la evolución (véase la *Guía de Biología*, subtema 5.1).
- Las funciones exponenciales (véanse la *Guía de Estudios Matemáticos NM*, subtema 6.4 y la *Guía de Matemáticas NS*, subtema 2.4).

Objetivos generales:

- **Objetivo 8:** El uso de materiales radiactivos plantea peligros ambientales que han de ser tomados en cuenta en todas las etapas de la investigación.
- **Objetivo 9:** El uso de materiales radiactivos requiere el desarrollo de prácticas experimentales seguras y de métodos para manipular materiales radiactivos.

Idea fundamental: La energía puede ser liberada en las desintegraciones y reacciones nucleares como resultado de la relación entre masa y energía.

7.2 Reacciones nucleares

Naturaleza de la ciencia:

Patrones, tendencias y discrepancias: los gráficos de la energía de enlace por nucleón y del número de neutrones frente al número de protones revelan patrones inconfundibles. Esto permite a los científicos hacer predicciones sobre las características de los isótopos a partir de estos gráficos. (3.1)

Comprensión:

- La unidad de masa atómica unificada
- El defecto de masa y la energía de enlace nuclear
- La fisión y la fusión nucleares

Aplicaciones y habilidades:

- Resolver problemas relacionados con el defecto de masa y la energía de enlace
- Resolver problemas relacionados con la energía liberada en la desintegración radiactiva, la fisión nuclear y la fusión nuclear
- Dibujar aproximadamente e interpretar la forma general de la curva de la energía media de enlace por nucleón frente al número de nucleones

Orientación:

- Los alumnos han de saber calcular los cambios en función de la masa o de la energía de enlace.
- La energía de enlace puede definirse en función de la energía requerida para separar completamente los nucleones o la energía liberada cuando se forma un núcleo a partir de sus nucleones.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\Delta E = \Delta m c^2$

Teoría del Conocimiento:

- El reconocimiento de que la masa y la energía son equivalentes fue un cambio de paradigma radical en la física. ¿Cómo han modificado el desarrollo de la ciencia otros cambios de paradigma? ¿Se han producido cambios de paradigma similares en otras áreas del conocimiento?

Utilización:

- Al comprender el funcionamiento de la energía en el núcleo, hemos encontrado maneras de producir electricidad a partir de los núcleos pero también de desarrollar armas muy destructivas.
- La química de las reacciones nucleares (véase la *Guía de Química*, subtemas opcionales C.3 y C.7).

Objetivos generales:

- **Objetivo 5:** Algunos de los problemas que plantea el uso de la energía nuclear trascienden las fronteras nacionales y requieren la colaboración de los científicos de muchas naciones diferentes.
- **Objetivo 8:** El desarrollo de la energía nuclear y de las armas nucleares plantea cuestiones morales y éticas muy importantes: ¿A quién se le puede debería permitir el acceso a energía y armas nucleares? ¿Quién debería tomar estas decisiones? Hay además problemas ambientales graves vinculados a los residuos nucleares de las centrales.

Idea fundamental: Se cree que toda la materia que nos rodea está compuesta de partículas fundamentales llamadas quarks y leptones. Se sabe que la materia tiene una estructura jerárquica con quarks que forman nucleones, nucleones que forman núcleos, núcleos y electrones que forman átomos y átomos que forman moléculas. En esta estructura jerárquica, la menor escala corresponde a los quarks y los leptones (10^{-18}m).

7.3 La estructura de la materia

Naturaleza de la ciencia:

Predicciones: la manera actual en que comprendemos la materia se denomina “modelo estándar” y consiste en seis quarks y seis leptones. Los quarks fueron postulados con argumentos completamente matemáticos a fin de explicar ciertos patrones en las propiedades de las partículas. (1.9)

Colaboración: mucho tiempo después la experimentación colaborativa a gran escala logró el descubrimiento de las partículas fundamentales predichas. (4.3)

Comprensión:

- Quarks, leptones y sus antipartículas
- Hadrones, bariones y mesones
- Las leyes de conservación de la carga, el número bariónico, el número leptónico y la extrañeza
- La naturaleza y alcance de la fuerza nuclear fuerte, de la fuerza nuclear débil y de la fuerza electromagnética
- Partículas de intercambio
- Diagramas de Feynman
- Confinamiento
- El bosón de Higgs

Aplicaciones y habilidades:

- Describir el experimento de Rutherford-Geiger-Marsden que condujo al descubrimiento del núcleo
- Aplicar las leyes de conservación en reacciones de partículas
- Describir los protones y los neutrones en función de los quarks
- Comparar las intensidades de interacción de las fuerzas fundamentales, incluida la gravedad
- Describir la actuación de las fuerzas fundamentales a través de partículas de intercambio
- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas sencillos de Feynman
- Describir por qué no se observan quarks libres

Mentalidad internacional:

- La investigación en física de partículas requiere fondos cada vez mayores, lo cual genera debates en el seno de los gobiernos y de las organizaciones internacionales de investigación respecto a la asignación justa de recursos financieros escasos.

Teoría del Conocimiento:

- Al aceptar la existencia de partículas fundamentales, ¿se justifica la visión de la física como un ámbito del conocimiento más importante que otros?

Utilización:

- Se necesita comprender la física de partículas para determinar el destino final del universo (véase la *Guía de Física*, subtemas opcionales D.3 y D.4).

Objetivos generales:

- **Objetivo 1:** La investigación acerca de la estructura fundamental de la materia es de naturaleza internacional y es una aventura y un reto estimulante para quienes participan en ella.
- **Objetivo 4:** La física de partículas implica el análisis y la evaluación de cantidades enormes de datos.
- **Objetivo 6:** Los alumnos podrían investigar el ángulo de dispersión de las partículas alfa como función del error en la orientación del haz o la distancia mínima de aproximación como función de la energía cinética inicial de la partícula alfa.

7.3 La estructura de la materia

Orientación:

- Se requiere una descripción cualitativa del modelo estándar.

Referencia del cuadernillo de datos:

Carga	Quarks			Número bariónico
$\frac{2}{3}e$	u	c	t	$\frac{1}{3}$
$-\frac{1}{3}e$	d	s	b	$\frac{1}{3}$

Todos los quarks tienen un valor de extrañeza de 0 excepto el quark extraño que tiene extrañeza de -1

Carga	Leptones		
-1	e	μ	τ
0	ν_e	ν_μ	ν_τ

Todos los leptones tienen un número leptónico de 1 y los antileptones tienen un número leptónico de -1

	Fuerza gravitacional	Fuerza nuclear débil	Fuerza electromagnética	Fuerza nuclear fuerte
Partículas afectadas	Todas	Quarks, leptones	Cargadas	Quarks, gluones
Partículas mediadoras	Gravitón	W^+ , W^- , Z^0	γ	Gluones

- Objetivo 8:** A las organizaciones científicas y gubernamentales se les reprocha a veces que los fondos para la investigación en física de partículas podrían gastarse en otras necesidades sociales o de investigación.

Tema 8: Producción de energía

8 horas

Idea fundamental: La necesidad constante de nuevas fuentes de energía implica decisiones que pueden tener efectos graves sobre el medio ambiente. La existencia de una cantidad finita de combustibles fósiles y su papel en el calentamiento global ha alentado el desarrollo de fuentes alternativas de energía. Este continúa siendo un campo de innovación tecnológica que cambia rápidamente.

8.1 Fuentes de energía

Naturaleza de la ciencia:

Los riesgos y la resolución de problemas: desde la Antigüedad la humanidad ha comprendido la función vital del control de la energía y todos los niveles de la sociedad han sufrido el impacto de la producción de electricidad a gran escala. Los procesos en los que se transforma la energía exigen planteamientos holísticos que abarcan muchos ámbitos del conocimiento. La investigación y el desarrollo de fuentes alternativas de energía han carecido de respaldo en algunos países por razones económicas y políticas. Los científicos, no obstante, han seguido colaborando en el desarrollo de nuevas tecnologías que puedan reducir nuestra dependencia de fuentes de energía no renovables. (4.8)

Comprensión:

- La energía específica y la densidad de energía de las fuentes de combustible
- Los diagramas de Sankey
- Las fuentes de energía primaria
- La electricidad como forma de energía secundaria y versátil
- Las fuentes de energía renovables y no renovables

Aplicaciones y habilidades:

- Resolver problemas de energía específica y de densidad de energía
- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas de Sankey
- Describir los rasgos básicos de las centrales de combustibles fósiles, las centrales nucleares, los generadores eólicos, los sistemas hidroeléctricos de acumulación por bombeo y las células solares

Mentalidad internacional:

- La producción de energía a partir de combustibles fósiles tiene un gran impacto sobre el mundo en el que vivimos y exige por tanto un pensamiento global. Las concentraciones geográficas de combustibles fósiles han generado conflictos políticos y desigualdades económicas. La producción de energía mediante recursos alternativos de energía requiere nuevos niveles de colaboración internacional.

Teoría del Conocimiento:

- El uso de la energía nuclear suscita toda una gama de respuestas emocionales por parte de los científicos y de la sociedad. ¿Cómo se puede acometer la estimación científica y precisa de riesgos en cuestiones a las que acompaña una carga emocional?

8.1 Fuentes de energía

- Resolver problemas sobre transformaciones de energía en el contexto de estos sistemas de generación
- Discutir las cuestiones de seguridad y los riesgos vinculados a la producción de energía nuclear
- Describir las diferencias entre las células fotovoltaicas y los paneles de calentamiento solar

Orientación:

- La energía específica se expresa en J kg^{-1} ; la densidad de energía se expresa en J m^{-3} .
- La descripción de los rasgos básicos de las centrales de energía nuclear debe incluir menciones al uso de barras de control, moderadores e intercambiadores de calor.
- No se exige la derivación de la ecuación de los generadores eólicos, pero sí una noción de las hipótesis y limitaciones implicadas.
- Se espera que los alumnos sean conscientes de las tecnologías nuevas y en desarrollo que puedan adquirir importancia durante la vigencia de esta guía.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\text{Potencia} = \frac{\text{energía}}{\text{tiempo}}$
- $\text{Potencia} = \frac{1}{2} A \rho v^3$

Utilización:

- Los generadores para la producción eléctrica y los motores para el ovimiento han revolucionado el mundo (véase la *Guía de Física*, subtemas 5.4 y 11.2).
- La ingeniería de fuentes alternativas de energía está bajo la influencia de diferentes áreas de la física (véase la *Guía de Física*, subtemas 3.2, 5.4 y B.2).
- Densidad de energía (véase la *Guía de Química*, subtema C.1).
- Reciclado de carbono (véase la *Guía de Biología*, subtema 4.3).

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** La producción de energía involucra muchas disciplinas científicas diferentes y exige la evaluación y síntesis de la información científica.
- **Objetivo 8:** La producción de energía tiene implicaciones económicas, ambientales, morales y éticas.

Idea fundamental: Como modelo simplificado, puede tratarse a la Tierra como un radiador de cuerpo negro y a la atmósfera como un cuerpo gris.

8.2 Transferencia de energía térmica

Naturaleza de la ciencia:

Modelización simple y compleja: la teoría cinética de los gases es un modelo matemático simple que da una buena aproximación del comportamiento de los gases reales. Los científicos están también intentando modelizar el clima de la Tierra, que es un sistema mucho más complejo. Los avances en la disponibilidad de datos y la capacidad de incluir más procesos en los modelos, junto con las pruebas y el debate científico continuos sobre los diversos modelos mejorarán la capacidad de predecir el cambio climático con más precisión. (1.12)

Comprensión:

- Conducción, convección y radiación térmica
- Radiación del cuerpo negro
- Albedo y emisividad
- La constante solar
- El efecto invernadero
- El equilibrio energético en el sistema superficie-atmósfera de la Tierra

Aplicaciones y habilidades:

- Dibujar aproximadamente e interpretar gráficos que muestren la variación de la intensidad frente a la longitud de onda para cuerpos que emiten radiación térmica a diferentes temperaturas
- Resolver problemas relacionados con la ley de Stefan-Boltzmann y la ley del desplazamiento de Wien
- Describir los efectos de la atmósfera de la Tierra sobre la temperatura superficial media
- Resolver problemas relacionados con el albedo, la emisividad, la constante solar y la temperatura media de la Tierra

Mentalidad internacional:

- La preocupación sobre el posible impacto del cambio climático ha dado lugar a una amplia cobertura de la prensa internacional, muchas discusiones políticas nacionales e internacionales y la consideración de las personas, las corporaciones y el medio ambiente al momento de decidir sobre los planes futuros para nuestro planeta. Los graduados del IB han de ser conscientes de la ciencia en la que encuentran respaldo muchos de estos escenarios.

Teoría del Conocimiento:

- El debate acerca del calentamiento global ejemplifica las dificultades que surgen cuando los científicos no son capaces de ponerse de acuerdo en la interpretación de los datos, especialmente cuando las soluciones implicarían acciones a gran escala por medio de la cooperación internacional entre gobiernos. Cuando no se ponen de acuerdo los científicos, ¿cómo decidir entre teorías rivales?

8.2 Transferencia de energía térmica

Orientación:

- La discusión sobre la conducción y la convección ha de ser solo cualitativa.
- La discusión de la conducción se limitará a las colisiones intermoleculares y con electrones.
- La discusión de la convección se limitará a la transferencia simple de gases o líquidos a través de diferencias de densidad.
- La absorción de radiación infrarroja por parte de los gases invernadero debe describirse en función de los niveles de energía moleculares y de la emisión de radiación resultante en todas las direcciones.
- Los gases invernadero tenidos en cuenta son CH₄, H₂O, CO₂ y N₂O. Es suficiente con que los alumnos sepan que cada uno de ellos tiene orígenes tanto naturales como artificiales.
- El albedo de la Tierra varía diariamente y depende de las estaciones (formaciones de nubes) y de la latitud. Se tomará para el albedo medio anual global de la Tierra el valor de 0,3 (30%).

Referencia del cuadernillo de datos:

- $P = e\sigma AT^4$
- $\lambda_{\text{máx}} (\text{metros}) = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{T (\text{kelvin})}$
- $I = \frac{\text{potencia}}{A}$
- $\text{albedo} = \frac{\text{potencia dispersada total}}{\text{potencia incidente total}}$

Utilización:

- Modelos climáticos y la variación en los detalles o procesos incluidos.
- Química ambiental (véase la *Guía de Química*, tema opcional C).
- Cambio climático (véanse la *Guía de Biología*, subtema 4.4 y la *Guía de Sistemas Ambientales y Sociedades*, temas 5 y 6).
- La curva de distribución normal se analiza en la *Guía de Estudios Matemáticos NM*, subtema 4.1.

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** Este tema da a los alumnos la oportunidad de comprender la amplia producción de análisis científico en torno a las cuestiones de cambio climático.
- **Objetivo 6:** Las simulaciones de intercambios de energía en el sistema superficie-atmósfera de la Tierra.
- **Objetivo 8:** Aun cuando la ciencia tiene la capacidad de analizar y tal vez de contribuir a resolver las cuestiones del cambio climático, los alumnos han de ser conscientes del papel de la ciencia en crear las condiciones que han provocado el cambio climático debido a la actividad humana. Los alumnos deben ser conscientes también de la manera en que la ciencia puede utilizarse para promover los intereses de una parcialidad en el debate sobre el cambio climático (o para entorpecer el debate).

Tema 9: Fenómenos ondulatorios

17 horas

Idea fundamental: La solución del oscilador armónico puede ser construida sobre la variación de las energías cinética y potencial del sistema.

9.1 Movimiento armónico simple

Naturaleza de la ciencia:

Nociones: la ecuación del movimiento armónico simple (MAS) puede resolverse tanto analítica como numéricamente. Los físicos utilizan estas soluciones como ayuda para visualizar el comportamiento del oscilador. La aplicación de las ecuaciones es muy amplia ya que cualquier oscilación puede describirse en función de una combinación de osciladores armónicos. La modelización numérica de los osciladores es importante en el diseño de los circuitos eléctricos. (1.11)

Comprensión:

- La ecuación de definición del MAS
- Los cambios de energía

Aplicaciones y habilidades:

- Resolver problemas relacionados con la aceleración, la velocidad y el desplazamiento durante el movimiento armónico simple, tanto gráfica como algebraicamente
- Describir el intercambio de energías cinética y potencial durante el movimiento armónico simple
- Resolver problemas relacionados con transferencias de energía durante el movimiento armónico simple, tanto gráfica como algebraicamente

Orientación:

- Los contextos para este subtema incluyen el péndulo simple y un sistema masa-resorte.

Utilización:

- El análisis de Fourier nos permite describir todas las oscilaciones periódicas en función de osciladores armónicos simples. La matemática del movimiento armónico simple es crucial en todos los ámbitos de la ciencia y la tecnología en los que aparecen oscilaciones.
- El intercambio de energías en la oscilación es importante en los fenómenos eléctricos.
- Las funciones cuadráticas (véase la *Guía de Matemáticas NS*, subtema 2.6; la *Guía de Matemáticas NM*, subtema 2.4; la *Guía de Estudios Matemáticos NM*, subtema 6.3).
- Funciones trigonométricas (véase la *Guía de Matemáticas NM*, subtema 3.4).

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** Los alumnos pueden utilizar este tema para desarrollar la capacidad de síntesis de información científica compleja y diversa.

9.1 Movimiento armónico simple

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\omega = \frac{2\pi}{T}$
- $a = -\omega^2 x$
- $x = x_0 \text{ sen } \omega t; x = x_0 \text{ cos } \omega t$
- $v = \omega x_0 \text{ cos } \omega t; v = -\omega x_0 \text{ sen } \omega t$
- $v = \pm \omega \sqrt{(x_0^2 - x^2)}$
- $E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 (x_0^2 - x^2)$
- $E_T = \frac{1}{2} m \omega^2 x_0^2$
- Péndulo: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
- Masa – resorte: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la investigación de péndulos simples o de torsión; la medición de las vibraciones de un diapasón; ampliaciones de los experimentos llevados a cabo en el subtema 4.1. Utilizando la ley de fuerzas, el alumno podrá, de forma iterativa, determinar el comportamiento de un objeto bajo movimiento armónico simple. El enfoque iterativo (solución numérica), con condiciones iniciales dadas, consiste en aplicar ecuaciones básicas de aceleración uniforme en pequeños incrementos de tiempo sucesivos. En cada incremento, los valores finales pasan a ser las condiciones iniciales del paso siguiente.
- **Objetivo 7:** La observación del movimiento armónico simple y las variables afectadas es fácil de seguir en simulaciones por computador.

Idea fundamental: La difracción de rendija única ocurre cuando una onda incide sobre una rendija de aproximadamente el mismo tamaño que la longitud de onda.

9.2 Difracción de rendija única

Naturaleza de la ciencia:

Desarrollo de las teorías: cuando la luz atraviesa una abertura, la suma de todas las partes de la onda arroja un patrón de intensidad que está muy alejado de la forma geométrica que predice la teoría más sencilla. (1.9)

Comprensión:

- La naturaleza de la difracción de rendija única

Aplicaciones y habilidades:

- Describir el efecto de la anchura de la rendija sobre el patrón de difracción
- Determinar la posición del primer mínimo de interferencia
- Describir cualitativamente los patrones de difracción de rendija única producidos a partir de luz blanca y a partir de un rango de frecuencias de luz monocromática

Orientación:

- Solo es necesario considerar rendijas rectangulares.
- La difracción en torno a un objeto (en vez de una rendija) no necesita ser considerada en este subtema (véase la *Guía de Física*, subtema 4.4).
- Se espera que los alumnos conozcan los cocientes aproximados de máximos sucesivos de intensidad para los patrones de interferencia de rendija única.
- Los cálculos se limitarán a determinar la posición del primer mínimo para los patrones de interferencia de rendija única mediante la ecuación aproximada.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $$\theta = \frac{\lambda}{b}$$

Teoría del Conocimiento:

- ¿Son las explicaciones de la ciencia diferentes de las explicaciones en otros ámbitos del conocimiento tales como la historia?

Utilización:

- La difracción de rayos X es una herramienta importante para el cristalógrafo y para el científico de materiales.

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** Este tema proporciona un conjunto de conocimientos que caracterizan la manera en que la ciencia sufre cambios con el paso del tiempo.
- **Objetivo 6:** Los experimentos pueden combinarse con los de los subtemas 4.4 y 9.3.

Idea fundamental: Los patrones de interferencia de rendijas múltiples y de películas delgadas producen patrones reproducibles con fiabilidad.

9.3 Interferencia

Naturaleza de la ciencia:

Curiosidad: los patrones de iridiscencia que se observan en animales, tales como los brillos en las plumas del pavo real, llevaron a los científicos a desarrollar la teoría de las interferencias en película delgada. (1.5)

Serendipia: la primera producción en laboratorio de películas delgadas fue casual. (1.5)

Comprensión:

- El experimento de la doble rendija de Young
- La modulación del patrón de interferencia de doble rendija por el efecto de difracción de rendija única
- Rendijas múltiples y patrones de interferencia de una red de difracción
- Interferencia en películas delgadas

Aplicaciones y habilidades:

- Describir cualitativamente los patrones de interferencia de doble rendija, incluida la modulación por efecto de la difracción de rendija única
- Investigar experimentalmente la doble rendija de Young
- Dibujar aproximadamente e interpretar gráficos de intensidad de los patrones de interferencia de doble rendija
- Resolver problemas relacionados con la ecuación de una red de difracción
- Describir las condiciones necesarias para la interferencia constructiva y destructiva en películas delgadas, incluido el cambio de fase en la interfase y el efecto del índice de refracción
- Resolver problemas relacionados con la interferencia de películas delgadas

Teoría del Conocimiento:

- La mayoría de las descripciones de la interferencia de doble rendija no hacen referencia al efecto modulador de la rendija única. ¿En qué medida pueden ignorar los científicos partes de un modelo en aras de la simplicidad y la claridad?

Utilización:

- Los discos compactos son un ejemplo comercial del uso de redes de difracción.
- Las películas delgadas se utilizan para producir revestimientos antirreflexión.

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** Este subtema agrupa dos conceptos científicos (difracción e interferencia), lo que permite a los alumnos analizar y sintetizar un espectro amplio de información científica.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la observación del uso de redes de difracción en los espectroscopios; el análisis de películas delgadas de jabón; el análisis de patrones de interferencia en ondas sonoras y en microondas.

9.3 Interferencia

Orientación:

- Los alumnos deben ver los patrones de interferencia de varias fuentes coherentes tales como ondas electromagnéticas, sonido y demostraciones simuladas.
- Los patrones de redes de difracción se limitarán a los que se forman bajo incidencia perpendicular.
- El tratamiento de la interferencia en películas delgadas se restringirá a películas con lados paralelos e incidencia perpendicular.
- Las fórmulas para las interferencias constructiva y destructiva que se enumeran a continuación y en el cuadernillo de datos son aplicables a casos específicos de cambios de fase en interfases y no son válidas en general.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $n\lambda = d \sin \theta$
- Interferencia constructiva: $2dn = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$
- Interferencia destructiva: $2dn = m\lambda$

- **Objetivo 9:** El planteamiento de rayos para la descripción de la interferencia de películas delgadas es solo una aproximación. Los alumnos han de reconocer las limitaciones de este tipo de visualización.

Idea fundamental: La resolución establece un límite absoluto en la capacidad de un sistema óptico o de otro tipo para separar imágenes de objetos.

9.4 Resolución

Naturaleza de la ciencia:

Avances en la tecnología: el criterio de Rayleigh es el límite de resolución. Los avances continuos en tecnología como las lentes y platos de gran diámetro o el uso de láseres con menor longitud de onda desafían los límites de lo que se puede resolver. (1.8)

Comprensión:

- El tamaño de una abertura difractora
- La resolución de sistemas monocromáticos simples de dos fuentes

Aplicaciones y habilidades:

- Resolver problemas relacionados con el criterio de Rayleigh para la luz emitida por dos fuentes difractadas en una única rendija
- Poder resolutivo (o “resolvancia”) de las redes de difracción

Orientación:

- No se pide la prueba de la ecuación del poder resolutivo de la red de difracción.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{b}$
- $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN$

Mentalidad internacional:

- Los posibles usos comerciales y políticos de los satélites artificiales vienen determinados por las propiedades de resolución del satélite.

Teoría del Conocimiento:

- Los límites devenidos de los efectos resolutivos pueden superarse gracias a la modificación y desarrollo de telescopios y microscopios. ¿Podemos franquear otros límites del conocimiento científico con avances tecnológicos?

Utilización:

- Un sistema óptico o de recepción de otro tipo ha de poder resolver las imágenes observadas. Esto tiene implicaciones para las transmisiones por satélite, la radioastronomía y muchas otras aplicaciones en la física y la tecnología (véase la *Guía de Física*, opción C).
- Los medios de almacenamiento tales como discos compactos (y sus variantes) y los sensores CCD dependen de sus límites de resolución para almacenar y reproducir contenidos con precisión.

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** Este subtema ayuda a estrechar la distancia entre la teoría ondulatoria y las aplicaciones del mundo real.
- **Objetivo 8:** La necesidad de comunicación entre comunidades nacionales por medio de satélites eleva la toma de conciencia sobre las implicaciones sociales y económicas de la tecnología.

Idea fundamental: El efecto Doppler describe el fenómeno de la variación de la longitud de onda/frecuencia debido al movimiento relativo.

9.5 Efecto Doppler

Naturaleza de la ciencia:

Tecnología: aunque originalmente basado en las observaciones físicas de la agudeza del sonido de fuentes sonoras en movimiento rápido, el efecto Doppler desempeña hoy un papel importante en muchos campos diferentes; por ejemplo, la evidencia de la expansión del universo y la generación de imágenes en los informes del tiempo atmosférico y en medicina. (5.5)

Comprensión:

- El efecto Doppler para ondas sonoras y lumínicas

Aplicaciones y habilidades:

- Dibujar aproximadamente e interpretar el efecto Doppler cuando existe movimiento relativo entre la fuente y el observador
- Describir situaciones en las que se puede aprovechar el efecto Doppler
- Resolver problemas relacionados con el cambio en frecuencia o longitud de onda observados debidos al efecto Doppler para determinar la velocidad de la fuente o el observador

Orientación:

- Para las ondas electromagnéticas, es suficiente utilizar la ecuación aproximada para los cálculos.
- Las situaciones para discutir deben incluir el uso del efecto Doppler en los radares y en la física médica y su relevancia para el desplazamiento hacia el rojo en los espectros de la luz de las galaxias que se alejan.

Referencia del cuadernillo de datos:

- Fuente en movimiento: $f' = f \left(\frac{v}{v \pm u_s} \right)$
- Observador en movimiento: $f' = f \left(\frac{v \pm u_o}{v} \right)$
- $\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \approx \frac{v}{c}$

Mentalidad internacional:

- El uso del radar se ve afectado por el efecto Doppler y ha de ser tenido en cuenta para las aplicaciones que utilizan esta tecnología.

Teoría del Conocimiento:

- ¿Cuán importante es la percepción sensorial al explicar ideas científicas tales como el efecto Doppler?

Utilización:

- La astronomía se basa en el análisis del efecto Doppler en el tratamiento de objetos que se mueven rápidamente (véase la *Guía de Física*, opción D).

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** El efecto Doppler ha de ser tenido en cuenta en diversas aplicaciones de las tecnologías que utilizan la teoría ondulatoria.
- **Objetivo 6:** Los observatorios astronómicos profesionales tienen disponibles datos espectrales e imágenes de galaxias que se alejan.
- **Objetivo 7:** Las simulaciones por computador del efecto Doppler permiten a los alumnos visualizar situaciones complejas y por lo general inobservables.

Tema 10: Campos

11 horas

Idea fundamental: Las cargas eléctricas y las masas influyen en el espacio que las rodea y esa influencia puede representarse con el concepto de campo.

10.1 Descripción de los campos

Naturaleza de la ciencia:

Cambio de paradigma: la transición desde la idea de que las acciones directas y observables eran responsables de toda influencia sobre un objeto hasta la aceptación de la idea de la “acción a distancia” de un campo requirió un cambio de paradigma en el mundo de la ciencia. (2.3)

Comprensión:

- El campo gravitatorio
- El campo electrostático
- Los potenciales eléctrico y gravitatorio
- Las líneas de campo
- Las superficies equipotenciales

Aplicaciones y habilidades:

- Representar fuentes de masa y carga, líneas de fuerza eléctrica y gravitatoria, y patrones de líneas de campo con el simbolismo apropiado
- Mapear los campos utilizando el potencial
- Describir la conexión entre superficies equipotenciales y líneas de campo

Orientación:

- Los campos electrostáticos se limitarán a los campos radiales alrededor de cargas puntuales o esféricas, el campo entre dos cargas puntuales y los campos uniformes entre placas cargadas paralelas.

Teoría del Conocimiento:

- Aunque las fuerzas gravitatoria y electrostática decrecen con el cuadrado de la distancia y se anulan solo con separación infinita, desde un punto de vista práctico se hacen despreciables a distancias mucho menores. ¿Cómo deciden los científicos cuando un efecto es tan pequeño que puede ignorarse?

Utilización:

- Los conocimientos de análisis vectorial son útiles para este subtema (véase la *Guía de Física*, subtema 1.3).

Objetivos generales:

- **Objetivo 9:** Los modelos desarrollados para los campos eléctrico y gravitatorio utilizando líneas de fuerza permiten hacer predicciones, pero presentan limitaciones debidas a la anchura finita de la línea.

10.1 Descripción de los campos

- Los campos gravitatorios se limitarán a los campos radiales alrededor de masas puntuales o esféricas y el campo (asumido) uniforme cercano a la superficie de planetas o cuerpos celestiales masivos.
- Los alumnos han de entender que no se efectúa ningún trabajo al mover una carga o una masa sobre una superficie equipotencial.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $W = q\Delta V_e$
- $W = m\Delta V_g$

Idea fundamental: Se pueden adoptar planteamientos análogos al analizar los problemas de potenciales eléctrico y gravitatorio.

10.2 Los campos en acción

Naturaleza de la ciencia:

La comunicación de las explicaciones científicas: la capacidad de aplicar la teoría de campos a entes inobservables (cargas) y a cuerpos de escala enorme (movimiento de satélites) obligó a los científicos a desarrollar nuevas maneras de investigar, analizar y comunicar hallazgos a una opinión pública acostumbrada a los descubrimientos científicos basados en evidencia tangible y discernible. (5.1)

Comprensión:

- Potencial y energía potencial
- Gradiente de potencial
- Diferencia de potencial
- Velocidad de escape
- Movimiento orbital, velocidad orbital y energía orbital
- Fuerzas y comportamiento según la ley de la inversa del cuadrado

Aplicaciones y habilidades:

- Determinar la energía potencial de una masa puntual y la energía potencial de una carga puntual
- Resolver problemas relacionados con la energía potencial
- Determinar el potencial dentro de una esfera cargada
- Resolver problemas relacionados con la velocidad requerida para que un objeto entre en órbita alrededor de un planeta y para que un objeto escape del campo gravitatorio de un planeta
- Resolver problemas relacionados con la energía orbital de partículas cargadas en movimiento orbital circular y de masas en movimiento orbital circular
- Resolver problemas relacionados con las fuerzas sobre cargas y masas en campos radiales y uniformes.

Utilización:

- El sistema de posicionamiento global depende de una comprensión total del movimiento de satélites.
- Satélites geoestacionarios/polares.
- La aceleración de las partículas cargadas en los aceleradores de partículas y en muchos dispositivos médicos de toma de imágenes depende de la presencia de campos eléctricos (véase la *Guía de Física*, subtema opcional C.4).

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** La ley de la gravitación de Newton y la ley de Coulomb forman parte de la estructura conocida como “física clásica”. Esta área del conocimiento ha proporcionado los métodos y herramientas de análisis hasta la llegada de la teoría de la relatividad y de la teoría cuántica.
- **Objetivo 4:** Las teorías de la gravitación y de las interacciones electrostáticas permiten una gran síntesis en la descripción de numerosos fenómenos.

10.2 Los campos en acción

Orientación:

- El movimiento orbital de un satélite en torno a un planeta se limita a órbitas circulares (vínculos a 6.1 y 6.2).
- Han de tomarse en consideración campos tanto uniformes como radiales.
- Los alumnos deben entender que las líneas de fuerza pueden ser representaciones bidimensionales de campos tridimensionales.
- Los alumnos deben asumir que el campo eléctrico es uniforme en todo punto entre placas paralelas y que los efectos de borde se manifiestan más allá de los límites de las placas.

Referencia del cuadernillo de datos:

$V_g = -\frac{GM}{r}$	$V_e = \frac{kq}{r}$
$g = -\frac{\Delta V_g}{\Delta r}$	$E = -\frac{\Delta V_e}{\Delta r}$
$E_p = mV_g = -\frac{GMm}{r}$	$E_p = qV_e = \frac{kq_1q_2}{r}$
$F_G = G\frac{m_1m_2}{r^2}$	$F_E = k\frac{q_1q_2}{r^2}$

- $V_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$
- $V_{orbital} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

Tema 11: Inducción electromagnética

16 horas

Idea fundamental: La mayor parte de la electricidad generada en todo el mundo procede de máquinas que se han diseñado para funcionar según los principios de la inducción electromagnética.

11.1 Inducción electromagnética

Naturaleza de la ciencia:

Experimentación: en 1831 Michael Faraday, utilizando instrumentación primitiva, observó que aparecía un diminuto pulso de corriente en una bobina de cable solamente cuando se encendía o apagaba la corriente en una segunda bobina, pero no cuando se establecía una corriente constante. La observación por parte de Faraday de estas pequeñas corrientes transitorias lo animó a llevar a cabo experimentos que desembocaron en su ley de inducción electromagnética. (1.8)

Comprensión:

- F. e. m.
- Flujo magnético y flujo magnético concatenado
- Ley de inducción de Faraday
- Ley de Lenz

Aplicaciones y habilidades:

- Describir la producción de una f. e. m. inducida por un flujo magnético variable y dentro de un campo magnético uniforme
- Resolver problemas relacionados con el flujo magnético, el enlace de flujo magnético y la ley de Faraday
- Explicar la ley de Lenz mediante la conservación de energía

Teoría del Conocimiento:

- La terminología empleada en la teoría de campos electromagnéticos es muy extensa y puede confundir a quienes no estén familiarizados con ella. ¿Qué efecto puede tener la falta de claridad en la terminología sobre la comunicación de conceptos científicos a la opinión pública?

Utilización:

- Se pueden encontrar aplicaciones de la inducción electromagnética en muchos aparatos, como por ejemplo los transformadores, el frenado electromagnético, los geófonos empleados en la sismología y los detectores de metales.

11.1 Inducción electromagnética

Orientación:

- Se requieren tratamientos cuantitativos para conductores rectos que se desplazan en ángulos rectos respecto a los campos magnéticos y para bobinas rectangulares que entran y salen de campos o que están en rotación dentro del campo.
- Solo se requieren tratamientos cualitativos para las bobinas fijas en un campo magnético variable y para generadores de corriente alterna.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\Phi = BA \cos \theta$
- $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
- $\mathcal{E} = Bv\ell$
- $\mathcal{E} = Bv\ell N$

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** Los meros principios de la inducción electromagnética constituyen un elemento importante de los recursos conceptuales del físico o del tecnólogo a la hora de diseñar sistemas que transfieran energía de una forma a otra.

Idea fundamental: La generación y transmisión de electricidad como corriente alterna (CA) ha transformado el mundo.

11.2 La generación y transmisión de energía

Naturaleza de la ciencia:

Parcialidad: a finales del siglo XIX, Edison fue un impulsor de la transmisión de energía por corriente continua mientras que Westinghouse y Tesla apoyaron la transmisión por corriente alterna. La llamada “batalla de las corrientes” tuvo repercusiones significativas para la sociedad actual. (3.5)

Comprensión:

- Los generadores de corriente alterna (CA)
- La potencia media y los valores cuadráticos medios (RMS, del inglés *root mean square*) de la corriente y el voltaje
- Los transformadores
- Los puentes de diodos
- Rectificación de media onda y de onda completa

Aplicaciones y habilidades:

- Explicar la operación de un generador básico de CA, incluido el efecto de modificar la frecuencia del generador
- Resolver problemas relacionados con la potencia media en un circuito de CA
- Resolver problemas relacionados con transformadores elevadores y reductores
- Describir el uso de transformadores en la distribución de potencia eléctrica de CA
- Investigar experimentalmente un circuito de rectificación con puente de diodos
- Describir cualitativamente el efecto de añadir un capacitor a un circuito rectificador con puente de diodos

Mentalidad internacional:

- La posibilidad de mantener una red eléctrica fiable ha sido el objetivo de todos los gobiernos desde que comenzó el uso generalizado de la electricidad.

Teoría del Conocimiento:

- Existe un debate permanente sobre el efecto de las ondas electromagnéticas sobre la salud de los seres humanos, especialmente de los niños. ¿Es justificable utilizar los avances científicos incluso cuando no sabemos cuáles pueden ser sus consecuencias a largo plazo?

Objetivos generales:

- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la construcción de un generador de CA básico; la investigación de cómo varían las bobinas de entrada y salida en un transformador; la observación de circuitos de puentes de Wheatstone y de puentes de Wien.
- **Objetivo 7:** La construcción y observación de los ajustes hechos en sistemas muy grandes de distribución de electricidad se realiza mejor a través de software y sitios web que permiten modelizar por computador.

11.2 La generación y transmisión de energía

Orientación:

- Los cálculos se limitarán a transformadores ideales pero los alumnos deberán conocer algunas de las razones por las que los transformadores reales no son ideales (por ejemplo: flujo concatenado, calentamiento de Joule, calentamiento por corrientes de Foucault, histéresis magnética).
- No se espera que se demuestre la relación entre los valores máximos y cuadráticos medios.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$
- $V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$
- $R = \frac{V_0}{I_0} = \frac{V_{rms}}{I_{rms}}$
- $P_{m\acute{a}x} = I_0 V_0$
- $P = \frac{1}{2} I_0 V_0$
- $\frac{\mathcal{E}_p}{\mathcal{E}_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$

- **Objetivo 9:** La transmisión de potencia se modeliza utilizando sistemas con rendimiento perfecto, pero no existen en la realidad tales sistemas. Pese a esta idealización, el modelo permite obtener la transmisión de potencia máxima. Reconocer y explicar las diferencias entre el sistema "perfecto" y el práctico es una de las principales funciones de los científicos profesionales.

Idea fundamental: Los capacitores pueden emplearse para almacenar energía eléctrica para su uso posterior.

11.3 Capacitancia

Naturaleza de la ciencia:

Relaciones: abundan en toda la ciencia ejemplos de crecimiento exponencial y de desintegración. Es un ejemplo claro de la manera en que los científicos se sirven de las matemáticas para modelizar la realidad. Este tema puede verse en conjunto con otros temas relacionados de la física pero también con usos en química, biología, medicina y economía. (3.1)

Comprensión:

- Capacitancia
- Materiales dieléctricos
- Capacitores en serie y en paralelo
- Circuitos en serie de resistencia-capacitancia (RC, también llamados “resistor-capacitor”)
- Constante de tiempo

Aplicaciones y habilidades:

- Describir el efecto de diferentes materiales dieléctricos sobre la capacitancia
- Resolver problemas relacionados con capacitores de placas paralelas
- Investigar combinaciones de capacitores conectados en serie o en paralelo
- Determinar la energía almacenada en un capacitor cargado
- Describir la naturaleza de la descarga exponencial de un capacitor
- Resolver problemas relacionados con la descarga de un capacitor por medio de una resistencia fija
- Resolver problemas relacionados con la constante de tiempo de un circuito de “RC” para la carga, el voltaje y la corriente

Orientación:

- Solo debe tenerse en cuenta el circuito con un capacitor de placas paralelas de campo eléctrico uniforme conectado en serie con una carga (despreciando los efectos de borde).

Mentalidad internacional:

- Los relámpagos son un fenómeno que ha fascinado a los físicos desde Plinio hasta Franklin, pasando por Newton. Las nubes cargadas se comportan como una placa de capacitor, mientras que otras nubes o la Tierra serían la segunda placa. La frecuencia de los relámpagos varía en el mundo: son más habituales en las regiones ecuatoriales. El impacto de los relámpagos es significativo. Muchos seres humanos y animales mueren cada año, la industria asume enormes costos financieros por los daños a edificios y a sistemas de comunicaciones y de transmisión de energía , entre otros.

Utilización:

- La carga y descarga de los capacitores obedecen a reglas que tienen analogías con otras ramas de la física como la radiactividad (véase la Guía de Física, subtema 7.1).

11.3 Capacitancia

- Los problemas que involucran la descarga de capacitores por medio de resistencias fijas han de ser tratados tanto gráfica como algebraicamente.
- Los problemas relacionados con la carga de un capacitor se tratarán solo gráficamente.
- No se exige la deducción de las ecuaciones de carga, voltaje y corriente como funciones del tiempo.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $C = \frac{q}{V}$
- $C_{\text{paralelo}} = C_1 + C_2 + \dots$
- $\frac{1}{C_{\text{serie}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$
- $C = \epsilon \frac{A}{d}$
- $E = \frac{1}{2} CV^2$
- $\tau = RC$
- $q = q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$
- $I = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$
- $V = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** El tratamiento del crecimiento exponencial y de la desintegración mediante métodos gráficos y algebraicos combina el planteamiento visual con el riguroso, algo muy característico de la ciencia y de la tecnología.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la investigación de circuitos básicos de RC; el uso de un capacitor en un circuito puente; el análisis de otros tipos de capacitores; la verificación de la constante de tiempo.

Tema 12: Física cuántica y nuclear

16 horas

Idea fundamental: El mundo cuántico microscópico ofrece toda una gama de fenómenos cuya interpretación y explicación exige nuevas ideas y conceptos que no se encuentran en el mundo clásico.

12.1 La interacción de la materia con la radiación

Naturaleza de la ciencia:

Observaciones: gran parte del trabajo en pos de una teoría cuántica de los átomos estuvo guiado por la necesidad de explicar los patrones observados en los espectros atómicos. El primer modelo cuántico de la materia es el modelo de Bohr para el hidrógeno. (1.8)

Cambio de paradigma: la aceptación de la paradoja de la dualidad onda-partícula para la luz y las partículas obligó a los científicos a contemplar desde perspectivas novedosas la investigación en muchos campos. (2.3)

Comprensión:

- Los fotones
- El efecto fotoeléctrico
- Las ondas de materia
- La producción y aniquilación de pares
- La cuantización del momento angular en el modelo de Bohr para el hidrógeno
- La función de onda
- El principio de incertidumbre para la energía y el tiempo y para la posición y la cantidad de movimiento
- Efecto túnel, barrera de potencial y factores que afectan a la probabilidad de túnel

Teoría del Conocimiento:

- La dualidad de la materia y el efecto túnel son casos en los que se violan las leyes de la física clásica. ¿Hasta qué punto los avances en la tecnología han posibilitado los cambios de paradigma en la ciencia?

Utilización:

- El microscopio electrónico y el microscopio de efecto túnel se basan en los hallazgos de la investigación en física cuántica.
- La probabilidad se trata en forma matemática en la *Guía de Estudios Matemáticos NM*, subtemas 3.6 a 3.7.

12.1 La interacción de la materia con la radiación

Aplicaciones y habilidades:

- Discutir el experimento del efecto fotoeléctrico y explicar qué características del experimento no pueden explicarse por la teoría clásica de la luz
- Resolver problemas fotoeléctricos tanto gráfica como algebraicamente
- Discutir la evidencia experimental de las ondas de materia e incluir un experimento en el que sea evidente la naturaleza ondulatoria de los electrones
- Indicar estimaciones de orden de magnitud a partir del principio de incertidumbre

Orientación:

- Las estimaciones de orden de magnitud a partir del principio de incertidumbre pueden incluir, por ejemplo, estimaciones de la energía del estado fundamental de un átomo, la imposibilidad de que exista un electrón dentro de un núcleo, y el tiempo de vida de un electrón en un estado de energía excitado.
- El efecto túnel ha de tratarse cualitativamente, utilizando la idea de la continuidad de la función de onda.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $E = hf$
- $E_{\text{máx}} = hf - \Phi$
- $E = -\frac{13,6}{n^2} eV$
- $mvr = \frac{nh}{2\pi}$
- $P(r) = |\Psi|^2 \Delta V$
- $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$
- $\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$

Objetivos generales:

- **Objetivo 1:** El estudio de los fenómenos cuánticos introduce a los alumnos en un nuevo mundo asombroso que no se experimenta en el nivel macroscópico. El estudio del efecto túnel es un fenómeno novedoso que no se observa en la física macroscópica.
- **Objetivo 6:** El efecto fotoeléctrico puede investigarse utilizando ledes.
- **Objetivo 9:** El modelo de Bohr explica con éxito el hidrógeno pero no sirve para otros elementos.

Idea fundamental: La idea de magnitudes discretas que habíamos encontrado en el mundo atómico se encuentra también en el mundo nuclear.

12.2 Física nuclear

Naturaleza de la ciencia:

Avances teóricos e inspiración: el progreso en la física atómica, nuclear y de partículas fue a menudo el resultado de avances teóricos y de momentos de inspiración.

Avances en la instrumentación: también fueron cruciales los nuevos métodos para detectar partículas subatómicas gracias a los avances en la tecnología electrónica.

Potencia de informática actual: el análisis de los datos recopilados en los detectores modernos de partículas usados en los experimentos en aceleradores resultaría imposible sin la potencia de cálculo de la informática actual. (1.8)

Comprensión:

- La dispersión de Rutherford y el radio nuclear
- Los niveles de energía nucleares
- El neutrino
- La ley de la desintegración radiactiva y la constante de desintegración

Aplicaciones y habilidades:

- Describir un experimento de dispersión incluyendo la localización de la intensidad mínima de las partículas difractadas a partir de su longitud de onda de De Broglie
- Explicar las desviaciones respecto a la dispersión de Rutherford en los experimentos de altas energías
- Describir la evidencia experimental para los niveles nucleares de energía
- Resolver problemas relacionados con la ley de la desintegración radiactiva para intervalos de tiempo arbitrarios
- Explicar los métodos para medir semividas cortas y largas

Teoría del Conocimiento:

- Gran parte del conocimiento acerca de las partículas subatómicas se basa en modelos que se utilizan para interpretar los datos obtenidos en experimentos. ¿Cómo podemos estar seguros de que estamos descubriendo una “verdad independiente” no influida por nuestros modelos? ¿Existe siquiera una verdad única?

Utilización:

- El conocimiento de la radiactividad, las sustancias radiactivas y la ley de desintegración radiactiva son cruciales en la medicina nuclear moderna (véase la *Guía de Física*, subtema opcional C.4).

12.2 Física nuclear

Orientación:

- Los alumnos deben saber que las densidades nucleares son aproximadamente las mismas para todos los núcleos y que los únicos objetos macroscópicos con densidad igual a la de los núcleos son las estrellas de neutrones
- La aproximación de ángulo pequeño no es normalmente apropiada para determinar la localización de la densidad mínima

Referencia del cuadernillo de datos:

- $R = R_0 A^{1/3}$
- $N = N_0 e^{-\lambda t}$
- $A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$
- $\text{sen } \theta \approx \frac{\lambda}{D}$

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** La detección del neutrino es un ejemplo del volumen creciente de conocimientos que están acumulando los científicos en este ámbito de investigación.

Idea fundamental: El estudio de Einstein del electromagnetismo reveló incoherencias entre la teoría de Maxwell y la mecánica de Newton. Einstein reconoció que ambas teorías no eran conciliables y al elegir confiar en la teoría del electromagnetismo de Maxwell se vio obligado a revisar ideas muy consolidadas sobre el espacio y el tiempo en la mecánica.

A.1 Los orígenes de la relatividad

Naturaleza de la ciencia:

Cambio de paradigma: el hecho fundamental de que la velocidad de la luz es constante para todos los observadores inerciales tiene consecuencias profundas sobre nuestra comprensión del espacio y del tiempo. Se probó que eran falsas las ideas sobre el espacio y el tiempo que se habían mantenido indiscutidas durante más de dos mil años. La extensión del principio de la relatividad a sistemas de referencia acelerados lleva a la idea revolucionaria de la relatividad general según la cual la masa y la energía que contiene el espacio-tiempo determinan la geometría del mismo espacio-tiempo. (2.3)

Comprensión:

- Sistemas de referencia
- La relatividad galileana y los postulados de Newton referidos al tiempo y al espacio
- Maxwell y la constancia de la velocidad de la luz
- Las fuerzas sobre una carga o corriente

Aplicaciones y habilidades:

- Utilizar las ecuaciones de transformación galileanas
- Determinar si una fuerza sobre una carga o corriente es eléctrica o magnética en un sistema de referencia dado
- Determinar la naturaleza de los campos observados por diferentes observadores

Teoría del Conocimiento:

- Cuando los científicos afirman que una nueva vía de pensamiento requiere un cambio de paradigma en cómo observamos el universo, ¿cómo nos aseguramos de que sus afirmaciones son válidas?

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** Este subtema es la piedra angular de los desarrollos que se han sucedido en la relatividad y en la física moderna.

A.1 Los orígenes de la relatividad

Orientación:

- No es necesario describir las ecuaciones de Maxwell.
- Tratamiento cualitativo de los campos eléctricos y magnéticos tal como serían medidos por observadores en movimiento relativo. Entre los ejemplos se incluirán el de una carga que se desplaza en un campo magnético o el de dos partículas cargadas que se desplazan con velocidades paralelas. Se pedirá a los alumnos que analicen estos movimientos desde el punto de vista de observadores en reposo con respecto a las partículas y observadores en reposo con respecto al campo magnético.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $x' = x - vt$
- $u' = u - v$

Idea fundamental: Los observadores en movimiento relativo uniforme discrepan respecto a los valores numéricos de las coordenadas de los sucesos en el espacio y en el tiempo, pero coinciden en el valor numérico de la velocidad de la luz en el vacío. Las ecuaciones de la transformación de Lorentz relacionan los valores en un sistema de referencia con los del otro sistema. Estas ecuaciones reemplazan a las ecuaciones de transformación galileanas, inválidas para velocidades cercanas a la de la luz.

A.2 Transformaciones de Lorentz

Naturaleza de la ciencia:

Ciencia pura: Einstein basó su teoría de la relatividad en dos postulados y dedujo el resto mediante análisis matemático. El primer postulado integra todas las leyes de la física, incluidas las leyes del electromagnetismo y no solo las leyes de la mecánica de Newton. (1.2)

Comprensión:

- Los dos postulados de la relatividad especial
- La sincronización de relojes
- Las transformaciones de Lorentz
- La suma de velocidades
- Las cantidades invariantes (intervalo de espacio-tiempo, tiempo propio, longitud propia y masa en reposo)
- La dilatación temporal
- La contracción de longitudes
- El experimento de la desintegración de muones

Aplicaciones y habilidades:

- Utilizar las transformaciones de Lorentz para describir cómo las diferentes mediciones del espacio y del tiempo por parte de dos observadores pueden convertirse en las mediciones correspondientes a cada sistema de referencia
- Utilizar las ecuaciones de transformación de Lorentz para determinar las coordenadas de posición y tiempo de diversos sucesos
- Utilizar las ecuaciones de transformación de Lorentz para mostrar que si dos sucesos son simultáneos para un observador pero ocurren en puntos diferentes del espacio, dichos sucesos no son simultáneos para un observador en un sistema de referencia diferente

Utilización:

- Consideradas en su momento una parte muy esotérica de la física, las ideas de la relatividad sobre el espacio y el tiempo son necesarias en la actualidad para producir sistemas de posicionamiento global (GPS) precisos.

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** Las fórmulas de la transformación de Lorentz proporcionan un volumen de conocimientos coherente que puede usarse para comparar la descripción del movimiento por parte de un observador con la descripción por parte de otro observador que se encuentra en movimiento relativo respecto al primero.
- **Objetivo 3:** Estas fórmulas pueden aplicarse a un conjunto variado de condiciones y situaciones.
- **Objetivo 9:** La introducción de la relatividad expandió los límites de las ideas galileanas sobre el espacio y el movimiento.

A.2 Transformaciones de Lorentz

- Resolver problemas relacionados con la suma de velocidades
- Derivar las ecuaciones de dilatación temporal y de contracción de longitudes utilizando las ecuaciones de Lorentz
- Resolver problemas relacionados con la dilatación temporal y la contracción de longitudes
- Resolver problemas sobre el experimento de desintegración de muones

Orientación:

- Los problemas se limitarán a una dimensión.
- No será objeto de examen la deducción de las ecuaciones de la transformación de Lorentz.
- Los experimentos de desintegración de muones pueden utilizarse como evidencia tanto de la dilatación temporal como de la contracción de longitudes.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$
- $$x' = \gamma(x - vt); \Delta x' = \gamma(\Delta x - v\Delta t)$$
- $$t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right); \Delta t' = \gamma\left(\Delta t - \frac{v\Delta x}{c^2}\right)$$
- $$u' = \frac{u - v}{1 - \frac{uv}{c^2}}$$
- $$\Delta t = \gamma\Delta t_0$$
- $$L = \frac{L_0}{\lambda}$$
- $$(ct')^2 - (x')^2 = (ct)^2 - (x)^2$$

Idea fundamental: Los diagramas de espacio-tiempo son una manera muy clara e ilustrativa de mostrar gráficamente cómo diferentes observadores en movimiento relativo entre sí alcanzan mediciones que difieren.

A.3 Diagramas de espacio-tiempo

Naturaleza de la ciencia:

Visualización de modelos: la visualización de la descripción de eventos en función de los diagramas de espacio-tiempo supone un avance enorme en la comprensión del concepto de espacio-tiempo. (1.10)

Comprensión:

- Los diagramas de espacio-tiempo
- Las líneas de universo
- La paradoja de los gemelos

Aplicaciones y habilidades:

- Representar eventos como puntos sobre un diagrama de espacio-tiempo
- Representar las posiciones de una partícula en movimiento sobre un diagrama de espacio-tiempo con una curva (la línea de universo)
- Representar más de un sistema de referencia inercial sobre el mismo diagrama de espacio-tiempo
- Determinar el ángulo entre una línea de universo para una velocidad específica y el eje del tiempo sobre un diagrama de espacio-tiempo
- Resolver problemas de simultaneidad y cinemática utilizando diagramas de espacio-tiempo
- Representar la dilatación temporal y la contracción de longitudes sobre diagramas de espacio-tiempo
- Describir la paradoja de los gemelos
- Resolver la paradoja de los gemelos a través de diagramas de espacio-tiempo

Teoría del Conocimiento:

- ¿Pueden resolverse las paradojas únicamente a través de la razón? ¿O exigen recurrir a otras formas de conocimiento?

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** Los diagramas del espacio-tiempo permiten analizar de manera más fiable los problemas en relatividad.

A.3 Diagramas de espacio-tiempo

Orientación:

- Las preguntas de examen aludirán a “diagramas de espacio-tiempo”. Se los conoce también como “diagramas de Minkowski”.
- Las preguntas cuantitativas que involucran diagramas de espacio-tiempo estarán limitadas al caso de velocidad constante.
- Los diagramas de espacio-tiempo pueden tener t o ct en el eje vertical.
- Las preguntas de examen pueden usar unidades en las que $c = 1$.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v}{c}\right)$

Idea fundamental: La relatividad del espacio y tiempo requiere nuevas definiciones para la energía y la cantidad de movimiento, con el fin de preservar las leyes de conservación de estas magnitudes.

A.4 Mecánica relativista

Naturaleza de la ciencia:

Cambio de paradigma: Einstein se percató de que la ley de conservación de la cantidad de movimiento no se podía mantener como ley de la física. Dedujo entonces que para que la cantidad de movimiento se conservara en cualesquiera condiciones, era necesario cambiar la propia definición de cantidad de movimiento y con ella las definiciones de otras magnitudes de la mecánica como la energía cinética y la energía total de una partícula. Esto supuso un cambio de paradigma fundamental. (2.3)

Comprensión:

- Energía total y energía en reposo
- Cantidad de movimiento relativista
- Aceleración de una partícula
- Carga eléctrica como cantidad invariante
- Los fotones
- $\text{MeV } c^{-2}$ como unidad de masa y $\text{MeV } c^{-1}$ como unidad de cantidad de movimiento

Aplicaciones y habilidades:

- Describir las leyes de conservación de la cantidad de movimiento y de la conservación de la energía dentro de la relatividad especial
- Determinar la diferencia de potencial necesaria para acelerar una partícula hasta una velocidad o energía dadas

Teoría del Conocimiento:

- ¿De qué maneras difieren las leyes en las ciencias naturales de las leyes en la economía?

Utilización:

- Las leyes de la mecánica relativista se utilizan rutinariamente para gestionar el funcionamiento de las centrales nucleares, los aceleradores de partículas y los detectores de partículas.

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** La mecánica relativista sintetiza el conocimiento sobre cómo se comporta la materia a velocidades cercanas a la de la luz.
- **Objetivo 9:** La teoría de la relatividad impone una limitación importante: nada puede rebasar la velocidad de la luz.

A.4 Mecánica relativista

- Resolver problemas relacionados con la energía relativista y la conservación de la cantidad de movimiento en colisiones y desintegraciones de partículas

Orientación:

- Las aplicaciones involucrarán desintegraciones relativistas, por ejemplo, el cálculo de las longitudes de onda de los fotones en la desintegración de un pion en movimiento [$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$].
- El símbolo m_0 alude a la “masa invariante en reposo” de una partícula.
- No se usará el concepto de masa relativista que varía con la velocidad.
- Los problemas estarán restringidos a una dimensión.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $E = \gamma m_0 c^2$
- $E_0 = m_0 c^2$
- $E_k = (\gamma - 1) m_0 c^2$
- $p = \gamma m_0 v$
- $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$
- $qV = \Delta E_k$

Idea fundamental: La relatividad general sirve para aunar los conceptos fundamentales de masa, espacio y tiempo a fin de describir el destino del universo.

A.5 Relatividad general

Naturaleza de la ciencia:

Pensamiento creativo y crítico: el gran logro de Einstein, la teoría general de la relatividad, se basa en la intuición, el pensamiento creativo y la imaginación, para lograr conectar la geometría del espacio-tiempo (a través de su curvatura) con la masa y el contenido energético del espacio-tiempo. Durante años se pensó que nada podía escapar de un agujero negro y esto es cierto, pero solo para agujeros negros clásicos. Cuando se tiene en cuenta la teoría cuántica, los agujeros negros emiten como cuerpos negros. Este resultado inesperado reveló otras conexiones igualmente inesperadas entre los agujeros negros y la termodinámica. (1.4)

Comprensión:

- El principio de equivalencia
- La curvatura de la luz
- El corrimiento hacia el rojo gravitatorio y el experimento de Pound-Rebka-Snider
- Los agujeros negros de Schwarzschild
- Los horizontes de sucesos
- La dilatación temporal cerca de un agujero negro
- Las aplicaciones de la relatividad general al universo en su totalidad

Aplicaciones y habilidades:

- Utilizar el principio de equivalencia para deducir y explicar la curvatura de la luz cerca de objetos masivos
- Utilizar el principio de equivalencia para deducir y explicar la dilatación temporal gravitatoria
- Calcular variaciones de frecuencia gravitatoria
- Describir un experimento en el cual se observe y se pueda medir el corrimiento hacia el rojo gravitatorio

Teoría del Conocimiento:

- Aunque el propio Einstein describió la constante cosmológica como su “mayor error”, el Premio Nobel de 2011 recayó en científicos que habían probado su validez en sus estudios sobre energía oscura. ¿Qué otros ejemplos existen de afirmaciones puestas en duda inicialmente que fueron finalmente consideradas correctas más adelante en la historia?

Utilización:

- Para que el sistema de posicionamiento global sea muy preciso, ha de tenerse en cuenta la relatividad general al calcular los detalles de la órbita del satélite.
- El desarrollo de la teoría general de la relatividad se ha empleado para explicar el comportamiento del universo en su totalidad a muy gran escala con implicaciones de gran alcance sobre el desarrollo futuro y el destino final del universo.

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** La teoría general de la relatividad es una gran síntesis de las ideas que se requieren para describir la estructura del universo a gran escala.
- **Objetivo 9:** Debe apreciarse que la magnífica estructura newtoniana adolecía de limitaciones importantes en la descripción de los aspectos más detallados del movimiento planetario.

A.5 Relatividad general

- Calcular el radio de Schwarzschild de un agujero negro
- Aplicar la fórmula de la dilatación temporal gravitatoria cerca del horizonte de sucesos de un agujero negro

Orientación:

- Los alumnos han de reconocer el principio de equivalencia en función de sistemas de referencia acelerados y sistemas en caída libre

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\frac{\Delta f}{f} = \frac{g\Delta h}{c^2}$
- $R_s = \frac{2GM}{c^2}$
- $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{R_s}{r}}}$

Temas troncales

15 horas

Idea fundamental: Las leyes básicas de la mecánica se amplían cuando se aplican principios equivalentes a la rotación. Los objetos reales tienen dimensiones y requieren la ampliación del modelo de partículas puntuales para abarcar la posibilidad de que diferentes puntos de un objeto tengan diferentes estados de movimiento o diferentes velocidades.

B.1 Cuerpos rígidos y dinámica de rotación

Naturaleza de la ciencia:

Modelización: el uso de modelos tiene diferentes funciones y ha permitido a los científicos identificar, simplificar y analizar problemas en su contexto para tratarlos con éxito. La extensión del modelo de partículas puntuales para considerar las dimensiones de un objeto condujo a muchos desarrollos innovadores en la ingeniería. (1.2)

Comprensión:

- Momento de fuerzas
- Momento de inercia
- Equilibrio de rotación y de traslación
- Aceleración angular
- Ecuaciones del movimiento rotacional con aceleración angular uniforme
- La segunda ley de Newton aplicada al movimiento angular
- Conservación del momento angular

Aplicaciones y habilidades:

- Calcular el momento de fuerzas para fuerzas individuales y pares
- Resolver problemas relacionados con el momento de inercia, el momento de fuerzas y la aceleración angular

Teoría del Conocimiento:

- Los modelos son válidos siempre dentro de un contexto concreto y han de ser modificados, ampliados o reemplazados cuando se altera o se considera de una manera diferente ese contexto. ¿Existen ejemplos de modelos permanentes en las ciencias naturales o en cualquier otro ámbito del conocimiento?

Utilización:

- El diseño estructural y la ingeniería civil dependen del conocimiento de cómo se pueden mover los objetos en cualquier situación.

Objetivos generales:

- **Objetivo 7:** La tecnología ha hecho posibles las simulaciones por computador que modelan con precisión los complejos resultados de las acciones sobre los cuerpos.

B.1 Cuerpos rígidos y dinámica de rotación

- Resolver problemas en los que los objetos se encuentran en equilibrio tanto de rotación como de traslación
- Resolver problemas utilizando cantidades rotacionales análogas a las cantidades lineales
- Dibujar aproximadamente e interpretar los gráficos del movimiento rotacional
- Resolver problemas en los que hay cuerpos que ruedan sin deslizarse

Orientación:

- El análisis se limitará a formas geométricas básicas.
- Cuando sea necesario, se proporcionará la ecuación para el momento de inercia de una forma concreta.
- Los gráficos estarán limitados a las combinaciones desplazamiento angular–tiempo, velocidad angular–tiempo y momento de fuerzas–tiempo.
- Se utilizará la expresión “momento angular” para referirse al momento de la cantidad de movimiento.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\Gamma = Fr \text{ sen } \theta$
- $I = \Sigma mr^2$
- $\Gamma = I\alpha$
- $\omega = 2\pi f$
- $\omega_f = \omega_i + \alpha t$
- $\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\theta$
- $\theta = \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$
- $L = I\omega$
- $E_{K_{\text{rot}}} = \frac{1}{2}I\omega^2$

Idea fundamental: La primera ley de la termodinámica relaciona el cambio en energía interna de un sistema con la energía transferida y el trabajo efectuado. La entropía del universo tiende a un máximo.

B.2 Termodinámica

Naturaleza de la ciencia:

Variedad de perspectivas: si consideramos que existen tres formulaciones alternativas y equivalentes de la segunda ley de la termodinámica, observamos cómo esta área de la física ejemplifica el proceso de colaboración y prueba que implica la confirmación de este tipo de nociones abstractas. (4.1)

Comprensión:

- La primera ley de la termodinámica
- La segunda ley de la termodinámica
- La entropía
- Los procesos cíclicos y los diagramas pV
- Los procesos isovolumétricos (o isocóricos), isobáricos, isotérmicos y adiabáticos
- El ciclo de Carnot
- El rendimiento térmico

Aplicaciones y habilidades:

- Describir la primera ley de la termodinámica como una forma de conservación de la energía
- Explicar la convención de signos utilizada cuando se enuncia la primera ley de la termodinámica como $Q = \Delta U + W$
- Resolver problemas relacionados con la primera ley de la termodinámica
- Describir la segunda ley de la termodinámica en la forma de Clausius, en la forma de Kelvin y como consecuencia de la entropía
- Describir ejemplos de procesos en función de los cambios de entropía
- Resolver problemas relacionados con cambios de entropía

Mentalidad internacional:

- El desarrollo de este tema fue objeto de debate intenso entre los científicos de muchos países en el siglo XIX.

Utilización:

- Este trabajo conduce directamente al concepto de los motores térmicos, que tienen una función muy importante en la sociedad moderna.
- La posibilidad de la muerte térmica del universo se basa en el crecimiento permanente de la entropía.
- Química de la entropía (véase la *Guía de Química*, subtema 15.2).

Objetivos generales:

- **Objetivo 5:** El desarrollo de la segunda ley ejemplifica la colaboración que caracteriza a la indagación científica.
- **Objetivo 10:** Las relaciones y similitudes entre las disciplinas científicas son aquí particularmente evidentes.

B.2 Termodinámica

- Dibujar aproximadamente e interpretar procesos cíclicos
- Resolver problemas de procesos adiabáticos para gases monoatómicos utilizando $pV^{\frac{5}{3}} = \text{constante}$
- Resolver problemas relacionados con el rendimiento térmico

Orientación:

- Si se utilizan otros ciclos que no sean el de Carnot cuantitativamente, deben darse los detalles completos.
- Solo se requerirá análisis gráfico para la determinación del trabajo efectuado sobre un diagrama pV cuando la presión no sea constante.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $Q = \Delta U + W$
- $U = \frac{3}{2}nRT$
- $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$
- $pV^{\frac{5}{3}} = \text{constante}$ (para gases monoatómicos)
- $W = p\Delta V$
- $\eta = \frac{\text{trabajo útil efectuado}}{\text{entrada de energía}}$
- $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_{\text{frío}}}{T_{\text{caliente}}}$

Temas adicionales del Nivel Superior

10 horas

Idea fundamental: Los fluidos no pueden modelizarse como partículas puntuales. Su respuesta frente a la compresión, diferente a la de los sólidos, determina características que requieren un estudio en profundidad.

B.3 Fluidos y dinámica de fluidos

Naturaleza de la ciencia:

Comprensión humana: la comprensión y modelización del flujo de un fluido ha sido importante en muchos desarrollos tecnológicos tales como los diseños de turbinas, la aerodinámica de los coches y de los aviones y la medición del flujo sanguíneo. (1.1)

Comprensión:

- Densidad y presión
- La flotación y el principio de Arquímedes
- El principio de Pascal
- El equilibrio hidrostático
- El fluido ideal
- Líneas de corriente
- La ecuación de continuidad
- La ecuación de Bernoulli y el efecto de Bernoulli
- La ley de Stokes y la viscosidad
- Los flujos laminar y turbulento y el número de Reynolds

Aplicaciones y habilidades:

- Determinar las fuerzas de flotación utilizando el principio de Arquímedes
- Resolver problemas relacionados con la presión, la densidad y el principio de Pascal

Mentalidad internacional:

- Las fuentes de agua para las presas y para la irrigación dependen del conocimiento del flujo de los fluidos. Tales recursos pueden cruzar las fronteras nacionales, y dar lugar a aguas compartidas o a disputas sobre su propiedad y uso.

Teoría del Conocimiento:

- La leyenda tras la anécdota del “¡Eureka!” del descubrimiento de Arquímedes muestra una de las muchas maneras en que el saber científico se ha transmitido a través de los siglos. ¿Qué papel tienen las leyendas y anécdotas en la transmisión del saber científico? ¿Qué papel pudieron desempeñar en la transmisión de conocimientos científicos dentro de sistemas de conocimiento autóctonos?

Utilización:

- Centrales hidroeléctricas
- Diseño aerodinámico de aviones y vehículos
- La mecánica de fluidos es imprescindible para comprender el flujo sanguíneo en las arterias

B.3 Fluidos y dinámica de fluidos

- Resolver problemas utilizando la ecuación de Bernoulli y la ecuación de continuidad
- Explicar situaciones que involucran el efecto de Bernoulli
- Describir la fuerza de arrastre ejercida sobre objetos esféricos pequeños en el flujo laminar.
- Resolver problemas relacionados con la ley de Stokes
- Determinar el número de Reynolds en situaciones simples

Orientación:

- Se considerarán como fluidos ideales aquellos fluidos que sean incompresibles y no viscosos y con flujo regular.
- Las aplicaciones de la ecuación de Bernoulli abarcarán, entre otros: el flujo de salida de un contenedor, la determinación de la velocidad de un avión (tubos de Pitot) y tubos de Venturi.
- No se exigirá en los exámenes la demostración de la ecuación de Bernoulli.
- Los flujos laminar y turbulento se considerarán solo en situaciones simples.
- Se considerará que los valores de $R < 10^3$ representan la condición para el flujo laminar.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $B = \rho_f V_f g$
- $P = P_0 + \rho_f g d$
- $Av = \text{constante}$
- $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z + p = \text{constante}$
- $F_D = 6\pi\eta r v$
- $R = \frac{v r \rho}{\eta}$

- Biomecánica (véase la, *Guía de Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud*, Nivel Medio, subtema 4.3)

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** La dinámica de fluidos es una parte esencial en cualquier curso universitario de física o ingeniería.
- **Objetivo 7:** La complejidad de la dinámica de fluidos la convierte en un tema ideal para la visualización con software especializado.

Idea fundamental: En el mundo real, hay amortiguación en los osciladores y esto tiene implicancias que deben ser consideradas.

B.4 Vibraciones forzadas y resonancia

Naturaleza de la ciencia:

Estimación de riesgos: las ideas de resonancia y oscilación forzada encuentran aplicación en muchas áreas de la ingeniería, desde la oscilación eléctrica hasta el diseño seguro de estructuras civiles. En estructuras civiles a gran escala, es esencial modelizar todos los efectos posibles antes de la construcción. (4.8)

Comprensión:

- Frecuencia natural de vibración
- Factor de calidad (factor Q) y amortiguación
- Estímulo periódico y frecuencia impulsora
- Resonancia

Aplicaciones y habilidades:

- Describir cualitativa y cuantitativamente ejemplos de oscilaciones subamortiguadas, sobreamortiguadas y críticamente amortiguadas
- Describir gráficamente la variación de la amplitud de vibración frente a la frecuencia impulsora de un objeto cercana a su frecuencia natural de vibración
- Describir la relación de fase entre la frecuencia impulsora y las oscilaciones forzadas
- Resolver problemas relacionados con el factor de calidad
- Describir los efectos tanto útiles como destructivos de la resonancia

Orientación:

- Solo se requiere la resonancia en amplitud.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $Q = 2\pi \frac{\text{energía almacenada}}{\text{energía disipada por ciclo}}$
- $Q = 2\pi \times \text{frecuencia de resonancia} \times \frac{\text{energía almacenada}}{\text{pérdida de potencia}}$

Mentalidad internacional:

- La comunicación a través de señales de radio y televisión se basa en la resonancia de las señales transmitidas.

Utilización:

- La ciencia y la tecnología confluyen cuando se modeliza el comportamiento real de los sistemas osciladores amortiguados.
- La resonancia de los gases de invernadero (véase la *Guía de Física*, subtema 8.2).

Objetivos generales:

- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la observación de arena sobre una superficie en vibración de frecuencias variables; la investigación del efecto de aumentar el amortiguamiento de un sistema oscilante tal como un diapasón; la observación del uso de una frecuencia impulsora sobre oscilaciones forzadas.
- **Objetivo 7:** Para investigar el uso de la resonancia en circuitos eléctricos, átomos y moléculas, o en las comunicaciones de radio y televisión, lo mejor es utilizar ejemplos basados en modelización por computador.

Temas troncales

15 horas

Idea fundamental: El progreso de una onda puede modelizarse a través del rayo o del frente de onda. El cambio en la velocidad de las ondas al pasar entre medios cambia la forma de la onda.

C.1 Introducción a la toma de imágenes

Naturaleza de la ciencia:

Lógica deductiva: el uso de imágenes virtuales es imprescindible para nuestro análisis de lentes y espejos. (1.6)

Comprensión:

- Lentes delgadas
- Lentes convergentes y divergentes
- Espejos convergentes y divergentes
- Diagramas de rayos
- Imágenes reales y virtuales
- Aumento lineal y angular
- Aberraciones esféricas y cromáticas

Aplicaciones y habilidades:

- Describir cómo modifica una superficie curvada y transparente la forma de un frente de onda incidente
- Identificar el eje principal, el punto focal y la longitud focal de una lente convergente o divergente simple en un diagrama a escala
- Resolver problemas que involucren un máximo de dos lentes construyendo diagramas de rayos a escala
- Resolver problemas que involucren un máximo de dos espejos curvos construyendo diagramas de rayos a escala

Mentalidad internacional:

- La óptica es una disciplina antigua, que ha incorporado desarrollos llevados a cabo en los mundos grecorromano e islámico medieval.

Teoría del Conocimiento:

- ¿Puede la convención de signos, mediante el uso de los símbolos positivo y negativo, influir emocionalmente en los científicos?

Utilización:

- Microscopios y telescopios
- Gafas y lentes de contacto

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** Las teorías ópticas, que nacen con la curiosidad humana sobre nuestros propios sentidos, siguen siendo de gran valor para dar con tecnología nueva y útil.
- **Objetivo 6:** Los experimentos podrán incluir, entre otros: la determinación del aumento utilizando un banco óptico; la investigación de imágenes reales y virtuales formadas por lentes; la observación de aberraciones.

C.1 Introducción a la toma de imágenes

- Resolver problemas que involucren la ecuación de la lente delgada, el aumento lineal y el aumento angular
- Explicar las aberraciones esférica y cromática y describir maneras de reducir sus efectos sobre las imágenes

Orientación:

- Los alumnos han de tratar el paso de la luz a través de lentes desde el punto de vista tanto de los rayos como de los frentes de onda.
- Los espejos curvos se limitarán a espejos convergentes esféricos y parabólicos y a espejos divergentes esféricos.
- Solo se consideran las lentes delgadas en este tema.
- No se exige la fórmula del fabricante de lentes (*lensmaker*).
- La convención de signos utilizada en los exámenes es la de usar signo positivo para la imagen real (convención “real es positivo”).

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$
- $P = \frac{1}{f}$
- $m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{v}{u}$
- $M = \frac{\theta_i}{\theta_o}$
- $M_{\text{punto cercano}} = \frac{u}{f} + 1; M_{\text{infinito}} = \frac{u}{f}$

Idea fundamental: Los microscopios y telescopios ópticos aprovechan propiedades físicas similares de las lentes y espejos. El análisis del universo se hace ópticamente y mediante radiotelescopios. Así se investigan diferentes regiones del espectro electromagnético.

C.2 Instrumentación de imágenes

Naturaleza de la ciencia:

Mejoras en la instrumentación: el telescopio óptico se ha utilizado durante más de 500 años. Ha permitido a la humanidad observar y hacer hipótesis sobre el universo. Más recientemente, se han desarrollado los radiotelescopios para investigar la radiación electromagnética más allá de la región visible. Actualmente, los telescopios (tanto visuales como de radio) se emplazan fuera de la superficie de la Tierra para evitar la degradación en la imagen causada por la atmósfera; por su parte, se utiliza la óptica correctiva para mejorar las imágenes recogidas en la superficie de la Tierra. Se han lanzado muchos satélites con sensores capaces de grabar enormes cantidades de datos en los rangos espectrales infrarrojo, ultravioleta, de rayos X y otros. (1.8)

Comprensión:

- Microscopios compuestos ópticos
- Telescopios refractores ópticos astronómicos simples
- Telescopios reflectores ópticos astronómicos simples
- Radiotelescopios de plato único
- Telescopios interferométricos
- Telescopios en satélites

Aplicaciones y habilidades:

- Construir e interpretar diagramas de rayos de microscopios compuestos ópticos con ajuste normal
- Resolver problemas relacionados con el aumento angular y la resolución de los microscopios compuestos ópticos
- Investigar experimentalmente el microscopio compuesto óptico
- Construir o completar diagramas de rayos de telescopios refractores ópticos astronómicos simples con ajuste normal

Mentalidad internacional:

- El uso del telescopio interferométrico trasciende culturas con la colaboración entre científicos de muchos países para producir alineaciones de interferómetros que abarcan continentes.

Teoría del Conocimiento:

- Por más avanzada que sea la tecnología, los microscopios y telescopios siempre implican percepción sensorial. ¿Puede utilizarse con éxito la tecnología para ampliar o corregir nuestros sentidos?

Utilización:

- Observación de células (véase la *Guía de Biología*, subtema 1.2).
- La información que obtienen los telescopios astronómicos nos permite seguir avanzando en nuestra comprensión del universo.
- La resolución para otras fuentes se trata en la *Guía de Física*, subtema 9.4.

C.2 Instrumentación de imágenes

- Resolver problemas relacionados con el aumento angular de telescopios ópticos astronómicos simples
- Investigar experimentalmente el rendimiento de un telescopio refractor óptico astronómico
- Describir el rendimiento comparado entre los telescopios basados en la Tierra y los telescopios montados en satélites

Orientación:

- El diseño de telescopios reflectores ópticos astronómicos se limita a los tipos newtoniano y de Cassegrain.
- Los telescopios interferométricos deben aproximarse como si fueran un solo plato de diámetro igual a la separación máxima de las antenas.
- Se llama telescopios interferométricos a los telescopios múltiples.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $$M = \frac{f_o}{f_e}$$

Objetivos generales:

- **Objetivo 3:** Las imágenes de microscopios y telescopios tanto del laboratorio escolar como obtenidas en Internet permiten a los alumnos aplicar su conocimiento de estas técnicas.
- **Objetivo 5:** La investigación en astronomía y astrofísica es un ejemplo de la necesidad de colaboración entre equipos de científicos de diferentes países y continentes.
- **Objetivo 6:** Pueden ser útiles las organizaciones astronómicas locales, profesionales o aficionadas para organizar observaciones del cielo nocturno.

Idea fundamental: La reflexión total interna permite que la luz o la radiación infrarroja se desplace a lo largo de una fibra transparente. No obstante, el rendimiento de fibras puede verse degradado por efectos de dispersión y atenuación.

C.3 Fibras ópticas

Naturaleza de la ciencia:

Ciencia aplicada: los avances en la comunicación mediante las fibras ópticas han dado lugar a una red global de fibras ópticas que ha transformado las comunicaciones globales por voz, video y datos. (1.2)

Comprensión:

- La estructura de las fibras ópticas
- Fibras de índice escalonado y fibras de índice gradual
- Reflexión total interna y ángulo crítico
- Guía de onda y dispersión del material en las fibras ópticas
- Atenuación y escala de decibelios (dB)

Aplicaciones y habilidades:

- Resolver problemas relacionados con la reflexión total interna y el ángulo crítico en el contexto de las fibras ópticas
- Describir cómo la guía de ondas y la dispersión del material pueden provocar atenuación y cómo se responde a esto
- Resolver problemas relacionados con atenuación
- Describir las ventajas de las fibras ópticas sobre los cables de par trenzado y los cables coaxiales

Orientación:

- Se exigen descripciones cuantitativas de la atenuación, incluida la atenuación por unidad de longitud.
- En los exámenes se usará la expresión “dispersión de guía de ondas”. A la dispersión de guía de ondas se la conoce también como “dispersión modal”.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $n = \frac{1}{\sin c}$
- atenuación = $10 \log \frac{I}{I_0}$

Mentalidad internacional:

- Las fibras ópticas submarinas son una parte vital de la comunicación entre continentes.

Utilización:

- ¿Se llegará a un límite en las comunicaciones dado que no podemos mover la información más rápido que la velocidad de la luz?

Objetivos generales:

- **Objetivo 1:** Se trata de una tecnología global que aprovecha e impulsa los incrementos en las velocidades de comunicación.
- **Objetivo 9:** Los efectos de dispersión ilustran las limitaciones inherentes que pueden ser parte de una tecnología.

Temas adicionales del Nivel Superior

10 horas

Idea fundamental: Se pueden tomar imágenes del cuerpo mediante radiación generada tanto desde el exterior como desde el interior. La toma de imágenes ha permitido a los profesionales médicos mejorar la diagnosis reduciendo los procedimientos invasivos.

C.4 Imágenes médicas

Naturaleza de la ciencia:

Análisis de riesgos: la función del doctor es minimizar los riesgos para el paciente en los diagnósticos y procedimientos médicos, evaluando el beneficio general para el paciente. Se usan argumentos de tipo probabilístico al considerar la atenuación de la radiación transmitida a través del cuerpo. (4.8)

Comprensión:

- Detección y grabado de imágenes de rayos X en contextos médicos
- Generación y detección de ultrasonidos en contextos médicos
- Técnicas de imágenes médicas (toma de imágenes por resonancia magnética) basadas en la resonancia magnética nuclear (RMN)

Aplicaciones y habilidades:

- Explicar las características de las imágenes de rayos X, incluidos el coeficiente de atenuación, el espesor hemirreductor, los coeficientes de absorción lineal/másico y técnicas para la mejora de la nitidez y el contraste
- Resolver problemas de atenuación por rayos X
- Resolver problemas relacionados con la impedancia acústica de ultrasonidos, la velocidad de los ultrasonidos a través del tejido y del aire y los niveles relativos de intensidad
- Explicar características de las técnicas médicas de ultrasonidos, incluida la elección de frecuencia, el uso de geles y la diferencia entre escáner tipo A y escáner tipo B (A-scan y B-scan)

Mentalidad internacional:

- Existe comunicación constante entre investigadores clínicos de diferentes países para comunicar nuevos métodos y tratamientos para el bienestar de los pacientes en todo el mundo.
- Organizaciones tales como *Médecins Sans Frontières* proporcionan experiencia médica valiosa en partes del mundo en que se necesita ayuda médica.

Teoría del Conocimiento:

- “Lo que importa no es lo que miras, sino lo que ves”, Henry David Thoreau. ¿Hasta qué punto se puede estar de acuerdo con este comentario acerca del impacto de factores como las expectativas sobre la percepción?

Utilización:

- Escaneado del cerebro humano (véase la *Guía de Biología*, subtema A.4)

C.4 Imágenes médicas

- Explicar el uso de campos de gradiente en la RMN.
- Explicar el origen de la relajación del espín del protón y la consiguiente emisión de señales en la RMN
- Discutir las ventajas y desventajas de los ultrasonidos y de los métodos de escáner por RMN, incluida una evaluación sencilla del riesgo en estos procedimientos médicos

Orientación:

- Se espera que los alumnos computen la intensidad de haz final tras el paso por múltiples capas de tejido. Solo se tratarán superficies de separación planas y paralelas.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $L_f = 10 \log \frac{I_f}{I_0}$
- $I = I_0 e^{-\mu x}$
- $\mu x_{\frac{1}{2}} = \ln 2$
- $Z = \rho c$

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** Hay muchas oportunidades para los alumnos de analizar y evaluar la información científica.
- **Objetivo 8:** No se puede dejar de insistir en el impacto social de estas técnicas científicas para el beneficio de la humanidad.
- **Objetivo 10:** La medicina y la física confluyen en el mundo tecnológico del escaneado y tratamiento. Los médicos actuales se apoyan en tecnologías nacidas en desarrollos de las ciencias físicas.

Idea fundamental: Uno de los problemas más difíciles en astronomía consiste en trabajar con las enormes distancias entre estrellas y galaxias y en dar con métodos precisos para medirlas.

D.1 Magnitudes estelares

Naturaleza de la ciencia:

Realidad: la medición sistemática de las distancias y el brillo de las estrellas y galaxias ha dado lugar a una comprensión del universo en una escala que es difícil de imaginar y captar. (1.1)

Comprensión:

- Objetos en el universo
- La naturaleza de las estrellas
- Distancias astronómicas
- El paralaje estelar y sus limitaciones
- La luminosidad y el brillo aparente

Aplicaciones y habilidades:

- Identificar objetos en el universo
- Describir cualitativamente el equilibrio entre presión y gravitación en las estrellas
- Utilizar la unidad astronómica (ua), el año luz (al) y el pársec (pc)
- Describir el método para determinar la distancia a las estrellas mediante el paralaje estelar
- Resolver problemas relacionados con la luminosidad, el brillo aparente y la distancia

Teoría del Conocimiento:

- Las vastas distancias entre las estrellas y galaxias son difíciles de entender o imaginar. ¿Hay otras formas de conocimiento que sean más útiles que la imaginación para asimilar los conocimientos de la astronomía?

Utilización:

- Hay técnicas de paralaje similares que se pueden usar para medir distancias con precisión aquí en la Tierra.

Objetivos generales:

- **Objetivo 1:** Se necesita creatividad para analizar objetos que están tan alejados de nosotros.
- **Objetivo 6:** Pueden ser útiles las organizaciones astronómicas locales, profesionales o aficionadas para organizar observaciones del cielo nocturno.
- **Objetivo 9:** A medida que podemos observar más lejos en el universo, encontramos más limitaciones en la tecnología actual para medir de manera precisa.

D.1 Magnitudes estelares**Orientación:**

- A efectos de este curso, los objetos del universo incluyen planetas, cometas, estrellas (simples y binarias), sistemas planetarios, constelaciones, cúmulos estelares (abiertos y globulares), nebulosas, galaxias, cúmulos de galaxias y supercúmulos de galaxias.
- Se espera que los alumnos tengan una noción de los cambios enormes de escala de las distancias desde los sistemas planetarios hasta los supercúmulos de galaxias y el universo en su totalidad.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $d \text{ (pársec)} = \frac{1}{p \text{ (arco-segundo)}}$
- $L = \sigma AT^4$
- $b = \frac{L}{4\pi d^2}$

Idea fundamental: Un sencillo diagrama que represente la luminosidad frente a la temperatura superficial de las estrellas revela patrones inusualmente detallados que nos ayudan a comprender los mecanismos internos de las estrellas. Las estrellas siguen patrones bien definidos desde el momento en que nacen de la acumulación de gas interestelar hasta su muerte final, pasando por sus vidas en la secuencia principal.

D.2 Características y evolución de las estrellas

Naturaleza de la ciencia:

Evidencia: los espectros de la luz de un gas en la Tierra pueden compararse con los espectros de la luz de las estrellas distantes. Esto nos ha permitido determinar la velocidad, la composición y la estructura de las estrellas y ha confirmado las hipótesis sobre la expansión del universo. (1.11)

Comprensión:

- Espectros estelares
- Diagrama de Hertzsprung-Russell (HR)
- La relación masa-luminosidad para las estrellas de la secuencia principal
- Las variables cefeidas
- La evolución estelar sobre los diagramas HR
- Las gigantes rojas, las enanas blancas, las estrellas de neutrones y los agujeros negros
- Los límites de Chandrasekhar y Oppenheimer-Volkoff

Aplicaciones y habilidades:

- Explicar cómo puede obtenerse la temperatura superficial a partir del espectro de una estrella
- Explicar cómo puede determinarse la composición química de una estrella a partir del espectro de la estrella
- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas HR
- Identificar las regiones principales del diagrama HR y describir las propiedades principales de las estrellas en estas regiones
- Aplicar la relación de masa-luminosidad
- Describir la razón de la variación de las variables cefeidas

Teoría del Conocimiento:

- La información revelada por medio de los espectros requiere una mente experta para su interpretación. ¿Cuál es el papel de la interpretación para la adquisición del conocimiento en las ciencias naturales? ¿Cómo difiere esto del papel de la interpretación en otras áreas del saber?

Utilización:

- Las nociones de cómo han envejecido y evolucionado estrellas similares a nuestro Sol nos sirven de ayuda en las predicciones sobre nuestro destino en la Tierra.

Objetivos generales:

- **Objetivo 4:** El análisis de los espectros de las estrellas ofrece muchas oportunidades para la evaluación y síntesis.
- **Objetivo 6:** Existe software que permite realizar análisis para que los alumnos participen en la investigación astrofísica.

D.2 Características y evolución de las estrellas

- Determinar la distancia por medio de datos de las variables cefeidas
- Dibujar aproximadamente e interpretar trayectorias evolutivas de las estrellas sobre un diagrama HR
- Describir la evolución de las estrellas fuera de la secuencia principal
- Describir el papel de la masa en la evolución estelar

Orientación:

- Las regiones del diagrama HR se restringen a la secuencia principal, las enanas blancas, las gigantes rojas, las supergigantes y la franja de inestabilidad (estrellas variables), así como líneas de radio constante.
- Los diagramas HR se etiquetarán con la luminosidad en el eje vertical y la temperatura en el eje horizontal.
- Se utilizará solo un exponente específico (3,5) en la relación masa-luminosidad.
- Debe aludirse a las presiones de degeneración de electrones y neutrones.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $\lambda_{\text{máx}} T = 2,9 \times 10^{-3} \text{ m K}$
- $L \propto M^{3,5}$

Idea fundamental: El modelo caliente del Big Bang es una teoría que describe el origen y la expansión del universo y que está apoyada por amplia evidencia experimental.

D.3 Cosmología

Naturaleza de la ciencia:

La navaja de Occam: el modelo del Big Bang fue puramente especulativo hasta que fue confirmado por el descubrimiento de la radiación cósmica de fondo de microondas. El modelo, si bien describe correctamente muchos aspectos del universo tal como hoy lo observamos, aún no es capaz de explicar qué ocurrió en el tiempo cero. (2.7)

Comprensión:

- El modelo del Big Bang
- La radiación cósmica de fondo de microondas (CMB, Cosmic Microwave Background)
- La ley de Hubble
- El universo acelerado y el corrimiento hacia el rojo (z)
- El factor de escala cósmica (R)

Aplicaciones y habilidades:

- Describir el espacio y el tiempo como resultado del Big Bang
- Describir las características de la radiación CMB
- Explicar cómo la radiación CMB constituye evidencia de un Big Bang caliente
- Resolver problemas relacionados con z , R y la ley de Hubble
- Estimar la edad del universo asumiendo un ritmo de expansión constante

Orientación:

- La radiación CMB se considerará isotrópica con $T \approx 2.73\text{K}$.
- Para la radiación CMB, solo se pide una explicación simple en función del enfriamiento del universo o del estiramiento de las distancias (y, por ende, de las longitudes de onda).
- Se requiere describir el papel de las supernovas de tipo Ia en la proporción de evidencia de que el universo se está acelerando.

Mentalidad internacional:

- Las contribuciones de científicos de muchas naciones han hecho posible el análisis de la radiación cósmica del fondo de microondas.

Utilización:

- Efecto Doppler (véase la *Guía de Física*, subtema 9.5)

Objetivos generales:

- **Objetivo 1:** La explicación científica de los agujeros negros requiere un nivel elevado de creatividad.
- **Objetivo 9:** Los límites de nuestra comprensión están marcados por nuestra capacidad de observación dentro de nuestro universo.

D.3 Cosmología**Referencia del cuadernillo de datos:**

- $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \approx \frac{v}{c}$
- $z = \frac{R}{R_0} - 1$
- $v = H_0 d$
- $T \approx \frac{1}{H_0}$

Temas adicionales del Nivel Superior

10 horas

Idea fundamental: Las leyes de la física nuclear aplicadas a procesos de fusión nuclear dentro de las estrellas determinan la producción de todos los elementos hasta el hierro.

D.4 Procesos estelares

Naturaleza de la ciencia:

Observación y deducción: las observaciones de los espectros estelares mostraron la existencia de diferentes elementos en las estrellas. Las deducciones a partir de la teoría de la fusión nuclear consiguieron explicar esto. (1.8)

Comprensión:

- El criterio de Jeans
- La fusión nuclear
- La nucleosíntesis fuera de la secuencia principal
- Supernovas de tipos Ia y II

Aplicaciones y habilidades:

- Aplicar el criterio de Jeans a la formación de estrellas
- Describir los diferentes tipos de reacciones de fusión nuclear que tienen lugar fuera de la secuencia principal
- Aplicar la relación masa-luminosidad para comparar los tiempos de vida en la secuencia principal con respecto al de nuestro Sol
- Describir la formación en las estrellas de elementos más pesados que el hierro mencionando los aumentos de temperatura necesarios
- Describir cualitativamente los procesos s y r para la captura de neutrones
- Distinguir entre supernovas de tipos Ia y II

Objetivos generales:

- **Objetivo 10:** El análisis de la nucleosíntesis involucra el trabajo de los químicos.

D.4 Procesos estelares**Orientación:**

- Solo se exige una aplicación elemental del criterio de Jeans: la contracción de una nube interestelar puede comenzar si $M > M_J$.
- Los alumnos han de ser conscientes de que las supernovas de tipo Ia se utilizan como velas estándar.

Idea fundamental: El campo moderno de la cosmología utiliza técnicas experimentales y observacionales avanzadas para obtener datos con un nivel de precisión sin precedentes y, consecuentemente, se han alcanzado conclusiones muy sorprendentes y detalladas sobre la estructura del universo.

D.5 Ampliación de cosmología

Naturaleza de la ciencia:

Sesgo cognitivo: la expectativa generalizada era que el ritmo de expansión del universo debía estar reduciéndose por efecto de la gravedad. Los resultados detallados de las observaciones de 1998 (y otras posteriores) de supernovas lejanas mostraron que en realidad sucedía lo contrario. La expansión acelerada del universo, si bien está verificada experimentalmente, todavía es un fenómeno que no ha sido explicado. (3.5)

Comprensión:

- El principio cosmológico
- Las curvas de rotación y la masa de las galaxias
- La materia oscura
- Las fluctuaciones en la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB)
- El origen cosmológico del corrimiento hacia el rojo
- Densidad crítica
- Energía oscura

Aplicaciones y habilidades:

- Describir el principio cosmológico y su papel en los modelos del universo
- Describir las curvas de rotación como evidencia de la materia oscura
- Derivar la velocidad rotacional a partir de la gravitación newtoniana
- Describir e interpretar las anisotropías observadas en la CMB
- Deducir la densidad crítica a partir de la gravitación newtoniana
- Dibujar aproximadamente e interpretar los gráficos que muestran la variación del factor de escala cósmica en función del tiempo
- Describir cualitativamente el factor de escala cósmica en modelos con y sin energía oscura

Mentalidad internacional:

- Este es un campo de investigación altamente colaborativo en el que participan científicos de todo el mundo.

Teoría del Conocimiento:

- Los hechos experimentales muestran que la expansión del universo se está acelerando, pero nadie comprende por qué. ¿Es esto un ejemplo de algo que nunca sabremos?

Objetivos generales:

- **Objetivo 2:** A diferencia de lo que ocurría hace tan solo unas décadas, el campo de la cosmología se ha desarrollado tanto que la cosmología se ha vuelto una ciencia muy exacta al mismo nivel que el resto de la física.
- **Objetivo 10:** Es destacable que para resolver la cuestión del destino del universo, la cosmología, la física de lo muy grande, ha necesitado la ayuda de la física de partículas, la física de lo muy pequeño.

D.5 Ampliación de cosmología

Orientación:

- Se espera que los alumnos sean capaces de aludir a las curvas de rotación como evidencia de la materia oscura y han de conocer los tipos de candidatos para la materia oscura.
- Los alumnos deben estar familiarizados con los principales resultados de COBE, WMAP y del observatorio espacial Planck.
- Se espera que los alumnos demuestren que la temperatura del universo varía con el factor de escala cósmica como $T \propto \frac{1}{R}$.

Referencia del cuadernillo de datos:

- $$v = \sqrt{\frac{4\pi G \rho}{3}} r$$
- $$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G}$$

La evaluación en el Programa del Diploma

Información general

La evaluación es una parte fundamental de la enseñanza y el aprendizaje. Los objetivos más importantes de la evaluación en el Programa del Diploma son los de apoyar los objetivos del currículo y fomentar un aprendizaje adecuado por parte de los alumnos. En el Programa del Diploma, la evaluación es tanto interna como externa. Los trabajos preparados para la evaluación externa son corregidos por examinadores del IB, mientras que los trabajos presentados para la evaluación interna son corregidos por los profesores y moderados externamente por el IB.

El IB reconoce dos tipos de evaluación:

- La evaluación formativa orienta la enseñanza y el aprendizaje. Proporciona a los alumnos y profesores información útil y precisa sobre el tipo de aprendizaje que se está produciendo y sobre los puntos fuertes y débiles de los alumnos, lo que permite ayudarles a desarrollar su comprensión y aptitudes. La evaluación formativa también ayuda a mejorar la calidad de la enseñanza, pues proporciona información que permite hacer un seguimiento de la medida en que se alcanzan los objetivos generales y los objetivos de evaluación del curso.
- La evaluación sumativa ofrece una impresión general del aprendizaje que se ha producido hasta un momento dado y se emplea para determinar los logros de los alumnos.

En el Programa del Diploma se utiliza principalmente una evaluación sumativa concebida para identificar los logros de los alumnos al final del curso o hacia el final del mismo. Sin embargo, muchos de los instrumentos de evaluación se pueden utilizar también con propósitos formativos durante la enseñanza y el aprendizaje, y se anima a los profesores a que los utilicen de este modo. Un plan de evaluación exhaustivo debe ser una parte fundamental de la enseñanza, el aprendizaje y la organización del curso. Para obtener más información, consulte el documento del IB *Normas para la implementación de los programas y aplicaciones concretas* (2010).

La evaluación en el IB se basa en criterios establecidos; es decir, se evalúa el trabajo de los alumnos en relación con niveles de logro determinados y no en relación con el trabajo de otros alumnos. Para obtener más información sobre la evaluación en el Programa del Diploma, consulte la publicación titulada *Principios y práctica del sistema de evaluación del Programa del Diploma* (2009).

Para ayudar a los profesores en la planificación, implementación y evaluación de los cursos del Programa del Diploma, hay una variedad de recursos que se pueden consultar en el CPEL o adquirir en la tienda virtual del IB (<http://store.ibo.org>). En el Centro pedagógico en línea (CPEL) pueden encontrarse publicaciones tales como materiales de ayuda al profesor, informes de la asignatura, información adicional sobre la evaluación interna, descriptores de las calificaciones finales, así como también materiales provistos por otros docentes. En la tienda virtual del IB se pueden adquirir exámenes de convocatorias pasadas y esquemas de calificación.

Métodos de evaluación

El IB emplea diversos métodos para evaluar el trabajo de los alumnos.

Criterios de evaluación

Cuando la tarea de evaluación es abierta (es decir, se plantea de tal manera que fomenta una variedad de respuestas), se utilizan criterios de evaluación. Cada criterio se concentra en una habilidad específica que se espera que demuestren los alumnos. Los objetivos de evaluación describen lo que los alumnos deben ser capaces de hacer y los criterios de evaluación describen qué nivel deben demostrar al hacerlo. Los criterios de evaluación permiten evaluar del mismo modo respuestas muy diferentes. Cada criterio está compuesto por una serie de descriptores de nivel ordenados jerárquicamente. Cada descriptor de nivel equivale a uno o varios puntos. Se aplica cada criterio de evaluación por separado, y se localiza el descriptor que refleja más adecuadamente el nivel conseguido por el alumno. Distintos criterios de evaluación pueden tener puntuaciones máximas diferentes en función de su importancia. Los puntos obtenidos en cada criterio se suman, para obtener la puntuación total del trabajo en cuestión.

Bandas de calificación

Las bandas de calificación describen de forma integradora el desempeño esperado y se utilizan para evaluar las respuestas de los alumnos. Constituyen un único criterio holístico, dividido en descriptores de nivel. A cada descriptor de nivel le corresponde un rango de puntos, lo que permite diferenciar el desempeño de los alumnos. Del rango de puntos de cada descriptor de nivel, se elige la puntuación que mejor corresponda al nivel logrado por el alumno.

Esquemas de calificación analíticos

Estos esquemas se preparan para aquellas preguntas de examen que se espera que los alumnos contesten con un tipo concreto de respuesta o una respuesta final determinada. Indican a los examinadores cómo desglosar la puntuación total disponible para cada pregunta con respecto a las diferentes partes de esta.

Notas para la corrección

Para algunos componentes de evaluación que se corrigen usando criterios de evaluación se proporcionan notas para la corrección. En ellas se asesora a los correctores sobre cómo aplicar los criterios de evaluación a los requisitos específicos de la pregunta en cuestión.

Adecuaciones inclusivas de evaluación

Existen adecuaciones inclusivas de evaluación disponibles para los alumnos con necesidades específicas de acceso a la evaluación. Estas adecuaciones permiten que los alumnos con todo tipo de necesidades accedan a los exámenes y demuestren su conocimiento y comprensión de los elementos que se están evaluando.

El documento del IB titulado *Alumnos con necesidades específicas de acceso a la evaluación* contiene especificaciones sobre las adecuaciones inclusivas de evaluación que están disponibles para los alumnos con necesidades de apoyo para el aprendizaje. El documento *La diversidad en el aprendizaje y las necesidades educativas especiales en los programas del Bachillerato Internacional* describe la postura del IB con respecto a los alumnos con diversas necesidades de aprendizaje que cursan los programas del IB. Para los alumnos afectados por circunstancias adversas, los documentos *Reglamento general del Programa del Diploma* (2011) y el *Manual de procedimientos del Programa del Diploma* incluyen información detallada sobre los casos de consideración de acceso a la evaluación.

Responsabilidades del colegio

Cada colegio debe garantizar que los alumnos con necesidades de apoyo para el aprendizaje cuenten con un acceso equitativo y los ajustes razonables correspondientes según los documentos del IB titulados *Alumnos con necesidades específicas de acceso a la evaluación* y *La diversidad en el aprendizaje y las necesidades educativas especiales en los programas del Bachillerato Internacional*.

Resumen de la evaluación: NM

Primera evaluación: 2016

Componente	Porcentaje con respecto al total de la evaluación	Porcentaje aproximado con respecto a los objetivos de evaluación		Duración (horas)
		1 + 2	3	
Prueba 1	20	10	10	$\frac{3}{4}$
Prueba 2	40	20	20	$1\frac{1}{4}$
Prueba 3	20	10	10	1
Evaluación interna	20	Cubre los objetivos de evaluación 1, 2, 3 y 4		10

Resumen de la evaluación: NS

Primera evaluación: 2016

Componente	Porcentaje con respecto al total de la evaluación (%)	Porcentaje aproximado con respecto a los objetivos de evaluación		Duración (horas)
		1 + 2	3	
Prueba 1	20	10	10	1
Prueba 2	36	18	18	2¼
Prueba 3	24	12	12	1¼
Evaluación interna	20	Cubre los objetivos de evaluación 1, 2, 3 y 4		10

Evaluación externa

Para evaluar a los alumnos se emplean esquemas de calificación detallados, específicos para cada prueba de examen.

Descripción detallada de la evaluación externa: NM

Prueba 1

Duración: $\frac{3}{4}$ hora

Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 20%

Puntos: 30

- 30 preguntas de opción múltiple sobre los temas troncales, aproximadamente 15 de ellas son comunes con el NS.
- Las preguntas de la prueba 1 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- No se permite el uso de calculadoras.
- No se descuentan puntos por respuestas incorrectas.
- Se proporciona el cuadernillo de datos de Física.

Prueba 2

Duración: 1 $\frac{1}{4}$ horas

Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 40%

Puntos: 50

- Combinación de preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre los temas troncales.
- Las preguntas de la prueba 2 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- Se permite el uso de calculadoras. (Véase la sección **Calculadoras** del CPEL).
- Se proporciona el cuadernillo de datos de Física.

Prueba 3

Duración: 1 hora

Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 20%

Puntos: 35

- Esta prueba tendrá preguntas sobre los temas troncales y sobre el material opcional de NM.
- Sección A: una pregunta basada en datos y varias preguntas de respuesta corta sobre trabajos experimentales.
- Sección B: combinación de preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre una opción.

- Las preguntas de la prueba 3 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- Se permite el uso de calculadoras. (Véase la sección **Calculadoras** del CPEL).
- Se proporciona el cuadernillo de datos de Física.

Descripción detallada de la evaluación externa: NS

Prueba 1

Duración: 1 hora

Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 20%

Puntos: 40

- 40 preguntas de opción múltiple sobre los temas troncales y los TANS, aproximadamente 15 de ellas son comunes con el NM.
- Las preguntas de la prueba 1 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- No se permite el uso de calculadoras.
- No se descuentan puntos por respuestas incorrectas.
- Se proporciona el cuadernillo de datos de Física.

Prueba 2

Duración: 2 $\frac{1}{4}$ horas

Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 36%

Puntos: 95

- Combinación de preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre los temas troncales y los TANS.
- Las preguntas de la prueba 2 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- Se permite el uso de calculadoras. (Véase la sección **Calculadoras** del CPEL).
- Se proporciona el cuadernillo de datos de Física.

Prueba 3

Duración: 1 $\frac{1}{4}$ horas

Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 24%

Puntos: 45

- Esta prueba tendrá preguntas sobre los temas troncales, los TANS y el material opcional.
- Sección A: una pregunta basada en datos y varias preguntas de respuesta corta sobre trabajos experimentales.
- Sección B: combinación de preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre una opción.
- Las preguntas de la prueba 3 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- Se permite el uso de calculadoras. (Véase la sección **Calculadoras** del CPEL).
- Se proporciona el cuadernillo de datos de Física.

Evaluación interna

Propósito de la evaluación interna

La evaluación interna es una parte fundamental del curso y es obligatoria tanto en el NM como en el NS. Permite a los alumnos demostrar la aplicación de sus habilidades y conocimientos y dedicarse a aquellas áreas que despierten su interés sin las restricciones de tiempo y de otro tipo asociadas a los exámenes escritos. La evaluación interna debe, en la medida de lo posible, integrarse en la enseñanza normal de clase, y no ser una actividad aparte que tiene lugar una vez que se han impartido todos los contenidos del curso.

Los requisitos de evaluación interna son los mismos para el NM y el NS. Esta sección acerca de la evaluación interna se debe leer junto con la sección sobre la evaluación interna de los materiales de ayuda al profesor.

Orientación y autoría original

Los trabajos presentados para la evaluación interna deben ser trabajo original del alumno. Sin embargo, no se pretende que los alumnos decidan el título o el tema y que se les deje trabajar en el componente de evaluación interna sin ningún tipo de ayuda por parte del profesor. El profesor debe desempeñar un papel importante en las etapas de planificación y elaboración del trabajo de evaluación interna. Es responsabilidad del profesor asegurarse de que los alumnos estén familiarizados con:

- Los requisitos del tipo de trabajo que se va a evaluar internamente.
- La *Política del IB sobre la experimentación con animales*.
- Los criterios de evaluación: los alumnos deben entender que el trabajo que presenten para evaluación ha de abordar estos criterios eficazmente

Los profesores y los alumnos deben discutir el trabajo evaluado internamente. Se debe animar a los alumnos a dirigirse al profesor en busca de consejos e información, y no se les debe penalizar por solicitar orientación. Como parte del proceso de aprendizaje, los profesores deben leer un borrador del trabajo y asesorar a los alumnos al respecto. El profesor debe aconsejar al alumno de manera oral o escrita sobre cómo mejorar su trabajo, pero no debe modificar el borrador. La siguiente versión que llegue a manos del profesor debe ser la versión definitiva lista para entregar.

Los profesores tienen la responsabilidad de asegurarse de que todos los alumnos entiendan el significado y la importancia de los conceptos relacionados con la probidad académica, especialmente los de autoría original y propiedad intelectual. Los profesores deben verificar que todos los trabajos que los alumnos entreguen para evaluación hayan sido preparados conforme a los requisitos, y deben explicar claramente a los alumnos que el trabajo que se evalúe internamente debe ser original en su totalidad. Cuando se permita la colaboración entre alumnos, a estos debe quedarles clara la diferencia entre colaboración y colusión.

Los profesores deben verificar la autoría original de todo trabajo que se envíe al IB para su moderación o evaluación, y no deben enviar ningún trabajo que sepan que constituye (o sospechen que constituye) un caso de infracción académica. Cada alumno debe confirmar que el trabajo que presenta para la evaluación es original y que es la versión final. Una vez que el alumno ha entregado oficialmente la versión final de su trabajo, no puede pedir que se lo devuelvan para modificarlo. El requisito de confirmar la originalidad del trabajo se aplica al trabajo de todos los alumnos, no solo de aquellos que formen parte de la muestra que se enviará al IB para moderación. Para obtener más información, sírvase consultar los siguientes documentos

del IB: *Probidad académica* (2011), *El Programa del Diploma: de los principios a la práctica* (2009) y el *Reglamento general del Programa del Diploma* (2011).

La autoría de los trabajos se puede comprobar debatiendo su contenido con el alumno y analizando con detalle uno o más de los siguientes aspectos:

- La propuesta inicial del alumno
- El borrador del trabajo escrito
- Las referencias bibliográficas citadas
- El estilo de redacción, comparado con trabajos que se sabe que ha realizado el alumno
- El análisis del trabajo con un servicio en línea de detección de plagio como, por ejemplo, www.turnitin.com

No se permite presentar un mismo trabajo para la evaluación interna y la Monografía.

Trabajo en grupo

Cada investigación es un trabajo individual basado en diferentes datos recabados o mediciones generadas. Lo ideal es que los alumnos trabajen en la obtención de datos de manera individual. En algunos casos, los datos recabados o las mediciones realizadas pueden proceder de un experimento en grupo, siempre que cada alumno haya recabado sus propios datos o realizado sus propias mediciones. En Física, en algunos casos, los datos o las mediciones en grupo se pueden combinar para que haya suficiente cantidad como para realizar un análisis individual. Incluso en este caso, cada alumno debe haber recabado y registrado sus propios datos y deben indicar claramente qué datos son los suyos.

Debe dejarse claro a los alumnos que todo trabajo relacionado con la investigación debe ser de su autoría original. Por tanto, es conveniente que los profesores les ayuden a desarrollar el sentido de responsabilidad sobre el propio aprendizaje para que se sientan orgullosos de su trabajo.

Distribución del tiempo

La evaluación interna es una parte fundamental del curso de Física y representa un 20% de la evaluación final en el NM y el NS. Este porcentaje debe verse reflejado en el tiempo que se dedica a enseñar los conocimientos y las habilidades necesarios para llevar a cabo el trabajo de evaluación interna, así como en el tiempo total dedicado a realizar el trabajo.

Se recomienda asignar un total de aproximadamente 10 horas lectivas tanto en NM como en NS para el trabajo de evaluación interna. En estas horas se deberá incluir:

- El tiempo que necesita el profesor para explicar a los alumnos los requisitos de la evaluación interna
- Tiempo de clase para que los alumnos trabajen en el componente de evaluación interna y planteen preguntas
- El tiempo para consultas entre el profesor y cada alumno
- Tiempo para revisar el trabajo y evaluar cómo progresa, y para comprobar que es original

Requisitos y recomendaciones de seguridad

Aunque los profesores deberán ajustarse a las directrices nacionales o locales (las cuales pueden diferir entre los distintos países), se deberá prestar atención a las siguientes directrices, que han sido desarrolladas por The Laboratory Safety Institute (LSI) para la comisión de seguridad de ICASE (International Council of Associations for Science Education, Consejo Internacional de Asociaciones de Educación Científica).

Es responsabilidad de todas y cada una de las personas involucradas en estas actividades el hacer de este compromiso con la seguridad y la salud algo permanente. Las recomendaciones que se hagan a este respecto deberán reconocer la necesidad de respetar el contexto local, las diferentes tradiciones educativas y culturales, las limitaciones económicas y los sistemas legales de los distintos países.

The Laboratory Safety Institute

Guía de seguridad para laboratorios

40 sugerencias para un laboratorio más seguro

Pasos que requieren gastos mínimos

1. Tenga una declaración por escrito de su política de aspectos de medio ambiente, salud y seguridad (MASS).
2. Organice un comité departamental de MASS de empleados, gerentes, maestros, administrativos y estudiantes, que se reunirán regularmente para discutir los asuntos de MASS.
3. Desarrolle un programa de inducción en MASS para los todos los empleados y/o estudiantes de nuevo ingreso.
4. Motive a los empleados y/o estudiantes a preocuparse por su salud y seguridad, así como la de otros.
5. Involucre a cada empleado y/o estudiante en algún aspecto del programa de seguridad y dele a cada uno responsabilidades específicas.
6. Proporcione incentivos para los empleados y/o estudiantes para el desempeño con seguridad.
7. Exija a todos los empleados que lean el manual de seguridad apropiado. Exija a los estudiantes que lean las reglas de la institución para seguridad en el laboratorio. Haga que ambos grupos firmen una declaración de que así lo han hecho, de que entienden su contenido y que están de acuerdo en seguir esos procedimientos y prácticas. Mantenga estas declaraciones en los archivos del departamento.
8. Realice inspecciones periódicas del laboratorio, sin previo aviso, para identificar y corregir las condiciones peligrosas y las prácticas inseguras. Involucre a los empleados y/o los estudiantes en inspecciones simuladas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
9. Haga que el aprendizaje de cómo actuar con seguridad sea parte integral e importante de la educación en las ciencias, de su trabajo y de su vida.
10. Programe juntas regulares de seguridad en el departamento con todos los estudiantes y empleados, para discutir los resultados de las inspecciones y los aspectos de seguridad del laboratorio.
11. Cuando realice experimentos de alto riesgo o potencialmente riesgosos, hágase estas preguntas:
 - ¿Cuáles son los riesgos?
 - ¿Cuáles son las posibles cosas que pueden salir mal?
 - ¿Cómo las voy a manejar?
 - ¿Cuáles son las prácticas prudentes, los dispositivos de protección y los equipos necesarios para minimizar el riesgo de exposición a estos riesgos?
12. Exija que se reporten todos los accidentes. Estos (incidentes), deben ser evaluados por el comité de seguridad del departamento, y que se discutan en las juntas de seguridad.
13. Exija que en toda discusión antes de iniciar un experimento se consideren los aspectos de salud y seguridad.
14. No permita que se dejen corriendo experimentos sin atención, a menos que sean a prueba de fallas.

15. Prohíba el trabajo solitario en cualquier laboratorio y el trabajo sin el conocimiento previo de un miembro del equipo de trabajo.
16. Amplíe el programa de seguridad más allá del laboratorio, al automóvil y al hogar.
17. Permita solo cantidades mínimas de líquidos inflamables en cada laboratorio.
18. Prohíba fumar, comer y beber en el laboratorio.
19. No permita que se almacene comida en los refrigeradores de sustancias químicas.
20. Desarrolle planes y conduzca simulacros de respuesta a emergencias, tales como incendio, explosión, intoxicación, derrame de sustancias químicas o desprendimiento de vapores, descargas eléctricas, hemorragias y contaminación del personal.
21. Exija prácticas de orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
22. Publique los números telefónicos del departamento de bomberos, de la policía y de las ambulancias locales, ya sea cerca o encima de cada teléfono.
23. Almacene los ácidos y las bases por separado. Almacene los combustibles y los oxidantes por separado.
24. Mantenga un sistema de control de sustancias químicas para evitar su compra en cantidades innecesarias.
25. Utilice letreros de advertencia para señalar riesgos particulares.
26. Desarrolle prácticas de trabajo específicas para ciertos experimentos, tales como los que deben realizarse solo en campanas ventiladas o que involucren sustancias particularmente peligrosas. Siempre que sea posible, los experimentos más riesgosos deben realizarse en una campana.

Pasos que requieren gastos moderados

27. Asigne una parte del presupuesto del departamento a la seguridad.
28. Requiera el uso de protección apropiada de los ojos, en todo momento, en los laboratorios y en las áreas donde se transporten sustancias químicas.
29. Proporcione la cantidad adecuada de equipo de protección personal, tal como lentes de seguridad, goggles, máscaras, guantes, batas y mamparas para las mesas de trabajo.
30. Proporcione extintores de fuego, regaderas de emergencia, estaciones lava-ojos, botiquines de primeros auxilios, cobertores para casos de incendio y campanas para humos en cada laboratorio y revíselas o pruébelas mensualmente.
31. Proporcione guardas en todas las bombas de vacío y asegure todos los cilindros de gases comprimidos.
32. Proporcione una cantidad apropiada de equipo de primeros auxilios y las instrucciones para su uso adecuado.
33. Proporcione gabinetes a prueba de fuego para el almacenamiento de sustancias inflamables.
34. Mantenga una biblioteca de seguridad del departamento:
 - “Safety in School Science Labs”, Clair Wood, 1994, Kaufman & Associates, 101 Oak Street, Wellesley, MA 02482
 - “The Laboratory Safety Pocket Guide”, 1996, Genium Publisher, One Genium Plaza, Schenectady, NY
 - “Safety in Academic Chemistry Laboratories”, ACS, 1155 Sixteenth Street NW, Washington, DC 20036
 - “Manual of Safety and Health Hazards in The School Science Laboratory”, “Safety in the School Science Laboratory”, “School Science Laboratories: A guide to Some Hazardous Substances” Council of State Science Supervisors (disponible solo a través de LSI)

- "Handbook of Laboratory Safety", 4th Edition, CRC Press, 2000 Corporate Boulevard NW, Boca Raton, FL 33431
- "Fire Protection Guide on Hazardous Materials", National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA 02269
- "Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Hazardous Chemicals", 2nd Edition, 1995
- "Biosafety in the Laboratory", National Academy Press, 2101 Constitution Avenue, NW, Washington, DC 20418
- "Learning By Accident", Volumes 1-3, 1997-2000, The Laboratory Safety Institute, Natick, MA 01760

(Todos estos libros están disponibles a través de The Laboratory Safety Institute.)

35. Retire todas las conexiones eléctricas del interior de los refrigeradores de sustancias químicas y exija cerraduras magnéticas.
36. Exija conectores con clavijas de tierra en todos los equipos eléctricos, e instale interruptores de circuitos por falla de tierra donde sea necesario.
37. Etiquete todas las sustancias químicas para indicar el nombre del material, la naturaleza y el grado de peligro, las precauciones apropiadas y el nombre de la persona responsable del recipiente.
38. Desarrolle un programa para fechar las sustancias químicas almacenadas, y para re-certificarlas o desecharlas después de los períodos de almacenamiento máximo predeterminados.
39. Desarrolle un sistema para la disposición legal, segura y ecológicamente aceptable de los residuos químicos.
40. Proporcione almacenamiento seguro de sustancias químicas, en espacios adecuados y bien ventilados.



Uso de los criterios de evaluación en la evaluación interna

Para la evaluación interna, se ha establecido una serie de criterios de evaluación. Cada criterio cuenta con cierto número de descriptores; cada uno describe un nivel de logro específico y equivale a un determinado rango de puntos. Los descriptores se centran en aspectos positivos aunque, en los niveles más bajos, la descripción puede mencionar la falta de logros..

Los profesores deben valorar el trabajo de evaluación interna del NM y del NS con relación a los criterios, utilizando los descriptores de nivel. Se utilizan los mismos criterios para el NM y el NS.

- El propósito es encontrar, para cada criterio, el descriptor que exprese de la forma más adecuada el nivel de logro alcanzado por el alumno. Esto implica que, cuando un trabajo demuestre niveles de logro distintos para los diferentes aspectos de un criterio, será necesario compensar dichos niveles. La puntuación asignada debe ser aquella que refleje más justamente el logro general de los aspectos del criterio. No es necesario cumplir todos los aspectos de un descriptor de nivel para obtener dicha puntuación.
- Al evaluar el trabajo de un alumno, los profesores deben leer los descriptores de cada criterio hasta llegar al descriptor que describa de manera más apropiada el nivel del trabajo que se está evaluando. Si un trabajo parece estar entre dos descriptores, se deben leer de nuevo ambos descriptores y elegir el que mejor describa el trabajo del alumno.
- En los casos en que un mismo descriptor de nivel comprenda dos o más puntuaciones, los profesores deben conceder las puntuaciones más altas si el trabajo del alumno demuestra en gran medida las cualidades descritas; el trabajo puede estar cerca de alcanzar las puntuaciones del descriptor de nivel superior. Los profesores deben conceder las puntuaciones más bajas si el trabajo del alumno demuestra en menor medida las cualidades descritas; el trabajo puede estar cerca de alcanzar las puntuaciones del descriptor de nivel inferior.
- Solamente deben utilizarse números enteros y no notas parciales, como fracciones o decimales.
- Los profesores no deben pensar en términos de aprobado o no aprobado, sino que deben concentrarse en identificar el descriptor apropiado para cada criterio de evaluación.
- Los descriptores de nivel más altos no implican un trabajo perfecto: están al alcance de los alumnos. Los profesores no deben dudar en conceder los niveles extremos si corresponden a descriptores apropiados del trabajo que se está evaluando.
- Un alumno que alcance un nivel de logro alto en un criterio no necesariamente alcanzará niveles altos en los demás criterios. Igualmente, un alumno que alcance un nivel de logro bajo en un criterio no necesariamente alcanzará niveles bajos en los demás criterios. Los profesores no deben suponer que la evaluación general de los alumnos debe dar como resultado una distribución determinada de puntuaciones.
- Se recomienda que los alumnos tengan acceso a los criterios de evaluación.

Actividades prácticas y evaluación interna

Generalidades

Los requisitos de evaluación interna son los mismos para Biología, Química y Física. La evaluación interna, que representa el 20% de la evaluación final, consiste en una investigación científica. La investigación individual debe cubrir un tema que sea acorde con el nivel del programa de estudios.

Los trabajos de los alumnos los evalúa el profesor internamente y los modera el IB externamente. La evaluación interna se realiza aplicando criterios de evaluación que son comunes a NM y NS, y su puntuación máxima total son 24 puntos.

Nota: Toda investigación que se utilice para evaluar a los alumnos deberá diseñarse específicamente para que se corresponda con los criterios de evaluación.

La tarea de evaluación interna será una investigación científica de unas 10 horas de duración, y el informe debe ocupar aproximadamente entre 6 y 12 páginas. Las investigaciones que superen esta extensión se penalizarán en el criterio "Comunicación" por no ser concisas.

La investigación práctica, con criterios genéricos, permitirá una amplia variedad de actividades prácticas que satisfagan las diversas necesidades de Biología, Química y Física. La investigación aborda adecuadamente muchos de los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje. Para obtener más información, consulte la sección "Enfoques de la enseñanza y el aprendizaje de Física".

El trabajo que se cree deberá ser complejo y acorde con el nivel del programa de estudios. Además, deberá tener una pregunta de investigación dirigida hacia un fin determinado y su correspondiente fundamentación científica. Los trabajos evaluados que se presenten como ejemplo en el material de ayuda al profesor demostrarán que la evaluación será rigurosa y del mismo nivel que la realizada en los cursos anteriores.

Algunas posibles tareas son:

- Una investigación práctica de laboratorio
- Utilizar una hoja de cálculo para análisis y creación de modelos
- Extraer información de una base de datos y analizarla de manera gráfica
- Realizar trabajos híbridos de hoja de cálculo o base de datos con una investigación práctica tradicional
- Utilizar una simulación, siempre que sea interactiva y abierta
- Algunas tareas pueden consistir en trabajo cualitativo pertinente y adecuado, combinado con trabajo cuantitativo

Entre las posibles tareas se incluyen investigaciones prácticas tradicionales, como en el curso anterior. El grado de profundidad que se requiere en el tratamiento de las investigaciones prácticas sigue siendo el mismo que en la anterior evaluación interna y se mostrará en detalle en el material de ayuda al profesor. Además, en las pruebas escritas se evaluarán detalladamente aspectos específicos de las actividades prácticas, tal como se indica en los correspondientes temas en la sección "Contenido del programa de estudios" de la guía.

La tarea tendrá los mismos criterios de evaluación para el NM y el NS. Los cinco criterios de evaluación son "Compromiso personal", "Exploración", "Análisis", "Evaluación" y "Comunicación".

Descripción detallada de la evaluación interna

Componente de evaluación interna

Duración: 10 horas

Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 20%

- Investigación individual
- Esta investigación cubre los objetivos de evaluación 1, 2, 3 y 4.

Criterios de evaluación interna

El nuevo modelo de evaluación utiliza cinco criterios para evaluar el informe final de la investigación individual con las siguientes puntuaciones y porcentajes:

Compromiso personal	Exploración	Análisis	Evaluación	Comunicación	Total
2 (8%)	6 (25%)	6 (25%)	6 (25%)	4 (17%)	24 (100%)

Los niveles de desempeño se describen mediante el uso de varios indicadores por nivel. En muchos casos, los indicadores se presentan simultáneamente en un nivel específico, pero no siempre. Además, no siempre aparecen todos los indicadores. Esto significa que un alumno puede demostrar desempeños que se corresponden con distintos niveles. Para adaptarse a esta realidad, los modelos de evaluación del IB utilizan bandas de calificación. A la hora de decidir qué nota otorgar en un criterio determinado, tanto examinadores como profesores deben encontrar el descriptor que exprese de la forma más adecuada el nivel de logro alcanzado por el alumno.

Los profesores deben leer la orientación acerca del uso de bandas de calificación que se da en la sección “Uso de los criterios de evaluación en la evaluación interna” antes de empezar a corregir. También es esencial conocer a fondo la corrección de los ejemplos que figuran en el material de ayuda al profesor. El significado concreto de los términos de instrucción que se utilizan en los criterios se puede encontrar en el glosario de las guías de cada asignatura.

Compromiso personal

Este criterio evalúa la medida en que el alumno se compromete con la exploración y la hace propia. El compromiso personal se puede reconocer en distintos atributos y habilidades, como abordar intereses personales o mostrar pruebas de pensamiento independiente, creatividad o iniciativa en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación.

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1	<p>Las pruebas que demuestran el compromiso personal con la exploración son limitadas, con poco pensamiento independiente, poca iniciativa o poca creatividad.</p> <p>La justificación aportada para elegir la pregunta de investigación y/o el tema que se investiga no demuestra interés, curiosidad o importancia de índole personal.</p> <p>Hay pocas pruebas que demuestren una iniciativa y un aporte de índole personal en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación.</p>

2	<p>Las pruebas que demuestran el compromiso personal con la exploración son claras, con un grado significativo de pensamiento independiente, iniciativa o creatividad.</p> <p>La justificación aportada para elegir la pregunta de investigación y/o el tema que se investiga demuestra interés, curiosidad o importancia de índole personal.</p> <p>Hay pruebas que demuestran una iniciativa y un aporte de índole personal en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación.</p>
---	---

Exploración

Este criterio evalúa en qué medida el alumno establece el contexto científico del trabajo, plantea una pregunta de investigación clara y bien centrada, y utiliza conceptos y técnicas adecuados al nivel del Programa del Diploma. Cuando corresponde, este criterio también evalúa la conciencia sobre consideraciones de seguridad, ambientales y éticas.

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1–2	<p>Se identifica el tema de la investigación y se plantea una pregunta de investigación de cierta pertinencia, pero la pregunta no está bien centrada.</p> <p>La información de referencia que se proporciona para la investigación es superficial o de pertinencia limitada, y no ayuda a comprender el contexto de la investigación.</p> <p>La metodología de la investigación solo es adecuada para abordar la pregunta de investigación de manera muy limitada, ya que considera unos pocos factores importantes que pueden influir en la pertinencia, fiabilidad y suficiencia de los datos obtenidos.</p> <p>El informe muestra pruebas de una conciencia limitada acerca de las importantes cuestiones de seguridad, éticas o ambientales que son pertinentes para la metodología de la investigación*.</p>
3–4	<p>Se identifica el tema de la investigación y se describe una pregunta de investigación pertinente, pero la pregunta no está totalmente bien centrada.</p> <p>La información de referencia que se proporciona para la investigación es, en su mayor parte, adecuada y pertinente, y ayuda a comprender el contexto de la investigación.</p> <p>La metodología de la investigación es, en su mayor parte, adecuada para abordar la pregunta de investigación, pero tiene limitaciones, ya que considera solo algunos de los factores importantes que pueden influir en la pertinencia, la fiabilidad y la suficiencia de los datos obtenidos.</p> <p>El informe muestra pruebas de cierta conciencia acerca de las importantes cuestiones de seguridad, éticas o ambientales que son pertinentes para la metodología de la investigación*.</p>
5–6	<p>Se identifica el tema de la investigación y se describe con claridad una pregunta de investigación pertinente y totalmente bien centrada.</p> <p>La información de referencia que se proporciona para la investigación es totalmente adecuada y pertinente, y mejora la comprensión del contexto de la investigación.</p> <p>La metodología de la investigación es muy adecuada para abordar la pregunta de investigación porque considera todos, o casi todos, los factores importantes que pueden influir en la pertinencia, la fiabilidad y la suficiencia de los datos obtenidos.</p> <p>El informe muestra pruebas de una completa conciencia acerca de las importantes cuestiones de seguridad, éticas o ambientales que son pertinentes para la metodología de la investigación*.</p>

*Este indicador debe aplicarse solo cuando sea pertinente para la investigación. Véanse ejemplos en el material de ayuda al profesor.

Análisis

Este criterio evalúa en qué medida el informe del alumno aporta pruebas de que este ha seleccionado, registrado, procesado e **interpretado** los datos de maneras que sean pertinentes para la pregunta de investigación y que puedan respaldar una conclusión.

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	<p>El informe no incluye suficientes datos brutos pertinentes como para respaldar una conclusión válida para la pregunta de investigación.</p> <p>Se realiza cierto procesamiento básico de datos, pero es demasiado impreciso o demasiado insuficiente como para llevar a una conclusión válida.</p> <p>El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis apenas se toma en consideración.</p> <p>Los datos procesados se interpretan de manera incorrecta o insuficiente, de tal forma que la conclusión no es válida o es muy incompleta.</p>
3-4	<p>El informe incluye datos brutos cuantitativos y cualitativos pertinentes pero incompletos que podrían respaldar una conclusión simple o parcialmente válida con respecto a la pregunta de investigación.</p> <p>Se realiza un procesamiento adecuado y suficiente de datos que podría llevar a una conclusión válida a grandes rasgos, pero hay importantes imprecisiones e incoherencias en el procesamiento.</p> <p>El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis se toma en consideración de manera limitada.</p> <p>Los datos procesados se interpretan de tal forma que se puede deducir una conclusión válida a grandes rasgos, pero incompleta o limitada, con respecto a la pregunta de investigación.</p>
5-6	<p>El informe incluye suficientes datos brutos cuantitativos y cualitativos pertinentes que podrían respaldar una conclusión detallada y válida en relación con la pregunta de investigación.</p> <p>Se realiza un procesamiento adecuado y suficiente de datos con la precisión necesaria como para permitir extraer una conclusión con respecto a la pregunta de investigación que sea completamente coherente con los datos experimentales.</p> <p>El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis se toma en consideración de manera completa y adecuada.</p> <p>Los datos procesados se interpretan correctamente, de tal forma que se puede deducir una conclusión completamente válida y detallada de la pregunta de investigación.</p>

Evaluación

Este criterio evalúa en qué medida el informe del alumno aporta pruebas de que este ha evaluado la investigación y los resultados con respecto a la pregunta de investigación y al contexto científico aceptado.

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1–2	<p>Se resume una conclusión que no es pertinente para la pregunta de investigación o que no cuenta con el respaldo de los datos que se presentan.</p> <p>La conclusión hace una comparación superficial con el contexto científico aceptado.</p> <p>Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se resumen pero se limitan a exponer las cuestiones prácticas o de procedimiento a las que el alumno se ha enfrentado.</p> <p>El alumno ha resumido muy pocas sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación.</p>
3–4	<p>Se describe una conclusión que es pertinente para la pregunta de investigación y que cuenta con el respaldo de los datos que se presentan.</p> <p>Se describe una conclusión que realiza cierta comparación pertinente con el contexto científico aceptado.</p> <p>Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se describen y demuestran cierta conciencia de las cuestiones metodológicas* implicadas en el establecimiento de la conclusión.</p> <p>El alumno ha descrito algunas sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación.</p>
5–6	<p>Se describe y se justifica una conclusión detallada que es totalmente pertinente para la pregunta de investigación y que cuenta con el respaldo absoluto de los datos que se presentan.</p> <p>Se describe y se justifica correctamente una conclusión mediante una comparación pertinente con el contexto científico aceptado.</p> <p>Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se discuten y demuestran una clara comprensión de las cuestiones metodológicas* implicadas en el establecimiento de la conclusión.</p> <p>El alumno ha discutido sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación.</p>

*Para obtener aclaraciones, véanse los ejemplos disponibles en el material de ayuda al profesor.

Comunicación

Este criterio evalúa si la presentación de la investigación y su informe contribuyen a comunicar de manera eficaz el objetivo, el proceso y los resultados.

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.

Puntos	Descriptor
1-2	<p>La presentación de la investigación es poco clara, lo cual dificulta comprender el objetivo, el proceso y los resultados.</p> <p>El informe es poco claro y no está bien estructurado: la información necesaria acerca del objetivo, el proceso y los resultados es inexistente o se presenta de manera incoherente o desorganizada.</p> <p>La presencia de información inadecuada o no pertinente dificulta la comprensión del objetivo, el proceso y los resultados de la investigación.</p> <p>Hay muchos errores en el uso de convenciones y terminología específicas de la asignatura*.</p>
3-4	<p>La presentación de la investigación es clara. Los errores que pueda haber no obstaculizan la comprensión del objetivo, el proceso y los resultados.</p> <p>El informe es claro y está bien estructurado: la información necesaria acerca del objetivo, el proceso y los resultados se presenta de manera coherente.</p> <p>El informe es pertinente y conciso, lo cual facilita una rápida comprensión del objetivo, el proceso y los resultados de la investigación.</p> <p>El uso de convenciones y terminología específicas de la asignatura es adecuado y correcto. Los errores que pueda haber no obstaculizan la comprensión.</p>

*Por ejemplo, no rotular (o rotular de manera incorrecta) gráficos, tablas o imágenes; uso incorrecto de unidades; uso incorrecto de decimales. Para cuestiones relacionadas con la citación de referencias, consulte la sección "Probidad académica".

Propósitos de las actividades prácticas

Aunque los requisitos de evaluación interna se centran en la investigación, los distintos tipos de actividades prácticas que un alumno puede realizar sirven también para otros propósitos, tales como:

- Ejemplificar, enseñar y reforzar los conceptos teóricos
- Aprender el carácter esencialmente práctico del trabajo científico
- Aprender el uso que los científicos hacen de datos secundarios obtenidos de bases de datos
- Aprender el uso que los científicos hacen de la creación de modelos
- Aprender las ventajas y limitaciones de la metodología científica

Plan de trabajos prácticos

El plan de trabajos prácticos es el programa práctico planificado por el profesor. Su propósito es resumir todas las actividades de investigación que lleva a cabo el alumno. Algunos de los trabajos realizados por los alumnos en el NM y el NS de una misma asignatura pueden ser iguales.

Cobertura del programa de estudios

La gama de actividades prácticas llevadas a cabo deberá reflejar la amplitud y profundidad del programa de la asignatura en cada nivel, pero no es necesario realizar una actividad para cada uno de los temas del programa. Sin embargo, todos los alumnos deben participar en el proyecto del Grupo 4 y en la investigación para la evaluación interna.

Organización del plan de trabajos prácticos

Los profesores tienen libertad para diseñar sus propios planes de trabajos prácticos, de acuerdo con determinados requisitos. La elección se debe basar en:

- Las asignaturas, niveles y opciones que se enseñan
- Las necesidades de los alumnos
- Los recursos disponibles
- Los estilos de enseñanza

Cada plan debe incluir algunos experimentos complejos que requieran un mayor esfuerzo conceptual por parte de los alumnos. Un plan de trabajo compuesto totalmente por experimentos sencillos, como marcar casillas o ejercicios de completar tablas, no constituye una experiencia suficientemente amplia para los alumnos.

Se alienta a los profesores a que usen el Centro pedagógico en línea (CPEL) para que, a través de los foros de debate, intercambien ideas acerca de posibles trabajos y añadan materiales en las páginas de las asignaturas.

Flexibilidad

El programa de trabajos prácticos es lo suficientemente flexible como para permitir que se lleve a cabo una amplia gama de actividades prácticas. Algunos ejemplos podrían ser:

- Prácticas breves de laboratorio, o proyectos que se extiendan a lo largo de varias semanas
- Simulaciones por computador
- Uso de bases de datos para datos secundarios
- Desarrollo y uso de modelos
- Ejercicios de recopilación de datos, como cuestionarios, pruebas con usuarios y encuestas
- Ejercicios de análisis de datos
- Trabajo de campo

Documentación de las actividades prácticas

La información sobre el plan de trabajos prácticos se registra en el formulario 4/PSOW, disponible en el *Manual de procedimientos del Programa del Diploma*. Junto con las muestras que se envíen para moderación, deberá incluirse el formulario 4/PSOW de la clase. Para cada curso que sea exclusivamente de NM o NS se requiere un formulario 4/PSOW solamente; sin embargo, para un curso combinado de NM y NS se requieren formularios 4/PSOW por separado para cada nivel.

Tiempo asignado a las actividades prácticas

Las horas lectivas recomendadas para el conjunto de los cursos del Programa del Diploma son 150 en el NM y 240 en el NS. Los alumnos deben dedicar a las actividades prácticas 40 horas en el NM y 60 horas en el NS (sin incluir el tiempo de redacción del trabajo). Este tiempo incluye 10 horas para el proyecto del Grupo 4 y 10 horas para la investigación de la evaluación interna. Si se ha continuado investigando después del vencimiento del plazo para el envío de trabajos al moderador, solamente podrán considerarse 2 o 3 horas de investigación extra en el total de horas del plan de trabajos prácticos.

Proyecto del Grupo 4

El proyecto del Grupo 4 es una actividad interdisciplinaria en la que deben participar todos los alumnos de Ciencias del Programa del Diploma. Se pretende que los alumnos de las diferentes asignaturas del Grupo 4 analicen un tema o problema común. El ejercicio debe ser una experiencia de colaboración en la que se destaquen preferentemente los procesos que comprende la **actividad** más que los **productos** de esta.

En la mayoría de los casos, los alumnos de un colegio participarán en la investigación del mismo tema. En aquellos casos en los que existe un gran número de alumnos, es posible dividirlos en grupos más pequeños en los que estén representadas cada una de las asignaturas de Ciencias. Los grupos pueden investigar el mismo tema, o temas distintos; es decir, pueden existir varios proyectos del Grupo 4 en el mismo colegio.

Los alumnos que estudien Sistemas Ambientales y Sociedades no tienen el requisito de realizar el proyecto del Grupo 4.

Proyecto del Grupo 4: resumen

El proyecto del Grupo 4 es una actividad cooperativa en la que alumnos de diferentes asignaturas del Grupo 4 trabajan juntos en un tema científico o tecnológico, y que permite el intercambio de conceptos y percepciones de las diferentes disciplinas, de conformidad con el objetivo general 10: "Desarrollar la comprensión de las relaciones entre las distintas disciplinas científicas y su influencia sobre otras áreas de conocimiento". El proyecto puede ser de naturaleza práctica o teórica. Se alienta la colaboración entre colegios de regiones diferentes.

El proyecto del Grupo 4 permite a los alumnos valorar las implicaciones ambientales, sociales y éticas de la ciencia y la tecnología. Permite además comprender las limitaciones del estudio científico, por ejemplo, la escasez de datos adecuados y/o la falta de recursos. El énfasis debe recaer sobre la cooperación interdisciplinaria y los procesos implicados en la investigación más que en los productos de la investigación misma.

Puede elegirse libremente un tema científico o tecnológico, pero el proyecto debe abordar claramente los objetivos generales 7, 8 y 10 de las guías de las asignaturas del Grupo 4.

Lo ideal es que en todas las etapas del proyecto los alumnos colaboren con compañeros de otras asignaturas del Grupo 4. No es necesario para ello que el tema elegido esté integrado por componentes claramente identificables correspondientes a asignaturas diferentes. No obstante, por motivos logísticos, algunos colegios pueden optar por dedicar fases de "acción" diferentes para cada asignatura (véase la sección "Etapas del proyecto", a continuación).

Etapas del proyecto

Las 10 horas asignadas al proyecto del Grupo 4, que forman parte de las horas lectivas dedicadas al desarrollo del plan de trabajos prácticos, se pueden dividir en tres etapas: planificación, acción y evaluación de resultados.

Planificación

Esta etapa es crucial para todo el proyecto y deberá tener una duración de unas dos horas.

- Puede desarrollarse en una sesión única o en dos o tres más cortas.
- Debe incluir una sesión de lluvia de ideas (*brainstorming*), en la que participen todos los alumnos del Grupo 4, se discuta el tema central y se compartan ideas e información.
- El tema puede ser elegido por los alumnos o por los profesores.
- Si participa un gran número de alumnos, puede ser recomendable que se constituya más de un grupo interdisciplinario.

Una vez que el tema o asunto haya sido seleccionado, se deben definir con claridad las actividades que se llevarán a cabo antes de pasar a las etapas de acción y evaluación de resultados.

Una estrategia puede ser que los alumnos definan por sí mismos las tareas que emprenderán, individualmente o como miembros de los grupos, e investiguen los diversos aspectos que plantea el tema seleccionado. En esta etapa, si el proyecto va a ser de tipo experimental, debe especificarse el equipo que se utilizará, de modo que la etapa de acción no se retrase. En el caso de haber concertado un proyecto conjunto con otros colegios, el contacto con estos es importante en esta etapa.

Acción

Esta etapa debe durar unas seis horas y puede llevarse a cabo a lo largo de una o dos semanas dentro del tiempo de clase programado. También se puede realizar en un solo día de clase completo si, por ejemplo, el proyecto requiere trabajo de campo.

- Los alumnos deben investigar el tema en grupos interdisciplinarios o en grupos de una sola asignatura.
- Debe haber colaboración durante la etapa de acción: los resultados de la investigación se deben compartir con los otros alumnos que forman parte del grupo, ya sea interdisciplinario o de una sola asignatura. Durante esta etapa, es importante prestar atención a las cuestiones de seguridad, éticas y ambientales en cualquier actividad de tipo práctico.

Nota: Los alumnos que cursen dos asignaturas del Grupo 4 no están obligados a realizar dos fases de acción diferentes.

Evaluación de resultados

Durante esta etapa, para la que se necesitarán probablemente dos horas, el énfasis debe recaer en que los alumnos compartan con sus compañeros los resultados de la investigación, tanto los éxitos como los fracasos. La forma de alcanzar este objetivo puede ser decidida por el profesor o los alumnos, o bien en forma conjunta.

- Una de las soluciones posibles puede ser dedicar una mañana o una tarde a un simposio en el que todos los alumnos, de forma individual o en grupo, realicen breves exposiciones.
- Otra opción puede ser la presentación de los resultados de manera más informal, en una feria de ciencias en la que los alumnos observen diversos paneles en los que se expongan resúmenes de las actividades de cada grupo.

Al simposio o la feria de ciencias podrían asistir los padres, miembros del consejo escolar y representantes de los medios de comunicación. Este hecho puede ser especialmente pertinente cuando la investigación se refiere a un asunto de importancia local. Algunos de los hallazgos podrían repercutir en la interacción entre el colegio y su entorno o la comunidad local.

Cumplimiento de los objetivos generales 7 y 8

Objetivo general 7: “Desarrollar las habilidades de comunicación del siglo XXI para aplicarlas al estudio de la ciencia”.

El objetivo general 7 se puede abordar en parte en la etapa de planificación, mediante el uso de medios electrónicos para la comunicación en los colegios y entre colegios. Las tecnologías (por ejemplo, registro de datos, hojas de cálculo, bases de datos, etc.) podrían utilizarse en la fase de acción y, sin duda, en la etapa de presentación y evaluación de resultados (por ejemplo, uso de imágenes digitales, programas para presentaciones, sitios web, video digital, etc.).

Objetivo general 8: “Tomar conciencia crítica, como ciudadanos del mundo, de las implicaciones éticas del uso de la ciencia y la tecnología”.

Cumplimiento del objetivo de dimensión internacional

La elección del tema también ofrece posibilidades de ilustrar el carácter internacional de las actividades científicas y la necesidad de una cooperación cada vez mayor para abordar cuestiones de repercusión mundial en las que intervienen la ciencia y la tecnología. Otra forma de aportar una dimensión internacional al proyecto es colaborar con un colegio de otra región.

Tipos de proyectos

El proyecto, además de abordar los objetivos generales 7, 8 y 10, debe basarse en la ciencia o en sus aplicaciones. La fase de acción del proyecto puede ser de tipo práctica o abordar aspectos puramente teóricos. Puede realizarse de muy diversas formas:

- Diseñando y realizando un trabajo práctico de laboratorio o de campo
- Realizando un estudio comparativo (experimental o de otro tipo) en colaboración con otro colegio
- Compilando, procesando y analizando datos de otras fuentes, como publicaciones científicas, organizaciones ambientales, industrias del ámbito científico y tecnológico e informes gubernamentales
- Diseñando y utilizando un modelo o simulación
- Contribuyendo a un proyecto a largo plazo organizado por el colegio

Estrategias logísticas

La organización logística del proyecto del Grupo 4 supone con frecuencia un reto para los colegios. Los modelos siguientes ilustran posibles formas de ejecución del proyecto.

Los modelos A, B y C se refieren a proyectos realizados en un único colegio, mientras que el modelo D se refiere a un proyecto de colaboración entre colegios.

Modelo A: grupos interdisciplinarios y un único tema

Los colegios pueden formar grupos de varias asignaturas y elegir un único tema. El número de grupos dependerá del número de alumnos.

Modelo B: grupos interdisciplinarios con más de un tema

Los colegios con un gran número de alumnos pueden decidir trabajar en más de un tema.

Modelo C: grupos de una sola asignatura

Por motivos de logística, es posible que algunos colegios elijan el modelo de grupos de una sola asignatura, con uno o más temas en la fase de acción. Este modelo es el menos recomendable, ya que no muestra la colaboración entre distintas materias en la que participan muchos científicos.

Modelo D: colaboración con otro colegio

Cualquier colegio puede optar por el modelo de colaboración. Para ello, el IB incluirá en el CPEL un foro de colaboración en el que los colegios puedan publicar sus ideas de proyectos e invitar a otro colegio a que colabore con ellos. La colaboración puede realizarse de diversos modos, desde únicamente compartir la evaluación de los resultados de un tema común a la colaboración plena en todas las etapas.

Los colegios con algunos pocos alumnos que solo estudian determinados cursos del Programa del Diploma pueden incorporar al proyecto alumnos no inscritos en el Programa del Diploma o no pertenecientes al Grupo 4, o bien realizar el proyecto una vez cada dos años. No obstante, se alienta a estos colegios a que colaboren con otro colegio. Esta estrategia se recomienda también para casos individuales de alumnos que no hayan participado en el proyecto ya sea, por ejemplo, por enfermedad o porque han sido transferidos a otro colegio en el que el proyecto ya se había realizado.

Distribución del tiempo

Las 10 horas de dedicación al proyecto que recomienda el IB pueden estar distribuidas a lo largo de varias semanas. Es necesario tener en cuenta la distribución de dichas horas al decidir el momento óptimo para llevarlo a cabo. Sin embargo, es posible que un grupo se dedique exclusivamente al proyecto durante un período de tiempo, si se suspenden todas o la mayoría de las demás actividades escolares.

Año 1

En el primer año, es posible que la experiencia y las habilidades de los alumnos sean limitadas y no sea aconsejable comenzar el proyecto en este curso. Sin embargo, realizarlo en la parte final del primer año puede tener la ventaja de reducir la carga de trabajo que tienen más tarde los alumnos. Esta estrategia proporciona tiempo para resolver problemas imprevistos.

Años 1 y 2

Al final del primer año podría comenzar la etapa de planificación, decidirse el tema y realizarse una discusión provisional en cada una de las asignaturas. Los alumnos podrían aprovechar el período de vacaciones subsiguiente para pensar cómo van a abordar el trabajo y estarían listos para comenzar el trabajo experimental al principio del segundo año.

Año 2

Retrasar el comienzo del proyecto hasta algún momento del segundo año, especialmente si se deja hasta demasiado tarde, aumenta la presión sobre los alumnos de diversas formas: el plazo para la realización del proyecto es mucho más ajustado que en los demás casos; la enfermedad de algún alumno o problemas inesperados pueden crear dificultades adicionales. No obstante, empezar en el segundo año tiene la ventaja

de que alumnos y profesores se conocen, y probablemente se han acostumbrado a trabajar en equipo y tienen más experiencia en los aspectos pertinentes que durante el primer año.

Combinación del NM y el NS

En los casos en los que el proyecto solo se realice cada dos años, puede combinarse a alumnos principiantes del NS con alumnos más experimentados del NM.

Elección del tema

Los alumnos pueden elegir el tema o proponer varios posibles; el profesor decidirá cuál es el más viable en función de la disponibilidad de recursos, de personal, etc. Otra posibilidad es que el profesor elija el tema o proponga varios para que los alumnos escojan uno.

Temas elegidos por los alumnos

Si los alumnos eligen el tema por sí mismos es más probable que demuestren un mayor entusiasmo y lo sientan como algo propio. Se resume aquí una estrategia posible para que los alumnos seleccionen un tema, la cual incluye también parte de la fase de planificación. En este momento, los profesores de la asignatura pueden aconsejar a los alumnos sobre la viabilidad de los temas propuestos.

- Identificar los posibles temas consultando a los alumnos por medio de un cuestionario o una encuesta.
- Realizar una sesión inicial de lluvia de ideas (*brainstorming*) sobre posibles temas o cuestiones para investigar.
- Discutir brevemente dos o tres temas que parezcan interesantes.
- Elegir un tema por consenso.
- Los alumnos hacen una lista de los trabajos prácticos que se podrían llevar a cabo. A continuación, todos los alumnos comentan los aspectos comunes entre los temas y las posibilidades de colaborar en sus trabajos.

Cada alumno deberá escribir una reflexión acerca de su participación en el proyecto del Grupo 4. Dicha reflexión debe incluirse en la portada de cada investigación de evaluación interna. Para obtener más información, consulte el *Manual de procedimientos del Programa del Diploma*.

Glosario de términos de instrucción

Términos de instrucción para Física

Los alumnos deberán familiarizarse con los siguientes términos y expresiones utilizados en las preguntas de examen. Los términos se deberán interpretar tal y como se describe a continuación. Aunque estos términos se usarán frecuentemente en las preguntas de examen, también podrán usarse otros términos con el fin de guiar a los alumnos para que presenten un argumento de una manera específica.

Estos términos de instrucción indican el grado de profundidad en el tratamiento de un aspecto.

Objetivo de evaluación 1

Término de instrucción	Definición
Definir	Dar el significado exacto de una palabra, frase, concepto o magnitud física.
Dibujar con precisión	Representar a lápiz por medio de un diagrama o un gráfico precisos y rotulados. Se debe utilizar la regla para las líneas rectas. Los diagramas se deben dibujar a escala. En los gráficos, cuando el caso lo requiera, los puntos deben aparecer correctamente marcados y unidos, bien por una línea recta o por una curva suave.
Enumerar	Proporcionar una lista de respuestas cortas sin ningún tipo de explicación.
Escribir	Obtener la respuesta (o respuestas), por lo general, a partir de la información que se puede extraer. Se requieren pocos cálculos o ninguno, y no es necesario mostrar los pasos que se han seguido.
Indicar	Especificar un nombre, un valor o cualquier otro tipo de respuesta corta sin aportar explicaciones ni cálculos.
Medir	Obtener el valor de una cantidad.
Rotular	Añadir rótulos o encabezamientos a un diagrama.

Objetivo de evaluación 2

Término de instrucción	Definición
Anotar	Añadir notas breves a un diagrama o gráfico.
Aplicar	Utilizar una idea, ecuación, principio, teoría o ley con relación a una cuestión o problema determinados.
Calcular	Obtener una respuesta numérica y mostrar las operaciones pertinentes.
Describir	Exponer detalladamente.
Distinguir	Indicar de forma clara las diferencias entre dos o más conceptos o elementos.
Estimar	Obtener un valor aproximado.
Formular	Expresar los conceptos o argumentos pertinentes con claridad y de forma sistemática.
Identificar	Dar una respuesta entre un número de posibilidades.
Resumir	Exponer brevemente o a grandes rasgos.
Situar	Marcar la posición de puntos en un diagrama.

Objetivo de evaluación 3

Término de instrucción	Definición
A partir de lo anterior	Utilizar los resultados obtenidos anteriormente para responder a la pregunta.
A partir de lo anterior o de cualquier otro modo	La expresión sugiere que se utilicen los resultados obtenidos anteriormente, pero también pueden considerarse válidos otros métodos.
Analizar	Separar [las partes de un todo] hasta llegar a identificar los elementos esenciales o la estructura.
Comentar	Emitir un juicio basado en un enunciado determinado o en el resultado de un cálculo.
Comparar	Exponer las semejanzas entre dos (o más) elementos o situaciones refiriéndose constantemente a ambos (o a todos).
Comparar y contrastar	Exponer las semejanzas y diferencias entre dos (o más) elementos o situaciones refiriéndose constantemente a ambos (o a todos).
Deducir	Establecer una conclusión a partir de la información suministrada.
Demostrar	Aclarar mediante razonamientos o datos, ilustrando con ejemplos o aplicaciones prácticas.
Derivar	Manipular una relación matemática para obtener una nueva ecuación o relación.

Determinar	Obtener la única respuesta posible.
Dibujar aproximadamente	Representar por medio de un diagrama o gráfico (rotulados si fuese necesario). El esquema deberá dar una idea general de la figura o relación que se pide y deberá incluir las características pertinentes.
Discutir	Presentar una crítica equilibrada y bien fundamentada que incluye una serie de argumentos, factores o hipótesis. Las opiniones o conclusiones deberán presentarse de forma clara y justificarse mediante pruebas adecuadas.
Diseñar	Idear un plan, una simulación o un modelo.
Elaborar	Mostrar información de forma lógica o con un gráfico.
Evaluar	Realizar una valoración de los puntos fuertes y débiles.
Explicar	Exponer detalladamente las razones o causas de algo.
Justificar	Proporcionar razones o pruebas válidas que respalden una respuesta o conclusión.
Mostrar	Indicar los pasos realizados en un cálculo o deducción.
Mostrar que	Obtener el resultado requerido (posiblemente, utilizando la información dada) sin necesidad de una prueba. En este tipo de preguntas, por lo general, no es necesario el uso de la calculadora.
Predecir	Dar un resultado esperado.
Resolver	Obtener la respuesta por medio de métodos algebraicos, numéricos o gráficos.
Sugerir	Proponer una solución, una hipótesis u otra posible respuesta.

Bibliografía

Esta bibliografía contiene las principales obras consultadas durante el proceso de revisión del currículo. No es una lista exhaustiva ni incluye toda la literatura disponible: se trata de una selección juiciosa con el fin de ofrecer una mejor orientación a los docentes. Esta bibliografía no debe verse como una lista de libros de texto recomendados.

AIKENHEAD, G. y MICHELL, H. *Bridging Cultures: Indigenous and Scientific Ways of Knowing Nature*. Toronto (Canadá): Pearson Canada, 2011.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for all Americans online*. Washington, Distrito de Columbia (EE. UU.), 1990. Disponible en línea en <<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>>.

ANDAIN, I y MURPHY, G. *Creating Lifelong Learners: Challenges for Education in the 21st Century*. Cardiff (Reino Unido): Organización del Bachillerato Internacional, 2008.

ANDERSON, L. W. et al. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Nueva York (EE. UU.). Addison Wesley Longman, Inc., 2001.

BIG HISTORY PROJECT. *Big History: An Introduction to Everything* [en línea]. 2011. <<http://www.bighistoryproject.com>>.

BRIAN ARTHUR, W. *The Nature of Technology*. Londres (Reino Unido): Penguin Books, 2009.

COLLINS, S., OSBORNE, J., RATCLIFFE, M., MILLAR, R., y DUSCHL, R. *What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the 'expert' community*. St. Louis, Missouri (EE. UU.): National Association for Research in Science Teaching (NARST), 2012.

DOUGLAS, H. *Science, Policy, and the Value-Free Ideal*. Pittsburgh (Pennsylvania, EE. UU.): University of Pittsburgh Press, 2009.

EHRlich, R. *Nine crazy ideas in science*. Princeton, Nueva Jersey (EE. UU.): Princeton University Press, 2001.

GERZON, M. *Global Citizens: How our vision of the world is outdated, and what we can do about it*. Londres (Reino Unido): Rider Books, 2010.

HATTIE, J. *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Oxon/Nueva York (EE. UU.): Routledge, 2009.

HAYDON, G. *Education, Philosophy & the Ethical Environment*. Oxon/Nueva York (EE. UU.): Routledge, 2006.

HEADRICK, D. *Technology: A World History*. Oxford (Reino Unido): Oxford University Press, 2009.

ICASE. *Innovation in Science & Technology Education: Research, Policy, Practice*. Tartu (Estonia): ICASE/UNESCO/ University of Tartu, 2010.

JEWKES, J., SAWERS, D. y STILLERMAN, R. *The Sources of Invention*. 2ª ed. Nueva York (EE. UU.): W.W. Norton & Co., 1969.

KHINE, M. S. (ed.). *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies*. Bahrein: Springer, 2012.

- KUHN, T. S. *The Structure of Scientific Revolutions*. 3ª ed. Chicago, Illinois (EE. UU.): The University of Chicago Press, 1996.
- LAWSON, B. *How Designers Think: The design process demystified*. 4ª ed. Oxford (Reino Unido): Architectural Press, 2005.
- LOYD, C. *What on Earth Happened?: The Complete Story of the Planet, Life and People from the Big Bang to the Present Day*. Londres (Reino Unido): Bloomsbury Publishing, 2012.
- MARTIN, J. *The Meaning of the 21st Century: A vital blueprint for ensuring our future*. Londres (Reino Unido): Eden Project Books, 2006.
- MASOOD, E. *Science & Islam: A History*. Londres (Reino Unido): Icon Books, 2009.
- NUFFIELD FOUNDATION. *How science works* [en línea]. Londres (Reino Unido), 2012. <<http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/how-science-works>>.
- PETTY, G. *Evidence-based Teaching: A practical approach*. 2ª ed. Cheltenham (Reino Unido): Nelson Thornes Ltd., 2009.
- PISA (Programme for International Student Assessment) [en línea]. <<http://www.oecd.org/pisa>> [Consulta: 1 de febrero de 2013].
- POPPER, K. R. *The Logic of Scientific Discovery*. 4ª ed. revisada. Londres (Reino Unido): Hutchinson, 1980.
- RHOTON, J. *Science Education Leadership: Best Practices for the New Century*. Arlington (Virginia, EE. UU.): National Science Teachers Association Press, 2010.
- ROBERTS, B. *Educating for Global Citizenship: A Practical Guide for Schools*. Cardiff (Reino Unido): Organización del Bachillerato Internacional, 2009.
- ROBERTS, R. M. *Serendipity: Accidental Discoveries in Science*. Chichester (Reino Unido): Wiley Science Editions, 1989.
- ROSE (The Relevance of Science Education) [en línea]. <<http://roseproject.no/>> [Consulta: 1 de febrero de 2013].
- SPIER, F. *Big History and the Future of Humanity*. Chichester (Reino Unido): Wiley-Blackwell, 2010.
- STOKES BROWN, C. *Big History: From the Big Bang to the Present*. Nueva York (EE. UU.): The New Press, 2007.
- SWAIN, H. (ed.). *Big Questions in Sciences*. Londres (Reino Unido): Vintage, 2002.
- THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. *Nature of Science and the Scientific Method*. Boulder, (Colorado, EE. UU.), 2012. Disponible en línea en <<http://www.geosociety.org/educate/naturescience.pdf>>.
- TIMSS (The Trends in International Mathematics and Science Study) [en línea]. <<http://timssandpirls.bc.edu>> [Consulta: 1 de febrero de 2013].
- TREFIL, J. *Why Science?* Nueva York/Arlington (EE. UU.): NSTA Press & Teachers College Press, 2008.
- TREFIL, J. y Hazen, R. M. *Sciences: An integrated Approach*. 6ª ed. Chichester (Reino Unido): Wiley, 2010.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA MUSEUM OF PALEONTOLOGY. *Understanding Science*. [en línea] <<http://www.understandingscience.org>> [Consulta: 1 de febrero de 2013] Berkeley, California (EE.UU).
- WINSTON, M. y EDELBACH, R. *Society, Ethics, and Technology*. 4ª. ed. Boston (Massachusetts, EE. UU.): Wadsworth CENGAGE Learning, 2012.