

Guía de Física

Primera evaluación: 2025

Guía de Física

Primera evaluación: 2025

Programa del Diploma

Guía de Física

Versión en español del documento publicado en febrero de 2023 con el título
Physics guide

Publicada en febrero de 2023

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 (UK) Ltd
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate
Cardiff, Gales CF23 8GL
Reino Unido
Sitio web: ibo.org/es

© Organización del Bachillerato Internacional, 2023

La Organización del Bachillerato Internacional (conocida como IB) ofrece cuatro programas educativos exigentes y de calidad a una comunidad de colegios de 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 a las personas titulares de los derechos y obtener la debida autorización antes de la publicación de todo material protegido por derechos de autor utilizado. El IB agradece las autorizaciones recibidas para utilizar los materiales incluidos en esta publicación y enmendará cualquier error u omisión lo antes posible.

El IB pretende que el español utilizado en sus publicaciones sea comprensible para la totalidad de hablantes de esta lengua y no refleje una variante particular o regional. Asimismo, en la redacción se aplica un enfoque de comunicación no sexista, que constituye una etapa intermedia dentro de la actual trayectoria global del IB respecto al acceso y la inclusión.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede reproducirse, almacenarse en un sistema de archivo y recuperación de datos ni distribuirse de forma total o parcial, de manera alguna ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del IB o sin que esté expresamente permitido en la [normativa de uso de la propiedad intelectual del IB](#).

Los artículos promocionales y las publicaciones del IB pueden adquirirse en la [tienda virtual del IB](#) (correo electrónico: sales@ibo.org). Está prohibido el uso comercial de las publicaciones del IB (tanto las incluidas en las tasas como las que se pueden adquirir por separado) por parte de terceras personas que actúen en el entorno de la Organización del Bachillerato Internacional sin haber establecido una relación formal con ella (incluidos, entre otros, organizaciones que imparten clases, empresas proveedoras de desarrollo profesional, empresas editoriales del sector educativo y compañías que ofrecen servicios de planificación curricular o plataformas digitales que brindan recursos pedagógicos). Dicho uso comercial solo está permitido con la correspondiente licencia por escrito otorgada por el IB. Las solicitudes de licencias deben enviarse a copyright@ibo.org. Encontrará más información al respecto en el [sitio web del IB](#).

Declaración de principios del IB

El Bachillerato Internacional tiene como meta formar personas solidarias, informadas y ávidas 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 actuar de forma compasiva y a entender que otras personas, con sus diferencias, también pueden estar en lo cierto.



Perfil de la comunidad de aprendizaje del IB

El objetivo fundamental de los programas del Bachillerato Internacional (IB) es formar personas con mentalidad internacional que, conscientes de la condición que las une como seres humanos y de la responsabilidad que comparten de velar por el planeta, contribuyan a crear un mundo mejor y más pacífico.

Como miembros de la comunidad de aprendizaje del IB, nos esforzamos por demostrar los siguientes atributos:

INDAGACIÓN

Cultivamos nuestra curiosidad, a la vez que desarrollamos habilidades para la indagación y la investigación. Sabemos cómo aprender de manera autónoma y junto con otras personas. Aprendemos con entusiasmo y mantenemos estas ansias de aprender durante toda la vida.

CONOCIMIENTO

Desarrollamos y usamos nuestra comprensión conceptual mediante la exploración del conocimiento en una variedad de disciplinas. Nos comprometemos con ideas y cuestiones de importancia local y mundial.

RAZONAMIENTO

Utilizamos habilidades de pensamiento crítico y creativo para analizar y proceder de manera responsable ante problemas complejos. Actuamos por propia iniciativa al tomar decisiones razonadas y éticas.

COMUNICACIÓN

Nos expresamos con confianza y creatividad en diversas lenguas, lenguajes y maneras. Colaboramos eficazmente, escuchando atentamente las perspectivas de otras personas y grupos.

INTEGRIDAD

Actuamos con integridad y honradez, con un profundo sentido de la equidad, la justicia y el respeto por la dignidad y los derechos de las personas en todo el mundo. Asumimos la responsabilidad de nuestros propios actos y sus consecuencias.

MENTALIDAD ABIERTA

Desarrollamos una apreciación crítica de nuestras propias culturas e historias personales, así como de los valores y tradiciones de otras personas. Buscamos y consideramos distintos puntos de vista y mostramos disposición a aprender de la experiencia.

SOLIDARIDAD

Mostramos empatía, sensibilidad y respeto. Nos comprometemos a ayudar y actuamos con el propósito de influir positivamente en la vida de las personas y el mundo que nos rodea.

AUDACIA

Abordamos la incertidumbre con previsión y determinación. Trabajamos de manera autónoma y colaborativa para explorar nuevas ideas y estrategias innovadoras. Mostramos ingenio y resiliencia cuando enfrentamos cambios y desafíos.

EQUILIBRIO

Entendemos la importancia del equilibrio físico, mental y emocional para lograr el bienestar propio y el de las demás personas. Reconocemos nuestra interdependencia con respecto a otras personas y al mundo en que vivimos.

REFLEXIÓN

Evaluamos detenidamente el mundo y nuestras propias ideas y experiencias. Nos esforzamos por comprender nuestras fortalezas y debilidades para, de este modo, contribuir a nuestro aprendizaje y desarrollo personal.

El perfil de la comunidad de aprendizaje engloba diez atributos valorados por los Colegios del Mundo del IB. Tenemos la convicción de que estos atributos, y otros similares, pueden ayudar a personas y grupos a ser miembros responsables de las comunidades locales, nacionales y mundiales.

Índice

Introducción	1
Propósito de esta publicación	1
El Programa del Diploma	2
Naturaleza de la ciencia	7
Naturaleza de la física	10
Enfoques de la enseñanza y el aprendizaje de Física	17
El proyecto científico colectivo	23
Objetivos generales	24
Objetivos de evaluación	25
Los objetivos de evaluación en la práctica	26
 Programa de estudios	 27
Resumen del programa de estudios	27
Hoja de ruta del programa de estudios	28
Formato del programa de estudios	29
Habilidades en el estudio de Física	30
Contenido del programa de estudios	36
 Evaluación	 65
La evaluación en el Programa del Diploma	65
Resumen de la evaluación: NM	67
Resumen de la evaluación: NS	68
Evaluación externa	69
Evaluación interna	71
 Apéndices	 81
Glosario de términos de instrucción	81
Bibliografía	83

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 Física. Si bien está dirigida principalmente al cuerpo docente, se espera que este la utilice para informar sobre la asignatura a los padres y el alumnado.

Esta guía está disponible en la página de la asignatura del Centro de recursos para los programas (resources.ibo.org), un sitio web del Bachillerato Internacional (IB) protegido por contraseña y concebido para proporcionar apoyo al profesorado del IB. También puede adquirirse en la tienda virtual del IB (store.ibo.org).

Otros recursos

En el Centro de recursos para los programas pueden encontrarse también publicaciones tales como exámenes de muestra y esquemas de calificación, materiales de ayuda al profesor, informes generales de la asignatura y descriptores de calificaciones finales. En la tienda virtual del IB se pueden adquirir exámenes y esquemas de calificación de convocatorias anteriores.

Se invita al profesorado a visitar el Centro de recursos para los programas, donde podrán consultar materiales adicionales creados o utilizados por docentes. También pueden aportar información sobre materiales que consideren útiles, por ejemplo: sitios web, libros, videos, publicaciones periódicas o ideas pedagógicas.

Agradecimientos

El IB agradece al profesorado y a sus respectivos colegios la generosidad con la que dedicaron tiempo y recursos a la elaboración de la presente guía.

Primera evaluación: 2025

El Programa del Diploma

El Programa del Diploma (PD) 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 a personas informadas e instruidas y con espíritu indagador, a la vez que solidarias y sensibles a las necesidades de otras personas. Se da especial importancia a que la juventud desarrolle un 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 favorece el estudio simultáneo de una amplia variedad de áreas académicas. El alumnado estudia dos lenguas modernas (o una lengua moderna y una clásica), una asignatura de humanidades o ciencias sociales, una ciencia experimental, una asignatura de matemáticas y una de artes. Esta variedad hace del PD un programa exigente y muy eficaz como preparación para el ingreso a la universidad. Además, en cada una de las áreas académicas tienen flexibilidad para elegir las asignaturas en las que tengan un interés particular y que quizás deseen continuar estudiando en la universidad.

Figura 1

Modelo del Programa del Diploma



La combinación adecuada

Se debe elegir una asignatura de cada una de las seis áreas académicas, aunque también se 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. Muchas asignaturas también requieren realizar trabajos que califica directamente el profesor o profesora en el colegio.

El núcleo del modelo del Programa del Diploma

Cada estudiante del PD debe 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 en 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 al alumnado a analizar las afirmaciones de conocimiento y a explorar preguntas sobre la construcción del conocimiento. El cometido de TdC es poner énfasis en los vínculos entre las áreas de conocimiento compartido y relacionarlas con el conocimiento personal, de manera que el alumnado sea más consciente de sus perspectivas y de cómo estas pueden diferir de las de otras personas.

El curso estudia los medios para generar conocimiento dentro del tema central “El conocimiento y el actor del conocimiento”, así como en el marco de otros temas opcionales (conocimiento y tecnología, conocimiento y lenguaje, conocimiento y política, conocimiento y religión, y conocimiento y sociedades indígenas) y áreas de conocimiento (artes, ciencias naturales, ciencias humanas, historia y matemáticas). El curso también anima a comparar las distintas áreas de conocimiento y a reflexionar sobre cómo se alcanza el conocimiento en las distintas disciplinas, qué tienen en común las disciplinas, y qué las diferencia.

[Creatividad, Actividad y Servicio](#) (CAS) es una parte central del Programa del Diploma. El programa de CAS contribuye a que cada estudiante desarrolle su propia identidad, de acuerdo con los fundamentos éticos expresados en la declaración de principios y el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. CAS les hace participar en una variedad de actividades simultáneas al estudio de las disciplinas académicas del PD. Las tres áreas que lo componen son la creatividad (artes y otras experiencias que implican pensamiento creativo), la actividad (actividades que implican un esfuerzo físico que contribuye a un estilo de vida sano) y el servicio (un intercambio voluntario y no remunerado que supone un aprendizaje). Posiblemente más que ningún otro componente del PD, CAS cumple el principio del IB de contribuir a crear un mundo mejor y más pacífico, en el marco del respeto y el entendimiento intercultural.

La [Monografía](#), incluida la de Estudios del Mundo Contemporáneo, brinda al alumnado 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 seis asignaturas del PD que están cursando, mientras que la monografía interdisciplinaria de Estudios del Mundo Contemporáneo estará relacionada con dos asignaturas. La Monografía sirve para familiarizarse con las habilidades de investigación independiente y de redacción académica que se esperarán 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 asignaturas elegidas. Su objetivo es fomentar habilidades de investigación y de expresión escrita de alto nivel, así como el descubrimiento intelectual y la creatividad. Como experiencia de aprendizaje auténtico, la Monografía brinda la oportunidad de realizar una investigación personal acerca de un tema de elección propia, con la orientación de un supervisor.

Enfoques de la enseñanza y enfoques del aprendizaje

Los términos *enfoques de la enseñanza* y *enfoques del aprendizaje* en el PD se refieren 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 del alumnado y le ayudan a prepararse para la evaluación del PD y otros desafíos futuros. Los objetivos generales de los enfoques de la enseñanza y el aprendizaje en el PD son los siguientes:

- Facultar al personal docente no solo para impartir conocimientos, sino también para infundir en el alumnado una actitud activa de aprendizaje
- Facultar al personal docente para crear estrategias más claras que les permitan ofrecer al alumnado experiencias de aprendizaje más significativas en las que tengan que utilizar la 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)
- Motivar a los alumnos y alumnas a desarrollar una variedad explícita de habilidades que les permitan continuar aprendiendo activamente después de dejar el colegio, y ayudarles 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 la pertinencia de la experiencia del PD que recibe el alumnado
- Permitir a los colegios reconocer el carácter distintivo de la educación del PD, 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 PD se propone desarrollar en el alumnado 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 de la organización. La enseñanza y el aprendizaje en el PD representan la puesta en práctica de la filosofía educativa del IB.

Integridad académica

En el PD, la integridad 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 integridad académica sirve para promover la integridad personal, generar respeto por la integridad y el trabajo de otras personas, y garantizar que cada estudiante tenga igualdad de oportunidades para demostrar los conocimientos y las habilidades que ha adquirido durante sus estudios.

Todos los trabajos de clase —incluidos los que se envían para evaluación— deben ser originales, estar basados en las ideas propias del alumno o alumna y citar debidamente la autoría de las ideas y el trabajo de otras personas. Las tareas de evaluación que requieren orientación docente o trabajo en equipo deben llevarse a cabo respetando todas las directrices detalladas que proporciona el IB para las asignaturas correspondientes.

Para obtener más información sobre la integridad académica en el IB y el PD, consulte las siguientes publicaciones del IB: *Política de integridad académica*, *Uso eficaz de citas y referencias*, *El Programa del Diploma: de los principios a la práctica* y el reglamento general de los *Procedimientos de evaluación del Programa del Diploma* (que se actualiza anualmente). En esta guía puede encontrar información específica sobre la integridad académica en lo que respecta a los componentes de evaluación externa e interna de esta asignatura.

Cita de las ideas o el trabajo de otras personas

El personal de coordinación y enseñanza debe recordar que cada estudiante debe citar todas las fuentes que utilice en los trabajos que envíe para su evaluación. A continuación se ofrece una aclaración de este requisito.

Cada estudiante del PD envía trabajos para evaluación en diversos formatos: material audiovisual, texto, gráficos, imágenes o datos publicados en fuentes impresas o electrónicas. Si se utiliza el trabajo o las ideas de otra persona, es necesario citar la fuente usando un formato de referencia estándar de forma coherente. El IB investigará todo caso en que no se cite una fuente como posible infracción del reglamento, que puede conllevar una penalización impuesta por el Comité de la evaluación final.

El IB no prescribe el formato de referencia bibliográfica o citación que debe emplearse; esta elección se deja a discreción de los miembros pertinentes del profesorado o del personal del colegio. Debido a la amplia variedad de asignaturas y lenguas de respuesta, y a 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. 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, según proceda.

Se espera que en los trabajos se emplee un formato estándar de forma coherente para citar todas las fuentes utilizadas, incluidas aquellas cuyo contenido se haya parafraseado o resumido. Al redactar, cada estudiante debe distinguir claramente sus propias palabras de las de otras personas utilizando comillas (u otros métodos, como el sangrado) seguidas de una cita que señale una entrada en la bibliografía. Si se cita una fuente electrónica, es necesario indicar la fecha de consulta. No se espera que el alumnado tenga un nivel experto en materia de referencias, pero sí que demuestre que se han citado todas las fuentes. Es necesario recordarles que deben citar todo material audiovisual, texto, gráfico, imagen o dato publicado en fuentes impresas o electrónicas que no sea de su autoría. Como se ha mencionado anteriormente, se debe emplear un formato de referencia bibliográfica y citación apropiado.

La diversidad en el aprendizaje y las necesidades de apoyo para el aprendizaje

Los colegios deben garantizar que cada estudiante con necesidades de apoyo para el aprendizaje cuente con adecuaciones que impliquen un acceso equitativo y con ajustes razonables, según los documentos del IB titulados *Política de acceso e inclusión* y *La diversidad en el aprendizaje y la inclusión en los programas del IB: Eliminar las barreras para el aprendizaje*.

Los documentos *Respuesta a la diversidad de aprendizaje de los alumnos en el aula* y *Guía del IB sobre educación inclusiva: un recurso para el desarrollo en todo el colegio* están disponibles para ayudar a los colegios en el proceso continuo de aumentar el acceso y la participación mediante la eliminación de barreras para el aprendizaje.

Normas para la implementación de los programas y aplicaciones concretas

Las normas para la implementación de los programas y aplicaciones concretas son el conjunto de principios al que deberán referirse los colegios para garantizar la calidad y la fidelidad en la implementación de los programas del IB. La enseñanza y el aprendizaje son indicadores importantes de la calidad y las prácticas eficaces en los colegios, y las normas de implementación y aplicaciones concretas detallan las expectativas que comparten el profesorado y el alumnado de todos los programas del IB.

Las normas de implementación y aplicaciones concretas proporcionan un marco para ayudar al personal docente de los Colegios del Mundo del IB a entender cuáles son sus derechos y sus responsabilidades al desarrollar entornos y experiencias de aprendizaje para sus estudiantes. El IB es consciente de que, para lograr una enseñanza eficaz, es necesario apoyar al profesorado en su comprensión, bienestar, entorno y recursos. Cada docente utiliza los principios básicos de la filosofía y pedagogía del IB (los enfoques de la enseñanza y el aprendizaje, el perfil de la comunidad de aprendizaje y la mentalidad internacional) para diseñar experiencias de aprendizaje que preparen a sus estudiantes para cumplir los objetivos generales y de evaluación que se indican en esta guía.

Si desea obtener más información sobre los derechos y responsabilidades del profesorado, consulte la publicación del IB [*Normas para la implementación de los programas y aplicaciones concretas*](#) en el Centro de recursos para los programas.

Naturaleza de la ciencia

¿Qué es la naturaleza de la ciencia?

La naturaleza de la ciencia es un tema dominante en los cursos de Biología, Química y Física que busca explorar la comprensión conceptual relacionada con el propósito, las características y el impacto del conocimiento científico.

¿Qué queremos saber en la ciencia?

En una ocasión, el premio nobel e influyente divulgador científico Richard Feynman describió el proceso de la ciencia mediante la analogía de observar un juego de mesa desconocido “[...] y no conocemos las reglas del juego. Pero se nos permite mirar el tablero, al menos de vez en cuando [...] y a partir de estas observaciones tratamos de averiguar cuáles son las reglas del juego, cuáles son las reglas para mover las piezas” (Feynman et al., 1963).

¿En qué consiste la actividad científica?

Clasificar esas observaciones y patrones subyacentes del mundo natural, partiendo del supuesto de que el universo existe como una realidad externa accesible a la experiencia humana, es la esencia de lo que hace el colectivo científico. Los procesos variados y a menudo no lineales que se emplean en las metodologías científicas tienen diversas características clave en común para maximizar la validez y fiabilidad del conocimiento generado. El desarrollo de hipótesis falsables, el requisito de que los datos sean reproducibles y la utilización de la revisión por pares podrían estar entre las más relevantes, y ayudan a distinguir un proceso científico de uno pseudocientífico. La naturaleza comunitaria y colaborativa de este enfoque refuerza aún más la objetividad de la ciencia, al garantizar la inclusión de diversas perspectivas y la responsabilidad compartida respecto a los resultados.

¿Qué tipo de conocimiento generamos?

El conocimiento científico formal puede englobar varias categorías, como los modelos representativos, las teorías explicativas y las leyes descriptivas. Dado que cada disciplina de las ciencias naturales tiene un objetivo distinto, el balance de sus contribuciones a cada una de esas categorías también difiere. Sin embargo, lo que es una constante es el reconocimiento de los supuestos, las excepciones y las limitaciones del conocimiento científico a la hora de proporcionar parámetros realistas para nuestra comprensión del mundo natural. Las afirmaciones presentadas como certezas se tratan con cautela, dados los cambios de paradigma que se han producido a lo largo de la historia de la ciencia.

¿Qué impacto tiene el conocimiento científico?

Además de la búsqueda del conocimiento por sí mismo, resulta útil considerar las interacciones de la ciencia con otras áreas de la sociedad. Aunque tradicionalmente los avances tecnológicos han provocado grandes progresos en el conocimiento científico, en los últimos tiempos puede que sea más habitual considerar a la ciencia como un motor del desarrollo tecnológico. Además, la ciencia también puede tener profundas repercusiones ambientales, políticas, sociales, culturales y económicas. Estas conexiones ilustran la importancia de los organismos científicos locales, nacionales e internacionales que interceden en la comprensión pública de la ciencia y aumentan la responsabilidad de los científicos y científicas a la hora de respetar los principios de integridad académica en sus investigaciones.

Tabla 1

Aspectos de la naturaleza de la ciencia

Aspectos	¿Cómo se generan, prueban, comunican, evalúan y utilizan las afirmaciones de conocimiento científico? ¿Qué problemas surgen de estas acciones?
Observaciones	Los científicos y científicas actúan como observadores que examinan la Tierra y todo el resto del universo para obtener datos sobre los fenómenos naturales. Las observaciones se pueden realizar directamente con los sentidos humanos, o con la ayuda de instrumentos como los sensores electrónicos. Las observaciones inesperadas o no planificadas pueden abrir nuevos campos de investigación.
Patrones y tendencias	Los científicos y científicas analizan sus observaciones en busca de patrones o tendencias, y tratan de extraer conclusiones generales mediante el razonamiento inductivo. También buscan discrepancias. Los científicos y científicas clasifican los objetos mediante el reconocimiento de patrones. Una tendencia puede adoptar la forma de una correlación positiva o negativa entre variables. Las correlaciones pueden basarse en una relación causal, pero la correlación no implica causalidad.
Hipótesis	Los científicos y científicas ofrecen explicaciones provisionales para los patrones que han observado en los fenómenos naturales. Estas hipótesis pueden ponerse a prueba con más observaciones o experimentos, para obtener indicios que las respalden o demostrar que son falsas.
Experimentos	Los científicos y científicas diseñan y realizan experimentos para obtener datos con los que evaluar las hipótesis. La calidad de las pruebas experimentales depende de un control meticuloso de las variables y de la cantidad de datos generados. Los avances científicos a menudo llegan tras desarrollos tecnológicos que dan pie a nuevas técnicas experimentales. La creatividad y la imaginación desempeñan un papel en el diseño, la interpretación y las conclusiones de los experimentos.
Medición	Las mediciones cuantitativas son más objetivas que las observaciones cualitativas, pero cualquier medición tiene una precisión y exactitud limitadas. Las mediciones se repiten para aumentar la fiabilidad de los datos. Los errores aleatorios debidos a diferencias desconocidas o impredecibles generan imprecisión e incertidumbre en las mediciones, mientras que los errores sistemáticos generan inexactitud.
Modelos	Los científicos y científicas construyen modelos como representaciones artificiales de los fenómenos naturales. Esos modelos son útiles cuando la observación o experimentación directa es difícil. Los modelos son simplificaciones de sistemas complejos y pueden tratarse de representaciones físicas, diagramas abstractos, ecuaciones matemáticas o algoritmos. Todos los modelos presentan limitaciones que deben tenerse en cuenta al aplicarlos.
Pruebas	Los científicos y científicas adoptan una actitud escéptica ante las afirmaciones que se realizan y emplean pruebas para evaluarlas. Algunas afirmaciones no pueden ponerse a prueba por medio de indicios verificables, así que no pueden falsarse. En consecuencia, no son científicas. El conocimiento científico debe sustentarse en pruebas.
Teorías	Los científicos y científicas desarrollan explicaciones generales que pueden aplicarse en muchos ámbitos, sobre la base de patrones observados o hipótesis comprobadas. Es posible hacer predicciones a partir de estas teorías mediante el razonamiento deductivo. Si estas predicciones se ponen a prueba, pueden corroborar una teoría o mostrar que es falsa y hay que descartarla. Los cambios de paradigma tienen lugar cuando una nueva teoría reemplaza a otra antigua. El término <i>ley</i> a veces hace referencia a enunciados que permiten hacer predicciones sobre los fenómenos naturales sin explicarlos.

Aspectos	¿Cómo se generan, prueban, comunican, evalúan y utilizan las afirmaciones de conocimiento científico? ¿Qué problemas surgen de estas acciones?
Falsación	Los científicos y científicas pueden utilizar pruebas para falsar una afirmación formulada a modo de hipótesis, teoría o modelo, pero no pueden demostrar con certeza que esa afirmación es verdadera. Por consiguiente, hay una incertidumbre inherente a todo conocimiento científico. No obstante, muchas teorías científicas quedan corroboradas por pruebas sólidas y permiten obtener predicciones y explicaciones. Los científicos y científicas deben mantener una mentalidad abierta con respecto a las pruebas nuevas.
La ciencia como actividad compartida	Los científicos y científicas de las distintas regiones del mundo se comunican y colaboran. Las convenciones aceptadas y la terminología común les permiten comunicarse sin ambigüedades. La revisión por pares es esencial para verificar los métodos de investigación de las afirmaciones de conocimiento antes de que se publiquen en revistas científicas.
Impacto global de la ciencia	Los científicos y científicas tienen la obligación de evaluar los riesgos asociados a su trabajo y deben tratar de no causar ningún daño. Los desarrollos científicos pueden tener consecuencias éticas, ambientales, políticas, sociales, culturales y económicas que deben considerarse durante la toma de decisiones. La actividad científica puede tener consecuencias involuntarias. Las propuestas de investigación a menudo se someten al juicio de comités de ética. Los científicos y científicas tienen la responsabilidad de comunicar sus hallazgos al público de forma clara y honesta.

¿Cuál es la diferencia entre la naturaleza de la ciencia y Teoría del Conocimiento?

En contraste con la especificidad de la comprensión de la ciencia, el curso de TdC anima al alumnado a reflexionar de manera crítica sobre los conceptos en los que se basa la generación de conocimiento. Por ejemplo, la revisión por pares es una herramienta que contribuye a la objetividad de la investigación científica. A través del estudio de TdC, cada estudiante cuestiona las limitaciones del proceso de revisión por pares y extiende sus reflexiones a una evaluación de la objetividad en otras áreas de conocimiento.

Naturaleza de la física

¿Qué es la física?

Estudiar física es tratar de comprender la naturaleza del universo mismo. Es la búsqueda de respuestas a cuestiones que van desde cómo se originó el universo en el Big Bang hasta cuál es la propia naturaleza del tiempo. Algunos de los mayores descubrimientos de la historia fueron hechos por físicos y físicas, y estos hallazgos han revolucionado nuestro mundo. Hoy en día estas personas continúan cambiando nuestra forma de pensar.

La física abarca todo lo que hacemos como seres humanos. El propio significado de la palabra es “el estudio de la naturaleza”. De hecho, cuando se definió por primera vez la disciplina, consistía en observar la Vía Láctea, todo el universo conocido en aquel momento, y en preguntarse sobre la existencia del átomo. Al igual que ocurre con el universo, el conocimiento de la física está en constante expansión. La teoría de la existencia de agujeros negros, fuerzas gravitatorias tan intensas que ni siquiera la luz puede escapar de ellas, fue concebida en el siglo XVIII. En 2019, se captó por primera vez la imagen de un agujero negro.

Sin embargo, la física no se ocupa solo de contemplar la inmensidad del espacio o de analizar en detalle las partículas más diminutas que componen el tejido del universo. Lo cierto es que los descubrimientos de la física son la base de las ideas que revolucionan la tecnología que empleamos en nuestra vida diaria. Es una ciencia cotidiana y fundamentada que abarca avances en comunicación, tecnología médica y energía renovable.

Es, ante todo, una disciplina creativa. La física requiere un conocimiento sólido de los principios básicos y un deseo de ponerlos a prueba de nuevas maneras. Requiere curiosidad y un afán por explorar lo que podría ser.

“La creatividad es esencial para la física de partículas, la cosmología y las matemáticas, y para otros campos de la ciencia, al igual que lo es para sus beneficiarias más ampliamente reconocidas: las artes y las humanidades”.

Lisa Randall

“Mira a las estrellas y no a tus pies [...] Ten curiosidad”.

Stephen Hawking

¿Qué hacen los físicos?

En pocas palabras, buscan ampliar el conocimiento. Trabajan para poner a prueba sus hipótesis y explicar observaciones. Usan los resultados para acumular pruebas que, en última instancia, conducen a descubrimientos. La comunidad científica los examina minuciosamente y, si son aceptados, se convierten en conocimiento. Este avance llega a través de una sucesión continua de preguntas de indagación cuya respuesta genera nuevas preguntas, lo que se traduce en más indagación, más exploraciones, más descubrimientos y en la profundización del conocimiento. Este trabajo colectivo de la comunidad científica es una de las características de “hacer” física.

El proceso de hacer física no termina nunca. Hasta los hallazgos más sólidos son sometidos a preguntas rigurosas y a una exploración científica adicional. Los físicos(as) están constantemente poniendo a prueba y reevaluando verdades aceptadas. Analizan y comprueban el conocimiento una y otra vez, confirmándolo o descartándolo en función de nuevas ideas. Es así como la comunidad científica percibe los experimentos objetivos de manera subjetiva, y los repiten para confirmar el valor de lo que se transmite, lo cual constituye la esencia de la experiencia científica.

“Los hechos no son ciencia, al igual que el diccionario no es literatura”.

Martin H. Fischer

"[...] vale la pena volver a comprobar por nueva experiencia directa y no confiar necesariamente en la experiencia del pasado".

Richard Feynman

¿Cómo hacen física los físicos?

Esta pregunta es objeto de un intenso debate en el ámbito de la educación. Algunas personas sostienen que "hacer" física es seguir un conjunto de pasos fijos para construir métodos científicos en torno a argumentos. Más allá del debate, el modo en que el colectivo científico trabaja y construye el conocimiento es, tal y como lo expresó John Dewey hace más de cien años, "el único método de pensamiento que ha resultado fructífero en cualquier tema".

Hay un resumen aún más simple de cómo se hace física: "Escribir el problema, pensar mucho, escribir la respuesta" (Richard Feynman). Esto, junto a la famosa declaración de Albert Einstein de que "la imaginación es más importante que el conocimiento", constituye una excelente sinopsis de las características generales del trabajo de los físicos(as). En definitiva, reúnen pruebas para alcanzar conclusiones parciales que podrían acabar siendo aceptadas como leyes o teorías explicativas.

Sin embargo, los físicos(as) también crean modelos. Estos pueden tratarse de ecuaciones matemáticas, analogías o representaciones físicas. Adoptan distintos formatos, algunos más abstractos que otros, pero todos persiguen el mismo objetivo: facilitar y permitir la comprensión.

En los laboratorios de todo el mundo, los físicos(as) trabajan en la exploración de los límites de disciplinas consolidadas desde hace tiempo, como la mecánica y el electromagnetismo. Al mismo tiempo, exploran nuevas fronteras del conocimiento tan diversas como la existencia de las ondas gravitacionales, el camino hacia la inteligencia artificial, las fuentes de energía sostenible de la Tierra y la expansión de los viajes al espacio. Prácticamente no hay límites en cuanto a las áreas donde la física resulta pertinente hoy en día.

"Equipada con sus cinco sentidos, la humanidad explora el universo que lo rodea y llama a esa aventura ciencia".

Edwin Powell Hubble

"En verdad la física no es más que una búsqueda de la simplicidad máxima, pero todo lo que tenemos hasta el momento es una especie de desorden elegante".

Bill Bryson

Diferencias entre el NM y el NS

El alumnado del NM y del NS comparte lo siguiente:

- Una comprensión de la ciencia a través de un estimulante programa experimental
- La naturaleza de la ciencia como tema dominante
- El estudio de un programa de estudios basado en conceptos
- Un trabajo de evaluación interna, la investigación científica
- El proyecto científico colectivo

El curso del NM proporciona al alumnado una comprensión fundamental de la física y experiencia en las habilidades asociadas. El curso del NS requiere que cada estudiante aumente su conocimiento y comprensión de la asignatura, por lo que proporciona una base sólida para proseguir los estudios a nivel universitario.

Se recomienda dedicar 150 horas lectivas al curso de NM y 240 horas al del NS. Esta diferencia se refleja en el contenido adicional que se estudia en el NS. Parte del contenido del NS es más exigente a nivel conceptual y se explora en mayor profundidad. Por lo tanto, el NM y el NS se diferencian tanto en amplitud como en profundidad. El resultado de esta mayor amplitud y profundidad en el NS es un mayor conocimiento interconectado, que requiere hacer más conexiones entre distintas áreas del programa de estudios.

Física y los componentes troncales

Física y Teoría del Conocimiento

El curso de TdC desempeña un papel especial en el PD, ya que proporciona oportunidades de reflexionar sobre la naturaleza, el alcance y las limitaciones del conocimiento y el proceso de conocer a través de la exploración de preguntas de conocimiento.

Las áreas de conocimiento son ramas específicas del conocimiento, cada una de las cuales tiene su propia naturaleza y, en ocasiones, emplea métodos distintos para adquirir conocimientos. En TdC se exploran cinco áreas de conocimiento obligatorias: historia, ciencias humanas, ciencias naturales, matemáticas y artes.

Hay varias formas distintas de relacionar los aspectos del curso de Física con la exploración del conocimiento. Durante la enseñanza y el aprendizaje del curso, el profesorado y el alumnado evalúan afirmaciones de conocimiento valiéndose de preguntas sobre su validez, fiabilidad, credibilidad y certeza, así como de perspectivas individuales y culturales sobre ellas.

Explorar la relación que existe entre el conocimiento y los conceptos de TdC puede ayudar a los alumnos y alumnas a profundizar su comprensión y a establecer conexiones entre distintas disciplinas. Por ejemplo, cuando discutan el agotamiento de las fuentes de energía y la constante necesidad de nuevos recursos energéticos para satisfacer la demanda de energía, pueden explorar los conceptos de responsabilidad, poder y justificación.

Muchos aspectos del curso de Física se prestan a la exploración de preguntas de conocimiento. En la siguiente tabla se ofrecen algunos ejemplos.

Tabla 2
Ejemplos de preguntas de conocimiento

Oportunidades de aprendizaje	Pregunta de conocimiento
Expresión de leyes mediante fórmulas	¿Todo conocimiento puede expresarse con palabras o símbolos?
Dilatación temporal	¿Qué papel desempeñan la imaginación y la intuición en la generación de hipótesis en las ciencias naturales?
Análisis de la luz procedente de galaxias distantes mediante espectroscopía	¿De qué manera las herramientas que utilizamos determinan el conocimiento que producimos?
Clasificación de los tipos de estrellas	¿En qué medida los sistemas de clasificación que utilizamos en la búsqueda del conocimiento influyen en las conclusiones a las que llegamos?
La transición del mundo de la física clásica al mundo cuántico	¿Cómo es posible que el conocimiento científico cambie a lo largo del tiempo? ¿Qué papel desempeñan los cambios de paradigma en la evolución del conocimiento científico?

Para más información, véanse la [Guía de Teoría del Conocimiento](#) y el [Material de ayuda al profesor de Teoría del Conocimiento](#).

Física y la Monografía

Los alumnos y alumnas que eligen escribir una monografía de Física llevan a cabo una investigación independiente como parte de un estudio en profundidad de un tema bien delimitado. El tema de estudio puede surgir del curso de Física o estar relacionado con un área disciplinaria no incluida en el programa de estudios. Este estudio detallado contribuirá al desarrollo de habilidades de investigación, pensamiento, autogestión y comunicación que favorecerán el aprendizaje en el curso de Física y en estudios posteriores.

Ejemplos de áreas para los temas de investigación:

- Dinámica de fluidos: tiempo que tarda en vaciarse una lata con agua a través de una pequeña apertura situada en la base de la lata
- Ondas de sonido: análisis de los armónicos de una nota tocada con un instrumento musical mediante la transformada rápida de Fourier o las formas de onda de la misma nota tocada con distintos instrumentos musicales
- Fuerza electromotriz (f. e. m.) inducida: máxima f. e. m. inducida en una pequeña bobina rectangular fijada entre los polos de un imán de herradura que se encuentra en el centro de una plataforma giratoria que da vueltas

Cada estudiante y su supervisor deben asegurarse de que una monografía no constituye una repetición de otros trabajos presentados para obtener el diploma.

Para más información, véanse la *Guía de Monografía* y el *Material de ayuda al profesor de la Monografía*.

Física y Creatividad, Actividad y Servicio

El componente troncal Creatividad, Actividad y Servicio (CAS) proporciona al alumnado muchas oportunidades de vincular los conceptos y temas científicos con experiencias prácticas. El personal docente puede subrayar cómo el conocimiento y la comprensión desarrollados durante el curso pueden servir de base para experiencias significativas. Las experiencias de CAS fuera del aula también pueden avivar la pasión del alumnado por abordar temas en la clase de Física.

A continuación se indican algunos ejemplos de experiencias de CAS pertinentes:

- Organizar un club de ciencias para estudiantes de cursos inferiores
- Implementar iniciativas ambientales en el colegio o la comunidad local, como el reciclaje, el compostaje y los jardines en azoteas
- Organizar o participar en una campaña de difusión o promoción de una causa en las redes sociales, por ejemplo, relacionada con un problema ambiental o de salud

Las experiencias de CAS pueden ser un evento puntual o una serie de eventos. Es importante que las experiencias de CAS sean distintas de la evaluación de Física y no se presenten como parte de ella.

Para más información, véanse la *Guía de CAS* y el *Material de ayuda al profesor de CAS*.

Física y la mentalidad internacional

La ciencia ha sido, y continúa siendo, una actividad verdaderamente internacional. Desde los comienzos de la sismología en China, pasando por la ciencia de materiales en Mesopotamia y hasta la astronomía durante la edad de oro del islam, la búsqueda de una comprensión objetiva del mundo natural trasciende las limitaciones impuestas por las fronteras nacionales. El proceso científico, al requerir curiosidad, perspicacia y una mentalidad abierta, se beneficia de una participación lo más amplia posible, donde tengan cabida personas de distinto sexo y cultura sobre la base de la inclusividad y la diversidad.

Dada la naturaleza global de muchas cuestiones científicas, los organismos internacionales a menudo se centran en el compromiso de la ciencia con el público. La Organización Mundial de la Salud y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático son dos ejemplos muy conocidos que ilustran la responsabilidad de informar a las naciones sobre los avances científicos en condiciones equitativas. Esta responsabilidad se basa en el afán de promover un futuro pacífico y sostenible.

Los avances tecnológicos, junto con el costo de las instalaciones de investigación modernas, continúan reforzando la función de las colaboraciones internacionales. El proyecto del Instituto Unificado de Investigaciones Nucleares de Rusia y el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore de Estados Unidos que aportó pruebas de la existencia del elemento químico de número atómico 118, el oganesón, constituye un buen ejemplo de colaboración internacional.

La importancia de la colaboración en la ciencia contemporánea se refleja en el gran número de organizaciones internacionales que se dedican a recopilar datos y compartirlos con la comunidad científica.

El acceso al conocimiento compartido a través de sitios web y bases de datos se debe integrar en la enseñanza en el aula, dado que desempeña un papel importante en la validación del trabajo experimental.

Además de integrar la tecnología y el trabajo colaborativo, el proyecto científico colectivo ofrece al alumnado una excelente oportunidad de abordar cuestiones globales.

Física y el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB

Cada recuadro proporciona un ejemplo del modo en que el alumnado y el profesorado pueden encarnar cada atributo del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB.

Ejemplo de atributo
- Miembros de la comunidad de aprendizaje que mejor encarnan el atributo en relación con las ciencias - Orientaciones para el profesorado respecto a posibles vías para desarrollar el atributo en el aula - Maneras prácticas en las que el alumnado demuestra el atributo mientras “hace” ciencia

Atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB

Indagación
- Las personas indagadoras son curiosas, utilizan de manera activa las habilidades de investigación, trabajan de forma independiente y muestran entusiasmo por el mundo que les rodea. - El personal docente facilita el desarrollo de habilidades y fomenta la indagación; da al alumnado oportunidades de hacer preguntas, buscar respuestas y experimentar. - El alumnado emplea sus habilidades de indagación para ampliar sus conocimientos científicos y realizar investigaciones.

Conocimiento
- Los miembros de la comunidad de aprendizaje exploran conceptos, ideas y cuestiones relacionadas con la ciencia para ampliar y profundizar su comprensión de los conocimientos fácticos y procedimentales. - El acceso a una variedad de recursos y oportunidades proporciona al alumnado agencia para desarrollar conocimiento y comprensión científicos. - El alumnado aplica sus conocimientos a contextos desconocidos y establece conexiones entre conceptos y hechos para ilustrar su comprensión de la ciencia.

Razonamiento
- Los miembros de la comunidad de aprendizaje tienen interés por resolver problemas complejos y reflexionar sobre sus estrategias de pensamiento. - El personal docente crea oportunidades para que los alumnos y alumnas analicen de manera crítica sus enfoques y métodos, y obtengan una comprensión más profunda de la ciencia, lo que les permite ser creativos(as) a la hora de encontrar soluciones a problemas. - Los alumnos y alumnas practican el razonamiento y el pensamiento crítico evaluando supuestos, formulando hipótesis, interpretando datos y extrayendo conclusiones a partir de los indicios suministrados.

Comunicación

- Los miembros de la comunidad de aprendizaje colaboran eficazmente con otras personas y emplean una variedad de modos de comunicación para expresar sus ideas y opiniones.
- El personal docente fomenta el trabajo en grupo, los debates abiertos y el uso del lenguaje científico con objeto de proporcionar modelos para una comunicación eficaz.
- El alumnado demuestra habilidades de comunicación eficaces al escuchar a otras personas y compartir ideas cuando participan en actividades colaborativas.

Integridad

- Los miembros de la comunidad de aprendizaje se responsabilizan de su trabajo, promueven valores compartidos y actúan de forma ética.
- El profesorado puede dar ejemplo de comportamiento íntegro; por ejemplo, reconociendo el trabajo de otras personas y citando las fuentes. El proyecto científico colectivo proporciona al alumnado oportunidades de adoptar una postura íntegra.
- Los alumnos y alumnas aprecian la importancia de la integridad en la obtención de datos y consideran todos los datos, incluso los que no concuerdan con su hipótesis original.

Mentalidad abierta

- Los miembros de la comunidad de aprendizaje de mentalidad abierta aceptan que existen distintas perspectivas, modelos o hipótesis, y que pueden utilizarse para mejorar la comprensión científica.
- El profesorado puede proporcionar modelos que en su momento estaban respaldados por datos u observaciones, pero que pueden descartarse o perfeccionarse mediante el razonamiento, la deducción o la falsación.
- Los alumnos y alumnas deben estar preparados(as) para ver cómo el estudio de las ciencias pone en tela de juicio sus perspectivas e ideas.

Solidaridad

- Los miembros de la comunidad de aprendizaje actúan para proteger el medio ambiente y mejorar las vidas de otras personas.
- El profesorado puede subrayar que las elecciones diarias tienen consecuencias. Para ello, pueden animar a sus estudiantes a adoptar prácticas sostenibles y brindar apoyo a sus compañeros(as). Se debe hacer referencia a las directrices de experimentación en Ciencias.
- Los alumnos y alumnas pueden conectar el contenido del currículo con desafíos globales como la atención sanitaria, el suministro de energía o la producción de alimentos. El proyecto científico colectivo ofrece al alumnado la oportunidad de apoyarse entre sí para lograr que su grupo alcance su objetivo de forma satisfactoria.

Audacia

- Las personas audaces buscan nuevas oportunidades para desarrollar su aprendizaje y exploran nuevos enfoques para resolver problemas. Se crecen ante los retos.
- El personal docente puede brindar apoyo y orientación a sus estudiantes, animándoles a explorar nuevas técnicas o métodos de aprendizaje. Entre ellos podrían estar los andamiajes para el uso del lenguaje, el diseño de experimentos y el análisis de datos. A medida que cada estudiante adquiere más confianza, esos apoyos se pueden ir retirando gradualmente con el fin de darle más libertad para elegir su propio enfoque.

Audacia

- Los alumnos y alumnas deben estar preparados(as) para que el siguiente conjunto de datos experimentales refute sus ideas, dado que la incertidumbre es una característica de la ciencia. Entienden que eso representa un paso adelante en su comprensión.

Equilibrio

- Los miembros de la comunidad de aprendizaje equilibrados contemplan de manera holística todos los aspectos de su desarrollo y se aseguran de prestar una atención adecuada a diversas tareas, sin centrarse en una en detrimento de las demás.
- El personal docente debe recomendar a sus estudiantes que adopten una perspectiva equilibrada y sin sesgos respecto a las cuestiones científicas.
- Los alumnos y alumnas deben organizar su propio tiempo de manera eficaz, concediéndose tiempo suficiente para completar todas las partes de su aprendizaje sin que eso afecte negativamente a los aspectos emocionales y sociales de sus vidas.

Reflexión

- Los miembros de la comunidad de aprendizaje reflexivos consideran cómo y por qué alcanzan el éxito, y también cómo podrían cambiar su enfoque cuando les resulta difícil aprender.
- El personal docente brinda oportunidades a sus estudiantes para que revisen continuamente sus estrategias, métodos, técnicas y enfoques de resolución de problemas, a fin de mejorar su comprensión de los conceptos científicos. Los criterios de evaluación o las listas de verificación pueden ayudar al alumnado a evaluar la calidad de su trabajo de manera guiada.
- Los alumnos y alumnas desarrollan habilidades y conceptos a lo largo del curso, e interconectan sus conocimientos al reflexionar continuamente sobre su comprensión.

Enfoques de la enseñanza y el aprendizaje de Física

El marco de los enfoques del aprendizaje

¿Qué son las habilidades de los enfoques del aprendizaje y por qué las enseñamos?

El marco de los enfoques del aprendizaje busca que el alumnado desarrolle habilidades afectivas, cognitivas y metacognitivas que apoyarán sus procesos de aprendizaje durante su experiencia en el IB y después de ella. El desarrollo de las habilidades de los enfoques del aprendizaje está estrechamente relacionado con los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB y, por lo tanto, contribuye a promover los principios del IB. Estas habilidades constituyen una parte fundamental del aprendizaje y la enseñanza del IB que debe desarrollarse durante todo el programa: no se espera que se aborden todas ellas en un solo curso.

¿Cómo se organizan?

El marco de los enfoques del aprendizaje para los programas del IB consta de cinco categorías generales de habilidades: habilidades de pensamiento, habilidades de comunicación, habilidades sociales, habilidades de investigación y habilidades de autogestión. Cada una de estas categorías abarca una amplia gama de habilidades, como muestran los ejemplos presentados en la siguiente tabla. Las categorías de las habilidades de los enfoques del aprendizaje están estrechamente vinculadas e interrelacionadas, de modo que cada habilidad puede ser pertinente a más de una categoría.

¿Cómo las enseñamos?

Las habilidades de los enfoques del aprendizaje pueden aprenderse y enseñarse, mejorarse con la práctica y desarrollarse de manera gradual. La siguiente tabla ilustra, mediante una serie de ejemplos, el modo en que el curso de Física puede contribuir al desarrollo de las habilidades de los enfoques del aprendizaje. Los ejemplos que se muestran en la tabla no son exhaustivos. Se anima al profesorado a que los adapte para usarlos en el contexto de su colegio y a que identifique conjuntamente otros ejemplos relacionados con el desarrollo de las habilidades de los enfoques del aprendizaje.

Puede encontrar más información sobre el marco de los enfoques del aprendizaje y las estrategias para desarrollar estas habilidades en el material de ayuda al profesor de Física y el [sitio web de los enfoques de la enseñanza y el aprendizaje del Programa del Diploma](#).

Tabla 3

Habilidades de los enfoques del aprendizaje y su desarrollo

Categoría de habilidades	Ejemplos del desarrollo de las habilidades en el aula
Habilidades de pensamiento	• Tener curiosidad por el mundo natural • Hacer preguntas y formular hipótesis basadas en una fundamentación científica razonable • Diseñar procedimientos y modelos • Reflexionar sobre la credibilidad de los resultados • Proporcionar un argumento razonado para respaldar las conclusiones • Evaluar y defender posiciones éticas • Combinar diferentes ideas para generar una nueva comprensión

Categoría de habilidades	Ejemplos del desarrollo de las habilidades en el aula
	• Aplicar ideas y hechos clave en nuevos contextos • Abordar y diseñar preguntas transversales • Experimentar con nuevas estrategias para el aprendizaje • Reflexionar en todas las etapas del ciclo de evaluación y aprendizaje
Habilidades de comunicación	• Practicar habilidades de escucha activa • Evaluar textos extensos en términos de pertinencia y estructura • Aplicar técnicas interpretativas a distintos tipos de medios • Reflexionar sobre las necesidades del público al crear presentaciones atractivas • Comunicar con claridad ideas complejas en respuesta a preguntas abiertas • Utilizar medios digitales para comunicar información • Emplear la terminología, los símbolos y las convenciones comunicativas de forma sistemática y correcta • Presentar los datos de manera apropiada • Hacer críticas constructivas de manera apropiada
Habilidades sociales	• Trabajar de forma colaborativa para alcanzar un objetivo común • Asignar y aceptar funciones específicas durante las actividades en grupo • Apreciar los diversos talentos y necesidades de otras personas • Resolver conflictos durante el trabajo colaborativo • Buscar activamente y considerar las perspectivas de otras personas • Reflexionar sobre el impacto del comportamiento o los comentarios propios en otras personas • Evaluar de manera constructiva la contribución de los compañeros(as)
Habilidades de investigación	• Evaluar la exactitud, el sesgo, la credibilidad y la pertinencia de las fuentes de información • Discutir explícitamente la importancia de la integridad académica y de citar debidamente las ideas de otras personas • Utilizar un único método estándar para presentar las citas y referencias bibliográficas • Comparar, contrastar y validar información • Utilizar los motores de búsqueda y las bibliotecas de manera eficaz
Habilidades de autogestión	• Dividir las tareas grandes en una serie de etapas • Ser puntual y cumplir con los plazos • Asumir riesgos y considerar los contratiempos como oportunidades de crecimiento • Evitar las distracciones innecesarias • Redactar, revisar y mejorar trabajos académicos • Establecer objetivos de aprendizaje y ajustarlos en respuesta a la experiencia • Buscar comentarios y actuar en consecuencia

Programa experimental

El aprendizaje que tiene lugar a través de la indagación científica en el aula, el laboratorio o el trabajo de campo constituye una parte esencial de la experiencia del alumno(a) en un curso de Física. La experimentación, en una variedad de formas, se puede usar para presentar un tema, abordar un fenómeno o permitir que el alumnado considere y examine preguntas y curiosidades reales.

El programa experimental del colegio debe permitir al alumnado experimentar toda la amplitud y profundidad del curso, desarrollar habilidades científicas y demostrar la utilización segura, competente y metódica de una variedad de herramientas, técnicas y equipos. Por lo tanto, se debe animar a los alumnos y alumnas a desarrollar investigaciones que contribuyan a su aprendizaje por medio de la indagación abierta, y centradas en los experimentos de laboratorio y el trabajo de campo, las bases de datos, las simulaciones y la modelización.

Aprendizaje conceptual

Se recomienda emplear la enseñanza y el aprendizaje basados en conceptos en el continuo de programas del IB.

Los conceptos son representaciones mentales de categorías. El alumno(a) los construye, modifica y activa a través de las experiencias de aprendizaje. Los conceptos no existen de manera aislada, sino que están interrelacionados. La comprensión conceptual siempre es un trabajo en curso: se está desarrollando y refinando continuamente.

Por lo tanto, la comprensión conceptual es el resultado de un proceso permanente y no lineal de evolución de la comprensión, adaptación de los conocimientos previos, e identificación y eliminación de errores conceptuales. Consiste en establecer conexiones entre el conocimiento previo y el nuevo, a fin de tomar conciencia de esta red de conocimiento.

Los conceptos presentan distintos niveles de abstracción y universalidad.

- Pueden ser ideas organizadoras que resultan aplicables en muchos contextos y son pertinentes tanto en cada área disciplinaria como entre ellas.
- Pueden proporcionar una comprensión profunda de campos de conocimiento concretos y ayudan a seguir organizando el conocimiento, además de revelar conexiones entre distintas áreas de la asignatura.

Por ejemplo, considere la siguiente secuencia de tres conceptos.

Cambio > Energía > Radiación térmica

La radiación térmica es un componente para comprender la energía, que a su vez ayuda a desarrollar una comprensión del cambio en física.

Resultados de un enfoque basado en conceptos

El resultado de un enfoque basado en conceptos que fomenta el pensamiento crítico es que el alumnado es capaz de:

- Identificar ejemplos de un concepto
- Organizar su red de conocimiento, reflexionar sobre ella, modificarla y ampliarla
- Aplicar conceptos al conocimiento existente y futuro
- Aplicar su comprensión conceptual como una herramienta de pensamiento científico para predecir resultados, justificar conclusiones y evaluar afirmaciones de conocimiento

Estructura del programa de estudios y comprensión conceptual

La estructura de este programa de estudios de Física pretende fomentar un aprendizaje y una enseñanza basados en conceptos que pueden conectarse mediante tres conceptos: energía, partículas y fuerzas. Estos

tres conceptos están presentes en todo el programa de estudios de Física, en cada una de las áreas temáticas.

En el programa de estudios de Física hay cinco áreas temáticas organizativas.

- A. Espacio, tiempo y movimiento
- B. La naturaleza corpuscular de la materia
- C. Comportamiento de las ondas
- D. Campos
- E. Física nuclear y cuántica

Las áreas temáticas se han elegido para representar las áreas principales de la física que son pertinentes en este nivel de estudios y no sugieren un orden de enseñanza específico.

Cada una de estas áreas temáticas se subdivide en temas. “Espacio, tiempo y movimiento” incluye los temas de cinemática y mecánica de los cuerpos rígidos; “campos” incluye los temas de campos gravitatorios e inducción; y “física nuclear y cuántica” incluye los temas de desintegración radiactiva y fisión. A su vez, cada uno de estos temas contiene preguntas de orientación, horas lectivas recomendadas para cada nivel, una lista de conocimientos que el alumnado debe adquirir, orientación y preguntas transversales.

Los temas pueden conectarse mediante tres conceptos: energía, partículas y fuerzas. Cada tema está encabezado por preguntas de orientación que dan una idea del material que se abarca. El propósito de estas preguntas de orientación es fomentar la indagación, por lo que no son sencillas y lo mejor es contestarlas una vez que se han adquirido los conocimientos asociados. Se anima al profesorado y al alumnado a que creen sus propias preguntas de orientación a partir del contenido de las unidades de estudio.

Las preguntas transversales refuerzan la comprensión del alumnado mediante el establecimiento de conexiones. Las preguntas transversales pretenden fomentar las habilidades en el estudio de Física y subrayan los vínculos entre distintos temas. Las preguntas animan al alumnado a examinar un tema desde una variedad de perspectivas, surgidas en otra parte del curso. Están diseñadas para facilitar estas relaciones y su resultado ideal es la promoción de una comprensión muy interconectada de la física. Por ejemplo, al considerar los procesos que ocurren en una central de fisión nuclear, el alumnado puede establecer conexiones desde la estructura del núcleo hasta la generación de electricidad, pasando por la liberación de energía cinética en forma de neutrones. Examinar este proceso a partir del concepto de energía también pone de manifiesto las transformaciones de energía y las leyes de conservación, que también conectan con otras áreas de la física. Las preguntas transversales presentes en la guía no son exhaustivas. Es muy posible que el alumnado y el profesorado encuentren otras conexiones entre conocimientos y conceptos en el programa de estudios, y que eso conduzca a preguntas transversales adicionales.

Enseñanza de la física en contexto

El estudio de la física permite abordar de manera constructiva las cuestiones científicas de actualidad. Al contextualizar los conceptos físicos, es posible evaluar de manera más eficaz las afirmaciones de conocimiento científico y tomar decisiones fundamentadas sobre cuestiones como la salud humana y el medio ambiente. La investigación en física ha traído innovaciones y beneficios a muchos campos, y continúa ocupando un lugar central en la búsqueda de soluciones eficaces a muchos retos globales. Por lo tanto, es importante explorar las aplicaciones de la física en nuestro mundo durante la enseñanza del curso para despertar interés, comprensión y curiosidad.

Impartir el contenido del curso en relación con contextos específicos apoya el principio pedagógico de la enseñanza desarrollada en contextos locales y globales como parte del marco de enfoques de la enseñanza, y ofrece una serie de ventajas. Primero, ayuda al alumnado a relacionar su aprendizaje con aplicaciones reales de la física, al subrayar la importancia en las cuestiones globales, así como en los contextos de los alumnos. Segundo, sirve para desarrollar una apreciación de la interacción entre las soluciones científicas y sus repercusiones, ya sean éticas, ambientales o económicas. Tercero, ayuda a ilustrar algunos de los aspectos de la naturaleza de la ciencia en los que se basa el curso.

El material de ayuda al profesor de Física destaca posibles áreas que se podrían tratar a lo largo del curso y que podrían aportar contexto en algunos temas para estimular la aplicación de las ideas y las habilidades de resolución de problemas. La consideración de estas y otras áreas relacionadas puede contribuir a proporcionar ideas para la investigación científica, el proyecto científico colectivo, la exposición de TdC, CAS o una monografía de Física o de Estudios del Mundo Contemporáneo.

Tratamiento de temas delicados

Se anima al alumnado y al profesorado a abordar temas y cuestiones interesantes, estimulantes y que les resultan pertinentes en el ámbito personal. Estos temas a veces pueden resultar delicados o difíciles para algunos alumnos y alumnas debido a sus circunstancias personales. El equipo docente debe ser consciente de esto y proporcionar orientación al alumnado sobre cómo abordarlos de manera responsable. Deben tenerse en cuenta los valores personales, políticos y espirituales de otras personas.

Conocimientos previos

La experiencia ha demostrado que los alumnos y alumnas sin estudios ni conocimientos previos sobre ciencias serán capaces de cursar con éxito Física 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, y aunque no se pretende restringir el acceso a la asignatura, los alumnos y alumnas que se planteen cursar Física en el NS deberán contar con cierta experiencia anterior en educación científica formal. No se especifican temas concretos, aunque quienes hayan cursado el Programa de los Años Intermedios (PAI) o hayan realizado estudios afines con orientación científica o un curso de ciencias en el colegio tendrán una preparación suficiente para una asignatura del NS.

Vínculos con el Programa de los Años Intermedios

Los cursos de Ciencias del PAI buscan fomentar las habilidades y actitudes necesarias para aplicar el conocimiento científico en contextos teóricos, experimentales y reales. Establecen una base sólida para Ciencias del PD, donde el alumnado aprovechará y continuará mejorando sus habilidades y actitudes a fin de desarrollar un conocimiento y una comprensión acordes con las ciencias de nivel preuniversitario.

El PAI ofrece un marco para el aprendizaje y la enseñanza, a la vez que mantiene flexibilidad respecto al contenido del currículo. En consecuencia, el contenido de los cursos de Ciencias del PAI puede variar mucho de un colegio a otro. El contenido de los cursos de Ciencias del PD está más prescrito, y esta es una de las principales diferencias que advertirá el profesorado al comparar los dos programas.

El principio pedagógico en el que se basan ambos programas y todo el continuo de programas del IB es el de un currículo cohesivo y conceptual, con un aprendizaje basado en la indagación y contextualizado (Bachillerato Internacional, 2019).

El aprendizaje conceptual se centra en organizar las ideas y sus interconexiones. En los programas del IB se recomienda un enfoque conceptual porque fomenta un aprendizaje profundo y facilita la construcción de nuevos conocimientos. La comprensión conceptual contribuye a la aplicación de conocimientos en contextos nuevos y desconocidos. Esta habilidad está reflejada en los objetivos generales y de evaluación de ambos programas.

Los conceptos amplios enmarcan el aprendizaje y la enseñanza en el PAI, con el propósito de unificar las ideas de distintas áreas disciplinarias. Los conceptos relacionados específicos de la disciplina pretenden aportar profundidad disciplinaria (Bachillerato Internacional, 2014). Los conceptos clave y relacionados no son necesarios en el PD, si bien buena parte del personal docente podría descubrir que quiere continuar desarrollando el currículo en torno a ellos. En Ciencias del PD, los conceptos generales se manifiestan en las hojas de ruta del curso y en el tema de la naturaleza de la ciencia. Se busca subrayar la interconexión de los conocimientos de los cursos. La intención es promover la comprensión conceptual y continuar la construcción de las redes de conocimiento del alumnado.

La enseñanza en el PAI y en el PD conlleva enfoques basados en la indagación, que fomentan una elevada participación, colaboración e interacción del alumnado. Las habilidades de indagación, diseño, experimentación, análisis, evaluación y comunicación recomendadas en los criterios B y C les resultarán útiles a los alumnos y alumnas mientras se preparan para llevar a cabo la investigación científica para la evaluación interna. Además, el alumnado del PAI se familiarizará con la evaluación basada en criterios y el uso de criterios de evaluación, lo que le ayudará a comprender los criterios de evaluación interna de Ciencias del PD.

Los programas del IB fomentan la exploración de los principios científicos en relación con contextos locales y globales. Esto ayuda al alumnado a cimentar conceptos abstractos en situaciones reales más concretas, locales y globales, así como a cultivar la mentalidad internacional (véase la sección “Enfoques de la enseñanza” del sitio web de enfoques de la enseñanza y el aprendizaje del PD). Por lo tanto, el equipo docente debe intercalar en el currículo oportunidades para la contextualización. El criterio D de Ciencias del PAI analiza la aplicación de la ciencia al mundo real. En el PD, se recomienda al profesorado de Ciencias que afiance a menudo su enseñanza en las aplicaciones del mundo real a las que se hace referencia a lo largo del programa.

Además de equipar al alumnado con conocimientos y habilidades científicas, los cursos de Ciencias del PAI y del PD comparten unos principios directores similares, que buscan el desarrollo de los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB.

Vínculos con el Programa de Orientación Profesional

El alumnado del Programa de Orientación Profesional (POP) estudia, al menos, dos asignaturas del PD, un tronco común con cuatro componentes y un programa de estudios de formación profesional, cuya composición está determinada por el contexto local y es coherente con las necesidades de los alumnos. El POP se ha concebido para añadir valor a los estudios de formación profesional de cada estudiante. Esto proporciona el contexto para la elección de los cursos del Programa del Diploma. El curso de Física puede ayudar al alumnado del POP que tenga previsto desarrollar su carrera en diversos campos profesionales donde, por ejemplo, sea importante tener una sólida comprensión de las ciencias y habilidades matemáticas. Esos campos incluyen las industrias manufactureras y tecnológicas, y las ingenierías. La física ayuda al alumnado a comprender la ciencia en la que se basa el mundo contemporáneo, pero también fomenta el desarrollo de habilidades sólidas de resolución de problemas, del pensamiento crítico y de enfoques éticos que le resultarán útiles en el mercado laboral global.

El proyecto científico colectivo

El proyecto científico colectivo es un proyecto interdisciplinario de Ciencias que representa un valioso reto para el alumnado del PD y el POP, al abordar problemas del mundo real que se pueden explorar mediante las ciencias. La naturaleza del reto debería permitir que integren los conocimientos fácticos, procedimentales y conceptuales adquiridos durante el estudio de sus disciplinas.

Mediante la identificación e investigación de cuestiones complejas, los alumnos y alumnas pueden desarrollar una comprensión del modo en que los sistemas, mecanismos y procesos interrelacionados influyen en un problema. A continuación, aplicarán su comprensión colectiva al desarrollo de estrategias centradas en soluciones que aborden la cuestión. Cada estudiante evaluará la complejidad inherente a la resolución de problemas del mundo real y reflexionará sobre ella desde una perspectiva crítica.

Los alumnos y alumnas desarrollarán una comprensión del alcance de la interconexión global entre las comunidades regionales, nacionales y locales, y eso les capacitará para convertirse en ciudadanos del mundo activos e implicados. Al abordar cuestiones locales y globales, el alumnado comprenderá que las cuestiones de hoy en día trascienden las fronteras nacionales y solo pueden resolverse mediante la acción colectiva y la cooperación internacional.

El proyecto científico colectivo contribuye a que el alumnado desarrolle habilidades de los enfoques del aprendizaje, como las relacionadas con el trabajo en equipo, la negociación y el liderazgo. Además, les permite apreciar las repercusiones ambientales, sociales y éticas de la ciencia y la tecnología.

Toda la información sobre los requisitos se presenta en la guía del proyecto científico colectivo.

Objetivos generales

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

1. Desarrollar una comprensión conceptual que permita establecer conexiones entre distintas áreas de la asignatura y con otras asignaturas de Ciencias del PD
2. Adquirir y aplicar un conjunto de conocimientos, métodos, herramientas y técnicas que caracterizan a la ciencia
3. Desarrollar la capacidad de analizar, evaluar y sintetizar la información y las afirmaciones científicas
4. Desarrollar la capacidad de abordar situaciones desconocidas con creatividad y resiliencia
5. Diseñar y crear modelos de soluciones a problemas locales y globales en un contexto científico
6. Aprender a apreciar las posibilidades y limitaciones de la ciencia
7. Desarrollar habilidades relacionadas con las tecnologías en un contexto científico
8. Desarrollar la capacidad de comunicarse y colaborar de manera eficaz
9. Tomar conciencia sobre el impacto ético, ambiental, económico, cultural y social de la ciencia

Objetivos de evaluación

Los objetivos de evaluación de Física reflejan aquellos aspectos de los objetivos generales que se evaluarán de manera formal interna o externamente. El propósito de estos cursos es que el alumnado alcance los siguientes objetivos de evaluación:

1. Demostrar conocimiento de:
 - a. Terminología, hechos y conceptos
 - b. Habilidades, técnicas y metodologías
2. Comprender y aplicar conocimientos de:
 - a. Terminología y conceptos
 - b. Habilidades, técnicas y metodologías
3. Analizar, evaluar y sintetizar:
 - a. Procedimientos experimentales
 - b. Datos primarios y secundarios
 - c. Tendencias, patrones y predicciones
4. Demostrar la aplicación de las habilidades necesarias para llevar a cabo investigaciones perspicaces y éticas

Los objetivos de evaluación en la práctica

Las evaluaciones reflejan los objetivos generales, los objetivos de evaluación y el enfoque conceptual del curso; también se evalúan la naturaleza de la ciencia y las habilidades específicas de la asignatura. Esto permite que los alumnos y alumnas demuestren de manera eficaz el aprendizaje a través de diversas tareas que los educadores y expertos del área disciplinaria corrigen o moderan con fiabilidad y precisión.

Objetivo de evaluación (OE)	¿En qué componente se evalúa este objetivo?	¿Cómo se evalúa al alumnado en relación con este objetivo?
OE1: Demostrar conocimiento	Prueba 1 Prueba 2 Investigación científica	Los alumnos y alumnas responden una variedad de preguntas de opción múltiple, de respuesta corta y de respuesta larga. Los alumnos y alumnas investigan y responden una pregunta de investigación propia.
OE2: Comprender y aplicar conocimientos	Prueba 1 Prueba 2 Investigación científica	Los alumnos y alumnas responden una variedad de preguntas basadas en datos, de opción múltiple, de respuesta corta y de respuesta larga. Los alumnos y alumnas investigan y responden una pregunta de investigación propia.
OE3: Analizar, evaluar y sintetizar	Prueba 1 Prueba 2 Investigación científica	Los alumnos y alumnas responden una variedad de preguntas basadas en datos, de opción múltiple, de respuesta corta y de respuesta larga. Los alumnos y alumnas investigan y responden una pregunta de investigación propia.
OE4: Demostrar la aplicación de las habilidades necesarias para llevar a cabo investigaciones perspicaces y éticas	Investigación científica	Los alumnos y alumnas investigan y responden una pregunta de investigación propia.

Componente	Porcentaje aproximado de los objetivos de evaluación (%)	
	OE1 + OE2	OE3
Prueba 1	50	50
Prueba 2	50	50
Evaluación interna	Aborda los objetivos de evaluación 1, 2, 3 y 4	

Resumen del programa de estudios

Componente del programa de estudios	Horas lectivas	
	NM	NS
Contenido del programa de estudios	110	180
A. Espacio, tiempo y movimiento	27	42
B. La naturaleza corpuscular de la materia	24	32
C. Comportamiento de las ondas	17	29
D. Campos	19	38
E. Física nuclear y cuántica	23	39
Programa experimental	40	60
Trabajo práctico	20	40
El proyecto científico colectivo	10	10
Investigación científica	10	10
Total de horas lectivas	150	240

Se recomienda impartir 150 horas lectivas para completar los cursos del NM y 240 horas lectivas para completar los cursos del NS, tal como se indica en el reglamento general de los *Procedimientos de evaluación del Programa del Diploma*.

Hoja de ruta del programa de estudios

El objetivo del programa de estudios es integrar los conceptos, el contenido de los temas y la naturaleza de la ciencia a través de la indagación. Se anima al alumnado y al profesorado a personalizar su enfoque del programa de estudios para que se adapte a sus circunstancias e intereses.

Las habilidades en el estudio de Física se deben integrar en la enseñanza del contenido del programa de estudios.

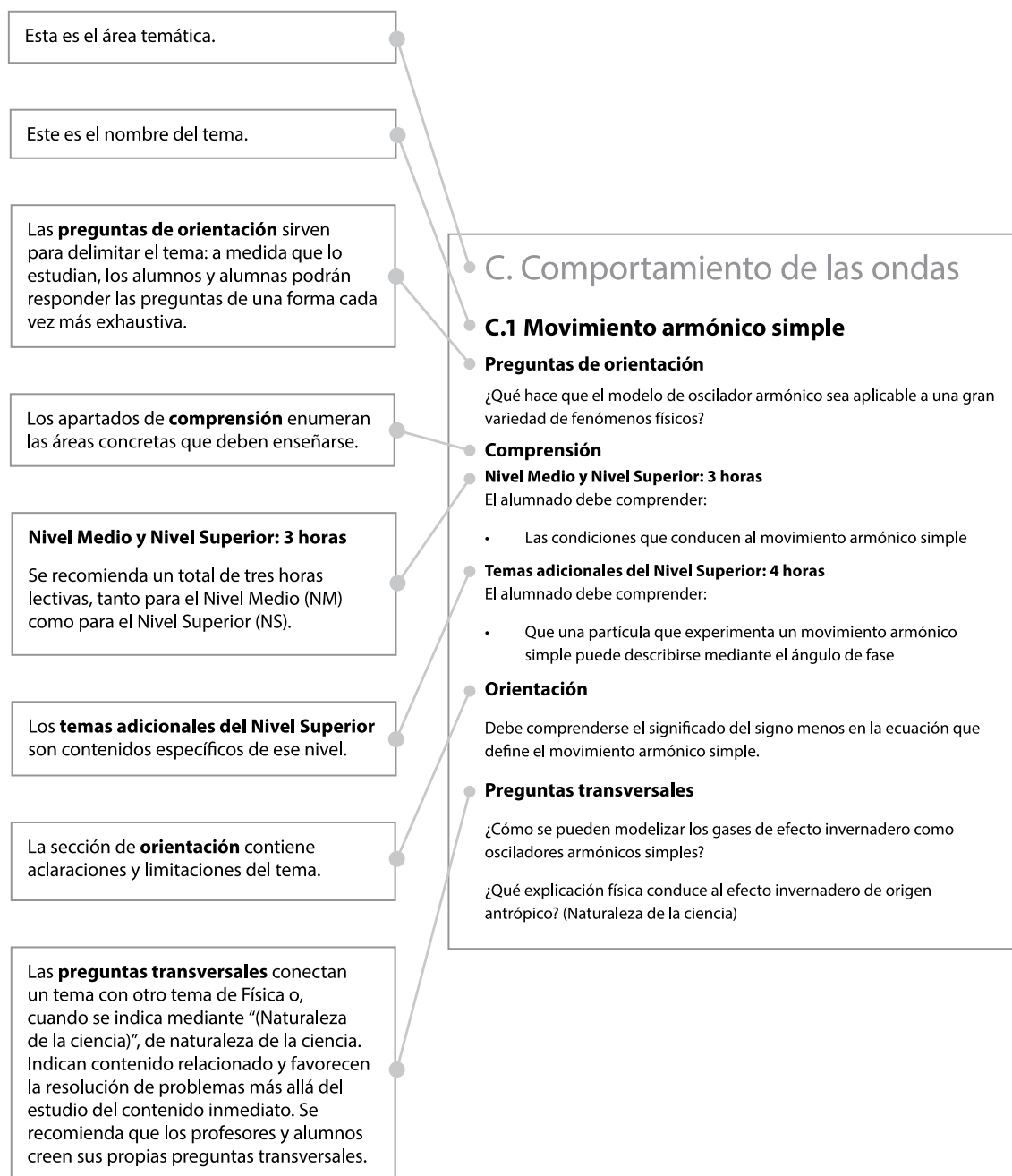
Tabla 4

Resumen del contenido del programa de estudios de Física

A. Espacio, tiempo y movimiento	B. La naturaleza corpuscular de la materia	C. Comportamiento de las ondas	D. Campos	E. Física nuclear y cuántica
A.1 Cinemática • A.2 Fuerzas y cantidad de movimiento • A.3 Trabajo, energía y potencia • A.4 Mecánica de los cuerpos rígidos ... A.5 Relatividad galileana y especial ...	B.1 Transferencias de energía térmica • B.2 Efecto invernadero • B.3 Leyes de los gases • B.4 Termodinámica ... B.5 Corriente y circuitos •	C.1 Movimiento armónico simple .. C.2 Modelo ondulatorio • C.3 Fenómenos ondulatorios .. C.4 Ondas estacionarias y resonancia • C.5 Efecto Doppler ..	D.1 El campo gravitatorio .. D.2 Campos eléctricos y magnéticos .. D.3 Movimiento en campos electromagnéticos • D.4 Inducción ...	E.1 Estructura del átomo .. E.2 Física cuántica ... E.3 Desintegración radiactiva .. E.4 Fisión • E.5 Fusión y estrellas •

- Temas con contenido que debe impartirse a todo el alumnado
- Temas con contenido que debe impartirse a todo el alumnado y contenido adicional del NS
- Temas con contenido que solo debe impartirse al alumnado del NS

Formato del programa de estudios



Habilidades en el estudio de Física

Estas herramientas contienen las habilidades y técnicas con las que los alumnos y alumnas deben experimentar a lo largo del curso. Contribuyen a la aplicación y el desarrollo del proceso de indagación en la enseñanza de un curso de Física.

Herramientas

- **Herramienta 1:** Técnicas experimentales
- **Herramienta 2:** Tecnología
- **Herramienta 3:** Matemáticas

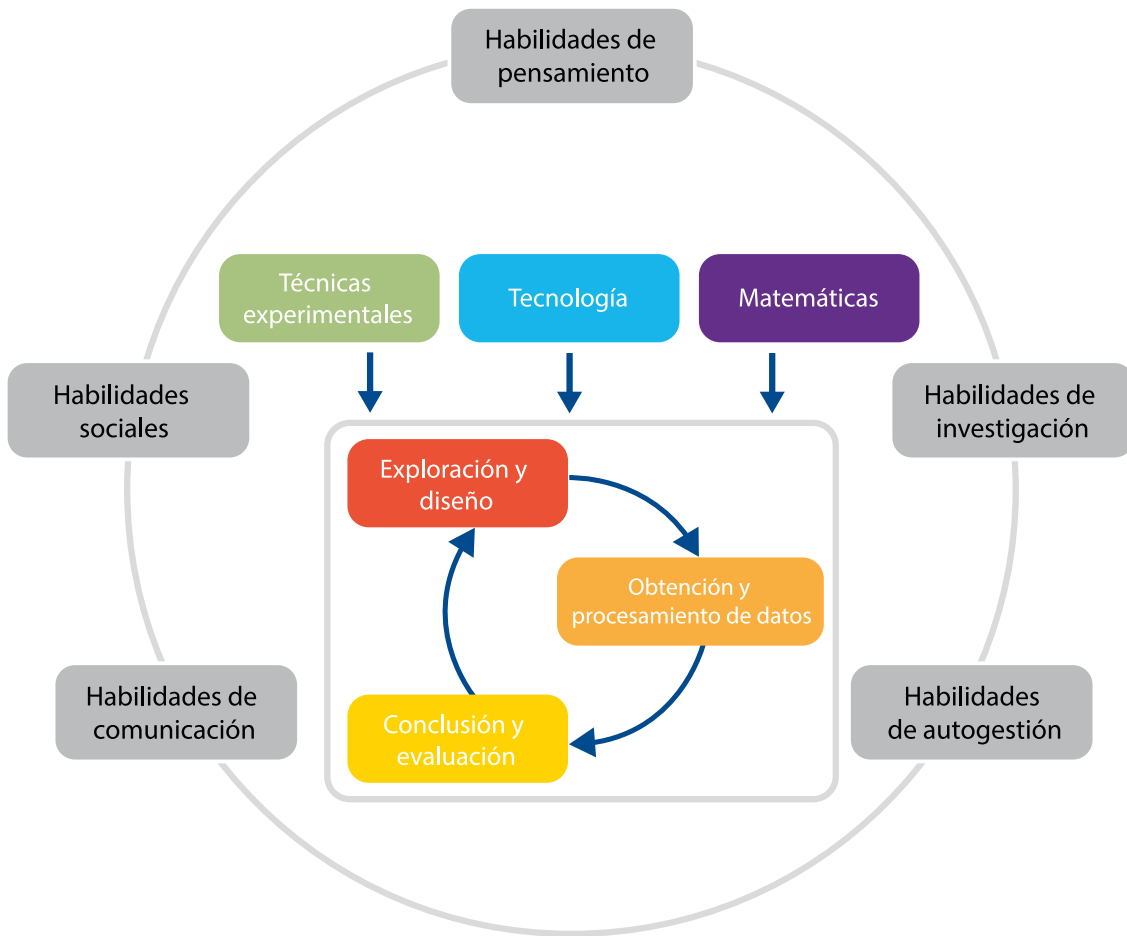
Proceso de indagación

- **Indagación 1:** Exploración y diseño
- **Indagación 2:** Obtención y procesamiento de datos
- **Indagación 3:** Conclusión y evaluación

Se recomienda al profesorado que proporcione a sus estudiantes oportunidades de adquirir y practicar las habilidades a lo largo del programa. En vez de enseñarse como temas independientes, deben integrarse en la enseñanza del programa de estudios cuando sean pertinentes a los temas del programa que se estén tratando. Las habilidades en el estudio de Física pueden examinarse mediante evaluaciones internas y externas.

Los enfoques del aprendizaje proporcionan el marco para el desarrollo de estas habilidades.

Figura 2
Habilidades de Física



Herramientas

Herramienta 1: Técnicas experimentales

Habilidad	Descripción
Abordar la seguridad propia, de otras personas y del medio ambiente	Reconocer y abordar las cuestiones de seguridad, éticas o ambientales pertinentes en una investigación
Medición de variables	Comprender cómo medir las siguientes magnitudes con un nivel de precisión apropiado: • Masa • Tiempo • Longitud • Volumen • Temperatura • Fuerza • Corriente eléctrica

Habilidad	Descripción
	- Diferencia de potencial eléctrico - Ángulo - Intensidad del sonido y la luz

Herramienta 2: Tecnología

Habilidad	Descripción
Aplicar la tecnología para obtener datos	- Utilizar sensores - Identificar y extraer datos de una base de datos - Generar datos a partir de modelos y simulaciones - Realizar análisis del movimiento a partir de imágenes y videos
Aplicar la tecnología para procesar datos	- Utilizar hojas de cálculo para manipular datos - Representar datos de forma gráfica - Utilizar modelos por computadora

Herramienta 3: Matemáticas

Habilidad	Descripción
Aplicar matemáticas generales	- Utilizar cálculos aritméticos y algebraicos básicos para resolver problemas - Calcular áreas y volúmenes de figuras simples - Realizar cálculos con decimales, fracciones, porcentajes, razones, recíprocas, potencias y razones trigonométricas - Realizar cálculos con funciones logarítmicas y exponenciales - Determinar razones de cambio - Calcular media y rango - Utilizar e interpretar la notación científica (por ejemplo $3,5 \times 10^6$) - Seleccionar y manipular ecuaciones - Derivar relaciones por métodos algebraicos - Utilizar aproximaciones y estimaciones - Reconocer cuándo pueden ignorarse algunos efectos y por qué resulta útil - Comparar y citar razones, valores y aproximaciones redondeando al orden de magnitud más próximo - Distinguir entre variables discretas y continuas - Comprender la proporcionalidad directa e inversa, así como las relaciones o correlaciones positivas y negativas entre variables - Determinar el efecto de los cambios en las variables sobre las otras variables de una relación - Calcular e interpretar el cambio porcentual y la diferencia porcentual - Calcular e interpretar el porcentaje de error y la incertidumbre porcentual - Elaborar y utilizar diagramas a escala

Habilidad	Descripción
	- Identificar una cantidad como un escalar o un vector - Dibujar con precisión y rotular vectores, indicando la magnitud, el punto de aplicación y la dirección - Dibujar con precisión e interpretar diagramas de cuerpo libre que muestren las fuerzas en el punto de aplicación o el centro de masa, según proceda - Sumar y restar vectores contenidos en el mismo plano (limitado a tres vectores) - Multiplicar vectores por un escalar - Resolver vectores (limitado a dos componentes perpendiculares)
Usar unidades, símbolos y valores numéricos	- Aplicar y utilizar los prefijos y las unidades del Sistema Internacional de Unidades (unidades del SI) - Identificar y utilizar los símbolos indicados en la guía y el cuadernillo de datos - Trabajar con unidades fundamentales - Utilizar unidades (por ejemplo, eV, eVc^{-2}, años luz, pc, h, días, años) siempre que resulte apropiado - Expresar unidades derivadas en función de unidades del SI - Comprobar una expresión mediante el análisis dimensional de las unidades (no se evaluará el proceso formal del análisis dimensional) - Expresar cantidades e incertidumbres con un número apropiado de cifras significativas o cifras decimales
Procesar incertidumbres	- Comprender la importancia de las incertidumbres en los datos brutos y procesados - Registrar las incertidumbres de las mediciones en forma de rango ($\pm$) hasta un nivel de precisión adecuado - Propagar las incertidumbres en los datos procesados, en cálculos con sumas, restas, multiplicaciones, divisiones y potencias - Expresar la incertidumbre —absoluta, fraccionaria (relativa) y porcentual— de las mediciones y de los datos procesados con un número de cifras decimales o un nivel de precisión apropiados
Elaborar gráficos	- Dibujar aproximadamente gráficos, con ejes rotulados pero no escalados, para describir tendencias de manera cualitativa - Elaborar e interpretar tablas, diagramas y gráficos para los datos brutos y procesados, incluidos histogramas y gráficos circulares, de barras, de dispersión, y de líneas y curvas - Trazar e interpretar gráficos utilizando escalas logarítmicas - Dibujar gráficos lineales y no lineales que muestren la relación entre dos variables con escalas y ejes apropiados - Dibujar con precisión rectas o curvas de ajuste óptimo - Dibujar con precisión e interpretar barras de incertidumbre - Extrapolar e interpolar gráficos - Linealizar gráficos (solo cuando proceda)

Habilidad	Descripción
	- Sobre un gráfico lineal de ajuste óptimo, trazar rectas de gradientes máximo y mínimo con relativa exactitud (a ojo) considerando todas las barras de incertidumbre - Determinar la incertidumbre de gradientes y puntos de intersección - Interpretar características de los gráficos, como la pendiente, los cambios de pendiente, los puntos de corte con los ejes, los máximos y mínimos, y las áreas bajo el gráfico

Proceso de indagación

Indagación 1: Exploración y diseño

Habilidad	Descripción
Exploración	- Demostrar pensamiento independiente, iniciativa y perspicacia - Consultar una variedad de fuentes - Seleccionar suficientes fuentes de información que sean pertinentes - Formular preguntas de investigación e hipótesis - Indicar y explicar predicciones utilizando la comprensión científica
Diseño	- Demostrar creatividad en el diseño, la implementación y la presentación de la investigación - Desarrollar investigaciones en las que se empleen experimentos prácticos de laboratorio, bases de datos, simulaciones y modelos - Identificar y justificar la elección de variables dependientes, independientes y de control - Justificar el rango y número de mediciones - Diseñar y explicar una metodología válida - Metodologías piloto
Control de las variables	Apreciar cuándo y cómo: - Calibrar los aparatos de medida, incluidos los sensores - Mantener constantes las condiciones ambientales de los sistemas - Aislar frente a las pérdidas o ganancias de calor - Reducir la fricción - Reducir la resistencia eléctrica - Tener en cuenta la radiación de fondo

Indagación 2: Obtención y procesamiento de datos

Habilidad	Descripción
Obtención de datos	- Identificar y registrar observaciones cualitativas pertinentes - Obtener y registrar suficientes datos cuantitativos pertinentes

Habilidad	Descripción
	Identificar y abordar problemas que surjan durante la obtención de los datos
Procesamiento de datos	Realizar un tratamiento de la información pertinente y preciso
Interpretación de los resultados	- Interpretar datos cualitativos y cuantitativos - Interpretar diagramas, gráficos y tablas - Identificar, describir y explicar patrones, tendencias y relaciones - Identificar y justificar la eliminación o inclusión de los valores no esperados en los datos (no se requiere ningún procesamiento matemático) - Evaluar la exactitud, precisión, fiabilidad y validez

Indagación 3: Conclusión y evaluación

Habilidad	Descripción
Conclusión	- Interpretar los datos procesados y los análisis para extraer conclusiones y justificarlas - Comparar los resultados de una investigación con el contexto científico aceptado - Relacionar los resultados de una investigación con la pregunta de investigación o hipótesis formulada - Discutir el efecto de las incertidumbres en las conclusiones
Evaluación	- Evaluar hipótesis - Identificar y discutir las fuentes y los efectos de los errores aleatorios y sistemáticos - Evaluar las repercusiones de los puntos débiles, las limitaciones y los supuestos de la metodología en las conclusiones - Explicar mejoras realistas y pertinentes de una investigación

Cuadernillo de datos

El IB publica un cuadernillo de datos de Física que contiene símbolos eléctricos, ecuaciones matemáticas, constantes y ecuaciones físicas pertinentes al curso. El alumnado debe tener acceso a una copia de este cuadernillo durante todo el curso, a fin de poder familiarizarse con su contenido. Se hace referencia específica a las ecuaciones pertinentes en los apartados de “Comprensión” de la guía. Esto ayuda a mantener el énfasis en la interpretación y la aplicación, y no en la memorización de símbolos, constantes y ecuaciones. Debe ponerse a disposición del alumnado una copia sin anotaciones del cuadernillo de datos de Física en todos los exámenes del Nivel Medio y el Nivel Superior.

Contenido del programa de estudios

A. Espacio, tiempo y movimiento

A.1 Cinemática

Preguntas de orientación

¿Cómo se puede describir de forma cuantitativa y cualitativa el movimiento de un cuerpo?

¿Cómo se puede predecir la posición de un cuerpo en el espacio y el tiempo?

¿Cómo se puede utilizar el análisis del movimiento en una y dos dimensiones para solucionar problemas de la vida real?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 9 horas

El alumnado debe comprender:

- Que el movimiento de los cuerpos a través del espacio y el tiempo se puede describir y analizar a partir de su posición, velocidad y aceleración
- Que la velocidad es la razón de cambio de la posición y la aceleración es la razón de cambio de la velocidad
- Que el cambio de posición es el desplazamiento
- La diferencia entre distancia y desplazamiento
- La diferencia entre los valores instantáneos y medios de la velocidad, la rapidez y la aceleración, y cómo determinarlos
- Las ecuaciones del movimiento para resolver problemas con movimiento uniformemente acelerado, dadas por

$$s = \frac{u + v}{2}t$$

$$v = u + at$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

- El movimiento con aceleración uniforme y no uniforme
- El comportamiento de los proyectiles en ausencia de resistencia de fluidos, y la aplicación de las ecuaciones del movimiento resueltas en los componentes vertical y horizontal
- El efecto cualitativo de la resistencia del fluido sobre los proyectiles, incluidos el tiempo de vuelo, la trayectoria, la velocidad, la aceleración, el alcance y la velocidad terminal

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en A.1.

Orientación

El enfoque cuantitativo del movimiento de proyectiles se limitará a situaciones donde la resistencia de fluidos no existe o puede ignorarse.

La trayectoria del movimiento de proyectiles es parabólica en ausencia de resistencia de fluidos, pero no se requiere la ecuación de la trayectoria.

Es necesario estar familiarizado con los proyectiles lanzados horizontalmente y con ángulos por encima y por debajo del plano horizontal.

El movimiento de proyectiles solo aparecerá en problemas en que se utiliza un valor constante de g cerca de la superficie de la Tierra.

La resistencia de fluidos se refiere a los efectos de los gases y los líquidos sobre el movimiento de un cuerpo.

Preguntas transversales

¿Qué comparación puede establecerse entre el movimiento de una masa en un campo gravitatorio y el movimiento de una partícula cargada en un campo eléctrico?

¿Qué relación existe entre las ecuaciones del movimiento rotacional y las del movimiento lineal?

¿Cuándo se pueden resolver ciertos tipos de problemas sobre el movimiento de proyectiles aplicando la conservación de energía en lugar de las ecuaciones cinemáticas?

¿En qué medida las ecuaciones del movimiento modelizan eficazmente las leyes de la dinámica de Newton?

¿De qué manera una fuerza gravitatoria permite el movimiento orbital?

¿Cómo cambia el movimiento de un objeto en un campo gravitatorio?

¿Cómo permite el análisis gráfico determinar otras cantidades físicas? (Naturaleza de la ciencia)

A.2 Fuerzas y cantidad de movimiento

Preguntas de orientación

¿Cómo se pueden representar de forma visual y algebraica las fuerzas que actúan sobre un sistema?

¿Cómo se pueden modelizar matemáticamente las leyes de Newton?

¿Cómo se puede usar el conocimiento de las fuerzas y la cantidad de movimiento para predecir el comportamiento de cuerpos que interactúan entre sí?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 10 horas

El alumnado debe comprender:

- Las tres leyes del movimiento de Newton
- Las fuerzas como interacciones entre cuerpos
- Que las fuerzas que actúan sobre un cuerpo pueden representarse en un diagrama de cuerpo libre
- Que es posible analizar los diagramas de cuerpo libre para hallar la fuerza resultante sobre un sistema
- La naturaleza y el uso de las siguientes fuerzas de contacto:
 - La fuerza normal F_N que es el componente de la fuerza de contacto que actúa perpendicularmente a la superficie que sostiene el cuerpo
 - La fuerza de fricción superficial F_f que actúa en una dirección paralela al plano de contacto entre un cuerpo y una superficie, ya sea sobre un cuerpo en reposo de acuerdo con $F_f \leq \mu_s F_N$ o sobre un cuerpo en movimiento de acuerdo con $F_f = \mu_d F_N$, donde μ_s y μ_d son los coeficientes de fricción estática y dinámica, respectivamente
 - La tensión
 - La fuerza restauradora elástica F_H que cumple la ley de Hooke dada por $F_H = -kx$, donde k es la constante elástica
 - La fuerza de resistencia viscosa F_d que actúa sobre una pequeña esfera y se opone a su movimiento a través de un fluido, dada por $F_d = 6\pi\eta rv$, donde η es la viscosidad del fluido, r es el radio de la esfera y v es la velocidad de la esfera a través del fluido

- La flotabilidad F_b que actúa sobre un cuerpo debido al desplazamiento del fluido, dada por $F_b = \rho Vg$, donde V es el volumen de fluido desplazado
- La naturaleza y el uso de las siguientes fuerzas de campo:
 - La fuerza gravitatoria F_g es el peso del cuerpo y se calcula según $F_g = mg$
 - La fuerza eléctrica F_e
 - La fuerza magnética F_m
- Que la cantidad de movimiento, dada por $p = mv$, permanece constante a menos que sobre el sistema actúe una fuerza externa resultante
- Que una fuerza externa resultante aplicada sobre un sistema constituye un impulso J , dado por $J = F\Delta t$, donde F es la fuerza media resultante y Δt es el tiempo de contacto
- Que el impulso externo aplicado es igual a la variación de la cantidad de movimiento del sistema
- Que la segunda ley del movimiento de Newton en la forma $F = ma$ supone que la masa es constante, mientras que $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ permite situaciones en las que la masa esté cambiando
- Las colisiones elásticas e inelásticas entre dos cuerpos
- Las explosiones
- Las consideraciones energéticas en colisiones elásticas, colisiones inelásticas y explosiones
- Que los cuerpos que se mueven a lo largo de una trayectoria circular a una velocidad constante experimentan una aceleración que se dirige radialmente hacia el centro de círculo, conocida como aceleración centrípeta, y dada por $a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$
- Que el movimiento circular está causado por una fuerza centrípeta que actúa en una dirección perpendicular a la velocidad
- Que una fuerza centrípeta hace que el cuerpo cambie de dirección aunque la magnitud de su velocidad pueda permanecer constante
- Que el movimiento a lo largo de una trayectoria circular puede describirse a partir de la velocidad angular ω , que está relacionada con la velocidad lineal v por la ecuación $v = \frac{2\pi r}{T} = \omega r$

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en A.2.

Orientación

Los bocetos e interpretaciones de diagramas de cuerpo libre y la determinación de la fuerza resultante solo se refieren a situaciones en una y dos dimensiones.

Las fuerzas deben rotularse empleando nombres o símbolos comúnmente aceptados.

La primera ley del movimiento de Newton se aplicará a problemas relacionados con el equilibrio de translación.

Los ejemplos de la tercera ley del movimiento de Newton incluirán la identificación de los pares de fuerzas en diversas situaciones.

No se requiere el uso de sistemas de ecuaciones que involucren la conservación de la cantidad de movimiento y la energía en las colisiones.

El enfoque cuantitativo de las colisiones y explosiones se aplicará a situaciones unidimensionales para el alumnado del Nivel Medio y a situaciones bidimensionales para el alumnado del Nivel Superior.

Las situaciones deben incluir movimiento circular tanto uniforme como no uniforme en planos horizontales y verticales.

No se requiere el análisis de fuerzas sobre cuerpos en movimiento circular no uniforme en un plano vertical en puntos que no sean el más alto o el más bajo.

No se requiere el tratamiento cuantitativo de problemas que incluyen superficies peraltadas.

Preguntas transversales

- ¿Cómo llevan las colisiones entre los portadores de carga y los núcleos atómicos de un conductor a que se produzca una transferencia de energía térmica?
- ¿Cómo permite el conocimiento de las fuerzas eléctricas y magnéticas predecir los cambios en el movimiento de las partículas cargadas?
- ¿Cómo lleva la aplicación de una fuerza restauradora que actúa sobre una partícula a que se produzca un movimiento armónico simple?
- ¿Cómo se aplican los conceptos de equilibrio y conservación para entender la materia y el movimiento, desde el átomo más pequeño hasta la totalidad del universo?
- ¿Por qué no se realiza trabajo sobre un cuerpo que se mueve a lo largo de una trayectoria circular?
- ¿En qué sentido es pertinente la conservación de la cantidad de movimiento para el funcionamiento de una central nuclear?
- ¿Cómo es posible desarrollar leyes a partir de pruebas experimentales si las mediciones experimentales incluyen incertidumbres? (Naturaleza de la ciencia)
- ¿Qué supuestos sobre las fuerzas entre las moléculas de un gas representan el comportamiento de gas ideal? (Naturaleza de la ciencia)

A.3 Trabajo, energía y potencia

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se usan los conceptos de trabajo, energía y potencia para predecir los cambios en un sistema?
- ¿Cómo se puede usar la consideración de la energía como método para solucionar problemas de cinemática?
- ¿Cómo se puede usar la transferencia de energía para realizar trabajo?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 8 horas

El alumnado debe comprender:

- El principio de conservación de la energía
- Que el trabajo realizado por una fuerza es equivalente a una transferencia de energía
- Que las transferencias de energía se pueden representar en un diagrama de Sankey
- Que el trabajo W realizado sobre un cuerpo por una fuerza constante depende de la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento, de acuerdo con $W = Fs \cos \theta$
- Que el trabajo realizado por la fuerza resultante sobre un sistema es igual al cambio en la energía del sistema
- Que la energía mecánica es la suma de la energía cinética, la energía potencial gravitatoria y la energía potencial elástica
- Que en ausencia de fuerzas resistivas de fricción se conserva la energía mecánica total de un sistema
- Que si se conserva la energía mecánica, el trabajo es la cantidad de energía transformada entre las distintas formas de energía mecánica de un sistema, como por ejemplo:
 - La energía cinética del movimiento de traslación, dada por $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$
 - La energía potencial gravitatoria cerca de la superficie de la Tierra, dada por $\Delta E_p = mg\Delta h$
 - La energía potencial elástica, dada por $E_H = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$
- Que la potencia desarrollada P es el ritmo de variación (o velocidad) del trabajo realizado, o la velocidad de transferencia de energía, de acuerdo con $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = Fv$

- El rendimiento η en función de la transferencia de energía o potencia, dado por $\eta = \frac{E_{\text{salida}}}{E_{\text{entrada}}} = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}}$
- La densidad de energía de las fuentes de combustible

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en A.3.

Orientación

El cambio en la energía mecánica total de un sistema debe interpretarse en función del trabajo que cualquier fuerza no conservativa realiza sobre el sistema.

Preguntas transversales

¿Qué otras cantidades en física incluyen razones de cambio?

¿Cómo se determina el estado de equilibrio de un sistema, como la atmósfera terrestre o una estrella?

¿Cómo permiten las ondas progresivas que se produzca una transferencia de energía sin un desplazamiento de materia resultante?

¿Por qué la ecuación para el cambio de energía potencial gravitatoria solo es pertinente cerca de la superficie de la Tierra y qué ocurre al alejarse más de la superficie?

¿Dónde se aplican las leyes de conservación en otras áreas de la física? (Naturaleza de la ciencia)

A.4 Mecánica de los cuerpos rígidos

Preguntas de orientación

¿Cómo se puede aplicar la comprensión del movimiento lineal al movimiento rotacional?

¿Cómo se usa la comprensión del momento de fuerza que actúa sobre un sistema para predecir cambios en el movimiento rotacional?

¿Cómo afecta la distribución de masa de un cuerpo a su movimiento rotacional?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior

No hay contenido del Nivel Medio en A.4.

Temas adicionales del Nivel Superior: 7 horas

El alumnado debe comprender:

- El momento τ de una fuerza respecto de un eje, dado por $\tau = Fr \sin \theta$
- Que para los cuerpos en equilibrio rotacional el momento de fuerza resultante es cero
- Que un momento de fuerza desequilibrado aplicado a un cuerpo rígido extendido causará una aceleración angular
- Que la rotación de un cuerpo puede describirse en función del desplazamiento angular, la velocidad angular y la aceleración angular
- Que las ecuaciones del movimiento para una aceleración angular uniforme pueden usarse a fin de predecir la posición angular θ , el desplazamiento angular $\Delta\theta$, la rapidez angular ω y la aceleración angular α del cuerpo, de acuerdo con

$$\Delta\theta = \frac{\omega_f + \omega_i}{2}t$$

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t$$

$$\Delta\theta = \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\Delta\theta$$

- Que el momento de inercia I depende de la distribución de masa de un cuerpo extendido alrededor de un eje de rotación
- El momento de inercia de un sistema de masas puntuales, dado por $I = \sum mr^2$
- La segunda ley del movimiento de Newton para la rotación, dada por $\tau = I\alpha$, donde τ es el valor promedio del momento de fuerza
- Que un cuerpo extendido que rota con una rapidez angular tiene un momento angular L dado por $L = I\omega$
- Que el momento angular permanece constante a menos que sobre el cuerpo actúe un momento de fuerza resultante
- Que la acción de un momento de fuerza resultante constituye un impulso angular ΔL dado por $\Delta L = \tau\Delta t = \Delta(I\omega)$
- La energía cinética del movimiento rotacional, dada por $E_k = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{L^2}{2I}$

Orientación

No es necesario abordar la naturaleza vectorial del momento de fuerza y del momento angular, pero se debe incluir el sentido (igual o contrario al de las agujas del reloj) de un momento de fuerza.

No se requiere calcular el centro de masa de los cuerpos; debe comprenderse que, al considerar el movimiento lineal, se puede asumir que la masa de un cuerpo extendido está concentrada en el centro de masa.

Cuando sea necesario, se proporcionará la ecuación para el momento de inercia de una distribución de masa concreta.

El movimiento simultáneo de rotación y traslación se limitará a los cuerpos que ruedan sin deslizarse.

Se usará la rapidez angular en vez de realizar un análisis vectorial formal basado en la velocidad angular.

Se usará el término *velocidad angular* a pesar de que no se requiera un tratamiento vectorial formal.

Las situaciones deben incluir cambios del momento de inercia en cuerpos extendidos y pares de cuerpos acoplados.

Preguntas transversales

¿Cómo se aplica la rotación al movimiento de partículas cargadas o satélites en órbita?

¿Cómo conduce la conservación del momento angular a la determinación del radio de Bohr?

¿Cómo conduce un momento de fuerza al movimiento armónico simple?

¿De qué manera las leyes de conservación y las ecuaciones del movimiento en el contexto del movimiento rotacional son análogas a las que rigen el movimiento lineal?

¿Cómo puede la rotación conducir a la generación de una corriente eléctrica?

A.5 Relatividad galileana y especial

Preguntas de orientación

¿De qué manera los observadores en distintos sistemas de referencia describen eventos en función del espacio y el tiempo?

¿De qué manera la relatividad especial modifica nuestra comprensión del movimiento en comparación con la relatividad galileana?

¿Cómo se usan los diagramas de espacio-tiempo para representar el movimiento relativista?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior

No hay contenido del Nivel Medio en A.5.

Temas adicionales del Nivel Superior: 8 horas

El alumnado debe comprender:

- Los sistemas de referencia
- Que las leyes del movimiento de Newton son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales y esto se conoce como relatividad galileana
- Que en la relatividad galileana la posición x' y el tiempo t' de un suceso vienen dados por $x' = x - vt$ y $t' = t$
- Que las ecuaciones de transformación galileana conducen a la ecuación para la suma de velocidades, dada por $u' = u - v$
- Los dos postulados de la relatividad especial
- Que los postulados de la relatividad especial conducen a las ecuaciones de transformación de Lorentz para las coordenadas de un suceso en dos sistemas de referencia inerciales, dadas por

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)$$

$$\text{donde } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- Que las ecuaciones de transformación de Lorentz conducen a la ecuación para la suma de velocidades relativistas, dada por $u' = \frac{u - v}{1 - \frac{uv}{c^2}}$
- Que el intervalo de espacio-tiempo Δs entre dos sucesos es una cantidad invariante dada por $(\Delta s)^2 = (c\Delta t)^2 - (\Delta x)^2$
- El intervalo de tiempo propio y la longitud propia
- La dilatación temporal, dada por $\Delta t = \gamma \Delta t_0$
- La contracción de longitudes, dada por $L = \frac{L_0}{\gamma}$
- La relatividad de la simultaneidad
- Los diagramas de espacio-tiempo
- Que el ángulo entre la línea de universo de una partícula en movimiento y el eje temporal en un diagrama de espacio-tiempo está relacionado con la velocidad de la partícula, de acuerdo con $\tan \theta = \frac{v}{c}$
- Que los experimentos de desintegración de muones pueden proporcionar pruebas experimentales de la dilatación temporal y la contracción de longitudes

Orientación

Un sistema de referencia inercial no está acelerado.

No se requiere la derivación de las ecuaciones de transformación de Lorentz ni de las ecuaciones para la suma de velocidades relativistas.

No se requiere la derivación de las ecuaciones de dilatación temporal y de contracción de longitudes.

El eje temporal de los diagramas de espacio-tiempo se debe rotular como ct .

La discusión de las líneas de universo de partículas en movimiento se limitará al caso de velocidad constante.

La dilatación temporal, la contracción de longitudes y la simultaneidad se pueden visualizar mediante diagramas de espacio-tiempo.

Las escalas en los ejes temporales ct y ct' y en los ejes espaciales x y x' de dos sistemas de referencia inerciales que se mueven el uno respecto al otro no son iguales, y están definidas por líneas de intervalo de espacio-tiempo constante.

Preguntas transversales

¿Cómo se adaptan las ecuaciones del movimiento lineal en los contextos relativistas?

¿Por qué son tan diferentes las ecuaciones del efecto Doppler para la luz y para el sonido?

La relatividad especial establece un límite para la velocidad de la luz. ¿Qué otros límites existen en física? (Naturaleza de la ciencia)

B. La naturaleza corpuscular de la materia

B.1 Transferencias de energía térmica

Preguntas de orientación

¿Cómo proporcionan las observaciones macroscópicas un modelo para las propiedades microscópicas de una sustancia?

¿Cómo se transfiere la energía en los sistemas y entre ellos?

¿Cómo se pueden usar las observaciones de una cantidad física para determinar el resto de propiedades de un sistema?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- La teoría molecular de los sólidos, líquidos y gases
- La densidad ρ , dada por $\rho = \frac{m}{V}$
- Que las escalas Kelvin y Celsius se usan para expresar la temperatura
- Que el cambio de temperatura de un sistema es el mismo al expresarlo en las escalas Kelvin y Celsius
- Que la temperatura Kelvin es una medida de la energía cinética promedio de las partículas, de acuerdo con $\overline{E_k} = \frac{3}{2}k_B T$
- Que la energía interna de un sistema es la suma de la energía potencial intermolecular total, que surge de las fuerzas entre las moléculas, y la energía cinética aleatoria total de las moléculas, que surge de su movimiento aleatorio
- Que la diferencia de temperatura determina el sentido de la transferencia de energía térmica resultante entre los cuerpos
- Que un cambio de fase representa un cambio en el comportamiento de las partículas, que surge de una variación de energía a temperatura constante
- El análisis cuantitativo de las transferencias de energía térmica Q mediante el calor específico c y el calor latente específico de fusión y vaporización de sustancias L , de acuerdo con $Q = mc\Delta T$ y $Q = mL$
- Que la conducción, la convección y la radiación térmica son los principales mecanismos de transferencia de energía térmica
- La conducción en función de la diferencia en la energía cinética de las partículas
- El análisis cuantitativo de la velocidad de transferencia de energía térmica por conducción en función del tipo de material, el área de la sección transversal del material y el gradiente de temperatura, de acuerdo con $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$

- La descripción cualitativa de la energía térmica transferida por convección debido a las diferencias en la densidad del fluido
- El análisis cuantitativo de la energía transferida por radiación como resultado de la emisión de ondas electromagnéticas desde la superficie de un cuerpo, que en el caso de un cuerpo negro se puede modelizar mediante la ley de Stefan-Boltzmann, dada por $L = \sigma AT^4$, donde L es la luminosidad del cuerpo, A es su superficie y T es su temperatura absoluta
- El concepto de brillo aparente b
- La luminosidad L de un cuerpo, dada por $b = \frac{L}{4\pi d^2}$
- El espectro de emisión de un cuerpo negro y la determinación de la temperatura del cuerpo mediante la ley de desplazamiento de Wien, dada por $\lambda_{\text{máx}} T = 2,9 \times 10^{-3} \text{ mK}$, donde $\lambda_{\text{máx}}$ es la longitud de onda máxima emitida

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en B.1.

Orientación

Se requiere una explicación elemental de las diferencias físicas entre sólidos, líquidos y gases a partir del modelo molecular.

Se requiere la conversión entre las escalas Kelvin y Celsius.

El alumnado debe estar familiarizado con los términos *fusión*, *congelación*, *ebullición*, *condensación* y *evaporación*.

La luminosidad de una estrella puede expresarse en vatios o en función de la luminosidad del Sol, $L_{\odot}$.

Preguntas transversales

¿Cómo se aplica la comprensión de los sistemas a otras áreas de la física?

¿Cómo puede usarse el cambio de fase del agua en el proceso de generación de electricidad?

¿Qué aplicaciones tiene la ley de Stefan-Boltzmann en astrofísica y en el uso de energía solar?

¿Cómo permiten las observaciones de una cantidad física determinar otra? (Naturaleza de la ciencia)

¿Qué papel desempeña el modelo molecular en la comprensión de otras áreas de la física? (Naturaleza de la ciencia)

¿Dónde aparecen relaciones dadas por la ley de la inversa del cuadrado en otras áreas de la física? (Naturaleza de la ciencia)

¿Cómo ha ayudado la colaboración internacional a desarrollar la comprensión de la naturaleza de la materia? (Naturaleza de la ciencia)

B.2 Efecto invernadero

Preguntas de orientación

¿Cómo ayuda el efecto invernadero a mantener la vida en la Tierra y cómo la actividad humana potencia este efecto?

¿Cómo se modeliza la atmósfera como sistema a fin de cuantificar el equilibrio energético Tierra-atmósfera?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- La conservación de energía

- La emisividad como el cociente entre la potencia que radia una superficie por unidad de área y la que radia una superficie negra ideal a la misma temperatura, de acuerdo con
emisividad = $\frac{\text{potencia radiada por unidad de área}}{\sigma T^4}$
- El albedo como una medida de la energía media reflejada por un sistema macroscópico, de acuerdo con albedo = $\frac{\text{potencia dispersada total}}{\text{potencia incidente total}}$
- Que el albedo de la Tierra varía diariamente y depende de las formaciones de nubes y de la latitud
- La constante solar S
- Que la potencia radiativa entrante depende de la superficie proyectada de un planeta en la dirección del camino de los rayos, de manera que el valor medio de la intensidad entrante es $\frac{S}{4}$
- Que el metano CH_4 , el vapor de agua H_2O , el dióxido de carbono CO_2 y el óxido nitroso N_2O son los principales gases de efecto invernadero y que cada uno de ellos tiene un origen tanto natural como creado por la actividad humana
- La absorción de radiación infrarroja por parte de los principales gases de efecto invernadero en función de los niveles de energía moleculares y la posterior emisión de radiación en todas las direcciones
- Que el efecto invernadero puede explicarse a partir de un modelo de resonancia y de los niveles de energía moleculares
- Que la aumentación del efecto invernadero debida a las actividades humanas se conoce como efecto invernadero de origen antrópico

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en B.2.

Orientación

Los problemas incluirán la estimación de la temperatura de equilibrio de un cuerpo a partir del equilibrio energético entre la intensidad de la radiación entrante y la saliente, incluidos el albedo, la emisividad y la constante solar u otras constantes.

Los problemas de equilibrio energético incluirán la energía intercambiada entre la superficie y la atmósfera de un cuerpo.

La quema de combustibles fósiles es una causa principal del efecto invernadero de origen antrópico.

Preguntas transversales

¿Qué importancia tienen el movimiento armónico simple y la resonancia en el cambio climático?

¿Cómo afectan los distintos métodos de producción de electricidad al equilibrio energético de la atmósfera?

¿Cómo se ven afectados por el cambio climático los avances en ciencia y tecnología?

¿Qué limitaciones existen al usar un modelo de resonancia para explicar el efecto invernadero?

B.3 Leyes de los gases

Preguntas de orientación

¿Qué relación existe entre las características macroscópicas de un gas y el comportamiento de las moléculas individuales?

¿Qué supuestos y observaciones conducen a las leyes universales de los gases?

¿Cómo se pueden usar los modelos para explicar fenómenos observados?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- La presión, dada por $P = \frac{F}{A}$, donde F es la fuerza ejercida en dirección perpendicular a la superficie
- La cantidad de sustancia n , dada por $n = \frac{N}{N_A}$, donde N es el número de moléculas y N_A es la constante de Avogadro
- Que los gases ideales se describen a partir de la teoría cinética y constituyen un sistema modelizado que se emplea para aproximar el comportamiento de los gases reales
- Que la ecuación de la ley de los gases ideales puede derivarse de las leyes empíricas de los gases para presión constante, volumen constante y temperatura constante, de acuerdo con $\frac{PV}{T} = \text{constante}$
- Las ecuaciones que rigen el comportamiento de los gases ideales, dadas por $PV = Nk_B T$ y $PV = nRT$
- Que el cambio en la cantidad de movimiento de las partículas debido a las colisiones con una determinada superficie da lugar a la presión en los gases y que, a partir de ese análisis, la presión está relacionada con la velocidad media de traslación de las moléculas, de acuerdo con $P = \frac{1}{3}\rho v^2$
- La relación entre la energía interna U de un gas ideal monoatómico y el número de moléculas o la cantidad de sustancia, dada por $U = \frac{3}{2}Nk_B T$ o $U = \frac{3}{2}nRT$
- Las condiciones de temperatura, presión y densidad en las que un gas ideal constituye una buena aproximación de un gas real

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en B.3.

Orientación

La suposición del modelo cinético es que el gas es ideal.

Deben entenderse las diferencias entre un gas ideal y un gas real.

Las leyes de gases se limitarán a los casos de volumen constante, temperatura constante y presión constante, y a la ley de los gases ideales.

Los cambios de estado de un gas ideal pueden representarse en diagramas de presión-volumen.

Se requiere una explicación cualitativa de las propiedades macroscópicas de un gas ideal a partir del comportamiento molecular.

Preguntas transversales

¿De qué manera el concepto de fuerza y cantidad de movimiento conecta la mecánica con la termodinámica?

¿Qué relación existe entre la consideración de la energía cinética de las moléculas y el desarrollo de las leyes de los gases?

¿Cómo se pueden usar las partículas con alta energía cinética para realizar trabajo?

¿En qué otros modelos simplificados nos basamos para comunicar la comprensión de fenómenos complejos? (Naturaleza de la ciencia)

B.4 Termodinámica

Preguntas de orientación

¿Cómo se pueden analizar las transferencias de energía y el almacenamiento de energía en un sistema?

¿Cómo se puede determinar la evolución futura de un sistema?

¿En qué sentido la entropía es fundamental para la evolución del universo?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior

No hay contenido del Nivel Medio en B.4.

Temas adicionales del Nivel Superior: 8 horas

El alumnado debe comprender:

- Que la primera ley de la termodinámica, dada por $Q = \Delta U + W$, es el resultado de aplicar la conservación de energía a un sistema cerrado y relaciona la energía interna de un sistema con la transferencia de energía en forma de calor y de trabajo
- Que el trabajo realizado por un sistema cerrado o sobre él, dado por $W = P\Delta V$, cuando cambian los límites del sistema puede describirse en función de la presión y los cambios de volumen de dicho sistema
- Que el cambio en la energía interna de un sistema, dado por $\Delta U = \frac{3}{2}Nk_B\Delta T = \frac{3}{2}nR\Delta T$, está relacionado con el cambio de su temperatura
- Que la entropía S es una cantidad termodinámica que está relacionada con el grado de desorden de las partículas de un sistema
- Que la entropía puede determinarse a partir de cantidades macroscópicas, como la energía térmica y la temperatura, de acuerdo con $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$, y también a partir de las propiedades de las partículas individuales del sistema, de acuerdo con $S = k_B \ln \Omega$, donde k_B es la constante de Boltzmann y Ω es el número de posibles microestados del sistema
- Que la segunda ley de la termodinámica se refiere a la variación de entropía de un sistema aislado e impone restricciones sobre los posibles procesos físicos y sobre la evolución general del sistema
- Que los procesos en los sistemas aislados reales casi siempre son irreversibles y, en consecuencia, la entropía de un sistema aislado real siempre aumenta
- Que la entropía de un sistema no aislado puede disminuir localmente, pero ese descenso se ve compensado por un aumento igual o mayor de la entropía del entorno
- Que los procesos isovolumétricos, isobáricos, isotérmicos y adiabáticos se obtienen al mantener fija una variable
- Que los procesos adiabáticos en los gases ideales monoatómicos pueden modelizarse mediante la ecuación $PV^{\frac{5}{3}} = \text{constante}$
- Que los procesos cíclicos de los gases sirven para impulsar los motores térmicos
- Que un motor térmico puede responder a distintos ciclos y está caracterizado por su rendimiento, dado por $\eta = \frac{\text{trabajo útil}}{\text{energía de entrada}}$
- Que el ciclo de Carnot impone un límite sobre el rendimiento de un motor térmico a la temperatura de sus fuentes térmicas, dado por $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$

Orientación

Se entiende que un sistema cerrado es uno donde no se puede transferir masa al sistema o desde él, pero se puede transferir energía en ambos sentidos en forma de calor o de trabajo.

Se entiende que un sistema aislado es uno donde no se puede transferir ni masa ni energía al sistema o desde él.

Los problemas usarán la convención de signos de Clausius, donde Q es la energía térmica resultante suministrada al sistema y W es el trabajo resultante realizado por el sistema.

La segunda ley de la termodinámica debe describirse en la forma de Clausius y la forma de Kelvin, así como en función de la variación de entropía en los procesos reversibles e irreversibles que ocurren en los sistemas aislados.

El trabajo realizado sobre un sistema se considera negativo.

El trabajo realizado por un sistema se considera positivo.

En los problemas cuantitativos, los sistemas se limitarán a gases ideales monoatómicos, incluidas situaciones donde la presión no es constante.

Los microestados de un sistema son igualmente probables y pueden describirse mediante un modelo combinatorio simple (por ejemplo, basado en monedas).

Preguntas transversales

¿Cuáles son las consecuencias de la segunda ley de la termodinámica para el universo en su conjunto?

¿Por qué existe un límite superior para el rendimiento de cualquier fuente de energía o motor?

¿Qué importancia tienen las consideraciones relacionadas con el rendimiento en los motores y generadores?

¿Qué cambios de paradigma que posibilitaron el cambio de la sociedad humana, como el aprovechamiento de la potencia del vapor, pueden atribuirse a avances en la comprensión de la física? (Naturaleza de la ciencia)

B.5 Corriente y circuitos

Preguntas de orientación

¿Cómo circulan las partículas cargadas a través de los materiales?

¿Cómo se cuantifican las propiedades eléctricas de los materiales?

¿Cuáles son las consecuencias de la resistencia en los conductores?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- Que las celdas proporcionan una fuente de f. e. m.
- Las celdas químicas y las celdas solares como fuentes de energía de los circuitos
- Que los diagramas de circuito representan la disposición de los componentes de un circuito
- La corriente continua (CC) I como un flujo de portadores de carga, de acuerdo con $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
- Que la diferencia de potencial eléctrico V es el trabajo por unidad de carga realizado al desplazar una carga positiva entre dos puntos a lo largo del camino de la corriente, de acuerdo con $V = \frac{W}{q}$
- Las propiedades de los conductores y aislantes eléctricos en función de la movilidad de los portadores de carga
- La resistencia eléctrica y su origen
- La resistencia eléctrica R , dada por $R = \frac{V}{I}$
- La resistividad, dada por $\rho = \frac{RA}{L}$
- La ley de Ohm
- El comportamiento óhmico y no óhmico de los conductores eléctricos, incluido el efecto calórico de los resistores
- La potencia eléctrica P disipada por un resistor, dada por $P = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$
- Las combinaciones de resistores en circuitos en serie y paralelos

Circuitos en serie	Circuitos paralelos
$I = I_1 = I_2 = \Omega$	$I = I_1 + I_2 + \Omega$
$V = V_1 + V_2 + \Omega$	$V = V_1 = V_2 = \Omega$
$R_s = R_1 + R_2 + \Omega$	$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \Omega$

- Que las celdas eléctricas están caracterizadas por su f. e. m. ε y su resistencia interna r , de acuerdo con $\varepsilon = I(R + r)$
- Que los resistores pueden tener resistencia variable

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en B.5.

Orientación

Se deben tratar las ventajas y desventajas de las distintas fuentes de energía eléctrica.

En el cuadernillo de datos de Física pueden consultarse los símbolos de un circuito eléctrico que se requieren.

No se requieren los circuitos de corriente alterna (CA).

Salvo que se indique lo contrario, los amperímetros y voltímetros se considerarán ideales. En los casos donde se utilicen aparatos no ideales, la resistencia será constante.

Se considerará que los conductores metálicos a temperatura constante son dispositivos óhmicos.

Los resistores variables se limitarán a termistores, resistores dependientes de la luz (LDR) y potenciómetros.

Preguntas transversales

¿De qué maneras puede describirse un circuito eléctrico como un sistema similar a la atmósfera terrestre o a un motor térmico?

¿En qué se parecen y en qué se diferencian los campos de otras áreas de la física?

¿Cómo se puede explicar el calentamiento de un resistor eléctrico usando otras áreas de la física?

¿Qué ventajas tienen las celdas como fuente de energía eléctrica?

¿Cómo permite un modelo de partículas explicar la resistencia eléctrica? (Naturaleza de la ciencia)

¿Qué paralelismos existen entre los modelos para las conductividades térmica y eléctrica? (Naturaleza de la ciencia)

C. Comportamiento de las ondas

C.1 Movimiento armónico simple

Preguntas de orientación

¿Qué hace que el modelo de oscilador armónico sea aplicable a una gran variedad de fenómenos físicos?

¿Por qué la ecuación que define el movimiento armónico simple debe adoptar la forma que tiene?

¿Cómo se pueden analizar de manera gráfica y algebraica la energía y el movimiento de una oscilación?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

El alumnado debe comprender:

- Las condiciones que conducen al movimiento armónico simple
- La ecuación que define el movimiento armónico simple, dada por $a = -\omega^2 x$

- Que una partícula que experimenta un movimiento armónico simple puede describirse mediante el período temporal T , la frecuencia f , la frecuencia angular ω , la amplitud, la posición de equilibrio y el desplazamiento
- El período temporal en función de la frecuencia de oscilación y la frecuencia angular, de acuerdo con $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$
- El período temporal de un sistema masa-resorte, dado por $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
- El período temporal de un péndulo simple, dado por $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
- Un enfoque cualitativo de las variaciones de energía que tienen lugar durante un ciclo de una oscilación

Temas adicionales del Nivel Superior: 4 horas

El alumnado debe comprender:

- Que una partícula que experimenta un movimiento armónico simple puede describirse mediante el ángulo de fase
- Que los problemas pueden resolverse utilizando las ecuaciones del movimiento armónico simple, dadas por

$$x = x_0 \sin(\omega t + \phi)$$

$$v = \omega x_0 \cos(\omega t + \phi)$$

$$v = \pm \omega \sqrt{x_0^2 - x^2}$$

$$E_T = \frac{1}{2} m \omega^2 x_0^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2$$

Orientación

Debe comprenderse el significado del signo menos en la ecuación que define el movimiento armónico simple.

Deben describirse cualitativamente las variaciones de energía (cinética, potencial y total) que tienen lugar durante el movimiento armónico simple.

El enfoque cuantitativo de las variaciones de energía que tienen lugar durante el movimiento armónico simple solo se requiere en el Nivel Superior.

En los cálculos del ángulo de fase se utilizan radianes.

Preguntas transversales

- ¿Cómo se pueden modelizar los gases de efecto invernadero como osciladores armónicos simples?
- ¿Cómo se puede utilizar el movimiento circular para visualizar el movimiento armónico simple?
- ¿Cómo afecta la amortiguación al movimiento periódico?
- ¿Cómo se puede aplicar la comprensión del movimiento armónico simple al modelo ondulatorio? (Naturaleza de la ciencia)
- ¿Qué explicación física conduce al efecto invernadero de origen antrópico? (Naturaleza de la ciencia)

C.2 Modelo ondulatorio

Preguntas de orientación

- ¿Qué parecidos y diferencias existen entre los distintos tipos de ondas?
- ¿Cómo puede el modelo ondulatorio describir la transmisión de energía causada por las perturbaciones locales en un medio?

¿Qué efecto tiene un cambio en la frecuencia de oscilación o en el medio que atraviesa la onda sobre la longitud de onda de una onda progresiva?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

El alumnado debe comprender:

- Las ondas progresivas transversales y longitudinales
- La longitud de onda λ , la frecuencia f , el período temporal T y la velocidad de onda v aplicadas al movimiento ondulatorio, de acuerdo con $v = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$
- La naturaleza de las ondas de sonido
- La naturaleza de las ondas electromagnéticas
- Las diferencias entre las ondas mecánicas y las ondas electromagnéticas

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en C.2.

Orientación

Los problemas deberán incluir la descripción del movimiento de las partículas de un medio cuando lo atraviesa una onda tanto transversal como longitudinal. Esta descripción se hará en función del desplazamiento con respecto a la posición a lo largo de la onda y el tiempo.

Las ondas progresivas transfieren energía, incluso si no hay un desplazamiento resultante del medio.

Consulte el cuadernillo de datos de Física para ver el orden de magnitud aproximado de las longitudes de onda de los espectros de radio, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

Se debe aplicar el modelo ondulatorio tanto a las ondas mecánicas como a las ondas electromagnéticas.

Preguntas transversales

¿Cómo se puede modelizar la luz como una onda electromagnética?

¿Qué ocurre cuando las ondas se solapan o coinciden?

¿Cómo se puede determinar la longitud de una onda utilizando conceptos de cinemática?

¿Por qué la intensidad de una onda electromagnética disminuye con la distancia, según la ley de la inversa del cuadrado?

¿Cómo pueden las ondas electromagnéticas viajar en el vacío?

¿Cómo se descubrieron los rayos X? (Naturaleza de la ciencia)

¿Puede el modelo ondulatorio servir de base para comprender la mecánica cuántica? (Naturaleza de la ciencia)

¿Cómo se utilizan las ondas en la tecnología para mejorar la sociedad? (Naturaleza de la ciencia)

C.3 Fenómenos ondulatorios

Preguntas de orientación

¿Cómo se explican las observaciones del comportamiento ondulatorio en un límite entre distintos medios?

¿Cómo se representa el comportamiento de las ondas que pasan a través de aberturas?

¿Qué sucede cuando dos ondas se encuentran en un punto del espacio?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 5 horas

El alumnado debe comprender:

- Que las ondas que viajan en dos y tres dimensiones pueden describirse mediante los conceptos de frentes de onda y rayos
- El comportamiento ondulatorio en los límites entre medios a partir de la reflexión, refracción y transmisión
- La difracción de las ondas alrededor de un cuerpo y a través de una apertura
- Los diagramas de frente de onda que muestran refracción y difracción
- La ley de Snell, el ángulo crítico y la reflexión total interna
- La ley de Snell, dada por $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$, donde n es el índice de refracción y θ es el ángulo que forman la normal y el rayo
- La superposición de ondas y los pulsos ondulatorios
- Que la interferencia de dos fuentes requiere fuentes coherentes
- La condición para que se produzca interferencia constructiva, dada por diferencia de caminos $= n\lambda$
- La condición para que se produzca interferencia destructiva, dada por diferencia de caminos $= (n + \frac{1}{2})\lambda$
- La doble rendija de Young, de acuerdo con $s = \frac{\lambda D}{d}$, donde s es la separación entre las franjas, d es la separación entre las rendijas y D es la distancia entre las rendijas y la pantalla

Temas adicionales del Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- La difracción de rendija única, incluidos los patrones de intensidad dados por $\theta = \frac{\lambda}{b}$, donde b es la anchura de la rendija
- Que el patrón de rendija única modula el patrón de interferencia de doble rendija
- Los patrones de interferencia producidos por rendijas múltiples y redes de difracción, dados por $n\lambda = d \sin \theta$

Orientación

Los problemas pueden incluir dibujar aproximadamente e interpretar frentes de onda y rayos. Esto se limitará a las ondas incidente, reflejada y transmitida.

Los patrones de interferencia y difracción se limitarán a los que se producen cuando la incidencia es perpendicular.

El efecto de la anchura de la rendija sobre la intensidad del patrón de difracción de rendija única debe considerarse cualitativamente.

La discusión de la difracción de rendija única se limitará a luz monocromática y rendijas rectangulares.

Deben discutirse los patrones de rendijas múltiples y redes de difracción producidos a partir de luz blanca y de una serie de longitudes de onda de luz monocromática.

Preguntas transversales

¿Que puede revelar la comprensión de los resultados del experimento de la doble rendija de Young sobre la naturaleza de la luz?

¿Qué pruebas existen de que las partículas poseen propiedades ondulatorias, como la longitud de onda? (Naturaleza de la ciencia)

C.4 Ondas estacionarias y resonancia

Preguntas de orientación

¿En qué se diferencian las ondas estacionarias de las ondas progresivas?

¿Cómo depende la forma de las ondas estacionarias de las condiciones de contorno?

¿Cómo puede la aplicación de una fuerza producir resonancia en un sistema?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 4 horas

El alumnado debe comprender:

- La naturaleza y la formación de las ondas estacionarias en función de la superposición de dos ondas idénticas que viajan en sentidos opuestos
- Los nodos y antinodos, la amplitud relativa y la diferencia de fase de los puntos de una onda estacionaria
- Los patrones de las ondas estacionarias en cuerdas y tuberías
- La naturaleza de la resonancia, incluidas la frecuencia natural y la amplitud de oscilación, en función de la frecuencia impulsora
- El efecto de la amortiguación sobre la amplitud máxima y la frecuencia resonante de oscilación
- Los efectos de la subamortiguación, la amortiguación crítica y la sobreamortiguación en el sistema

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en C.4.

Orientación

No se debe considerar la formación de ondas estacionarias a partir de la superposición de más de dos ondas.

Las tuberías se clasificarán en abiertas o cerradas.

No se requieren correcciones de extremos en las tuberías abiertas.

Las posibles condiciones de contorno para las cuerdas son: los dos extremos fijos, un extremo fijo y el otro libre, y los dos extremos libres.

Las condiciones de contorno para el aire en las tuberías son los dos extremos cerrados, un extremo cerrado y el otro abierto, y los dos extremos abiertos.

Se discutirán los modos de vibración del aire en las tuberías en función de los nodos y antinodos de desplazamiento.

Para las ondas estacionarias en el aire, no se requieren los nodos y antinodos de presión.

El modo de menor frecuencia de una onda estacionaria se denominará primer armónico. Los términos *fundamental* y *sobretono* no se emplearán en este curso.

Se requiere la determinación de la longitud de onda y la frecuencia del n -ésimo armónico dada la longitud de la cuerda o tubería y la velocidad de la onda.

Solo se requiere un análisis cualitativo del efecto de la amortiguación sobre la respuesta en frecuencia de un oscilador forzado.

Se requiere el conocimiento de los efectos tanto útiles como destructivos de la resonancia.

Preguntas transversales

¿Cómo depende la amplitud de vibración en la resonancia de la disipación de energía en el sistema forzado?

¿Cuál es la relación entre la resonancia y el movimiento armónico simple?

¿Cómo se puede explicar la resonancia a partir de la conservación de energía?

¿Cómo se puede utilizar la idea de la resonancia de las moléculas de un gas para modelizar el efecto invernadero? (Naturaleza de la ciencia)

C.5 Efecto Doppler

Preguntas de orientación

¿Cómo se puede explicar el efecto Doppler tanto de manera cualitativa como cuantitativa?

¿Cuáles son algunas aplicaciones prácticas del efecto Doppler?

¿Por qué existen diferencias al aplicar el efecto Doppler a distintos tipos de ondas?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 2 horas

El alumnado debe comprender:

- La naturaleza del efecto Doppler para las ondas de sonido y las ondas electromagnéticas
- La representación del efecto Doppler mediante diagramas de frente de onda cuando se está moviendo la fuente o el observador
- La variación relativa observada en la frecuencia o la longitud de onda de una onda lumínica como consecuencia del efecto Doppler cuando la velocidad de la luz es mucho mayor que la velocidad relativa entre la fuente y el observador, de acuerdo con $\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \approx \frac{v}{c}$
- Que los desplazamientos de las líneas espectrales proporcionan información sobre el movimiento de cuerpos como las estrellas y las galaxias en el espacio

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

El alumnado debe comprender:

- La frecuencia observada para las ondas de sonido y las ondas mecánicas como consecuencia del efecto Doppler, dada por:

Fuente en movimiento: $f' = f \left(\frac{v}{v \pm u_s} \right)$, donde u_s es la velocidad de la fuente

Observador en movimiento: $f' = f \left(\frac{v \pm u_o}{v} \right)$, donde u_o es la velocidad del observador

Orientación

Los problemas no incluirán situaciones donde se muevan tanto la fuente como el observador.

Los problemas pueden incluir la determinación de la velocidad de la fuente o del observador.

Se debe considerar a modo de ejemplo el uso del efecto Doppler en física médica y en los radares.

Preguntas transversales

¿Cuáles son las semejanzas y diferencias entre las ondas lumínicas y las de sonido?

¿Cómo se puede utilizar el efecto Doppler para medir la velocidad rotacional de los cuerpos extendidos?

¿Qué ocurre si la velocidad de la luz no es mucho mayor que la velocidad relativa entre la fuente y el observador?

¿Cómo surgen los espectros de emisión y cómo pueden utilizarse para determinar distancias astronómicas?

¿Cómo se puede utilizar el efecto Doppler de la luz para calcular velocidades? (Naturaleza de la ciencia)

D. Campos

D.1 El campo gravitatorio

Preguntas de orientación

¿Cómo se cuantifican las propiedades de un campo gravitatorio?

¿Cómo permite la comprensión de campos gravitatorios que los humanos exploremos el sistema solar?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 5 horas

El alumnado debe comprender:

- Las tres leyes del movimiento orbital de Kepler
- La ley de la gravitación de Newton, dada por $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, para cuerpos tratados como masas puntuales
- Las condiciones en las que los cuerpos extendidos pueden tratarse como masas puntuales
- Que la intensidad del campo gravitatorio g en un punto es la fuerza por unidad de masa que actúa sobre una pequeña masa puntual situada en dicho punto, de acuerdo con $g = \frac{F}{m} = G \frac{M}{r^2}$
- Las líneas de campo gravitatorio

Temas adicionales del Nivel Superior: 7 horas

El alumnado debe comprender:

- Que la energía potencial gravitatoria E_p de un sistema es el trabajo realizado para formar el sistema partiendo de una separación infinita de sus componentes
- La energía potencial gravitatoria de un sistema de dos cuerpos, dada por $E_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}$, donde r es la separación entre los centros de masa de los dos cuerpos
- Que el potencial gravitatorio V_g en un punto es el trabajo por unidad de masa realizado al traer una masa desde el infinito hasta ese punto, de acuerdo con $V_g = -G \frac{M}{r}$
- La intensidad del campo gravitatorio g como el gradiente de potencial gravitatorio, de acuerdo con $g = -\frac{\Delta V_g}{\Delta r}$
- El trabajo realizado al mover una masa m en un campo gravitatorio, dado por $W = m \Delta V_g$
- Las superficies equipotenciales para el campo gravitatorio
- La relación entre las superficies equipotenciales y las líneas de campo gravitatorio
- La velocidad de escape v_{esc} en cualquier punto de un campo gravitatorio, dada por $v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$
- La velocidad orbital v_{orbital} de un cuerpo que orbita alrededor de una gran masa, dada por $v_{\text{orbital}} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$
- El efecto cualitativo de una pequeña fuerza de resistencia viscosa debido a la atmósfera sobre la altura y la velocidad de un cuerpo en órbita

Orientación

En los cálculos que impliquen movimiento orbital, se supondrá que las órbitas son circulares.

La ley de la gravitación de Newton debe extenderse a las masas esféricas de densidad uniforme, bajo el supuesto de que su masa está concentrada en su centro.

La determinación de la intensidad resultante del campo gravitatorio se limitará a puntos a lo largo de la recta que une dos cuerpos.

Se requiere dibujar aproximadamente e interpretar líneas de campo gravitatorio.

El potencial gravitatorio se define como cero en el infinito.

Algunos problemas pueden incluir la determinación de:

- La velocidad necesaria para mantener la órbita
- Las variaciones de energía cuando un satélite cambia de órbita

- La energía de un satélite que entra en órbita alrededor de un planeta que no rota, partiendo del reposo desde su superficie
- Las condiciones energéticas para que un satélite en órbita escape de la influencia gravitatoria de un planeta

Los campos gravitatorios incluirán los campos radiales alrededor de masas puntuales o esféricas y el campo (que se asume) uniforme cercano a la superficie de planetas o cuerpos celestes masivos.

El movimiento orbital de un satélite alrededor de un planeta se limita a órbitas circulares.

Se requiere la capacidad de mapear los campos utilizando el potencial.

Preguntas transversales

¿Qué mediciones hay que realizar en un sistema de estrella binaria para determinar la naturaleza de las dos estrellas?

¿En qué se parecen y en qué se diferencian el movimiento circular uniforme y las órbitas del mundo real?

¿Cómo se determina la cantidad de combustible necesaria para lanzar cohetes al espacio teniendo en cuenta la energía?

¿Cómo se puede usar la resistencia del aire para alterar el movimiento de un satélite en órbita alrededor de la Tierra?

¿Cuáles son las ventajas de emplear una terminología sistemática para describir los distintos tipos de campos? (Naturaleza de la ciencia)

¿Cómo se puede modelizar el movimiento de los electrones en el átomo a partir del movimiento planetario y en qué sentidos falla este modelo? (Naturaleza de la ciencia)

La física utiliza una serie de constantes, como, por ejemplo G . ¿Cuál es el propósito de estas constantes y cómo se determinan? (Naturaleza de la ciencia)

D.2 Campos eléctricos y magnéticos

Preguntas de orientación

¿Qué experimentos proporcionaron pruebas para determinar la naturaleza del electrón?

¿Cómo se pueden entender las propiedades de los campos usando tanto un enfoque algebraico como una representación visual?

¿Cuáles son las consecuencias de las interacciones entre los campos eléctricos y magnéticos?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 8 horas

El alumnado debe comprender:

- El sentido de las fuerzas entre los dos tipos de cargas eléctricas
- La ley de Coulomb, dada por $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$, para cuerpos cargados tratados como cargas puntuales, donde $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
- La conservación de la carga eléctrica
- El experimento de Millikan como prueba de la cuantización de la carga eléctrica
- Que la carga eléctrica puede transferirse entre cuerpos mediante la fricción, la inducción electrostática, y por contacto, incluida la función de la toma de tierra
- La intensidad del campo eléctrico, dada por $E = \frac{F}{q}$
- Las líneas de campo eléctrico
- La relación entre la densidad de líneas de campo y la intensidad del campo

- La intensidad del campo eléctrico uniforme entre dos placas paralelas, dada por $E = \frac{V}{d}$
- Las líneas de campo magnético

Temas adicionales del Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- La energía potencial eléctrica E_p en función del trabajo realizado para formar el sistema partiendo de una separación infinita
- La energía potencial eléctrica para un sistema de dos cuerpos cargados, dada por $E_p = k \frac{q_1 q_2}{r}$
- Que el potencial eléctrico es una cantidad escalar definida como cero en el infinito
- Que el potencial eléctrico V_e en un punto es el trabajo por unidad de carga realizado para traer una carga de prueba desde el infinito hasta ese punto, de acuerdo con $V_e = \frac{kQ}{r}$
- La intensidad del campo eléctrico E como el gradiente de potencial eléctrico, de acuerdo con $E = -\frac{\Delta V_e}{\Delta r}$
- El trabajo realizado al mover una carga q en un campo eléctrico, dado por $W = q\Delta V_e$
- Las superficies equipotenciales para el campo eléctrico
- La relación entre las superficies equipotenciales y las líneas de campo eléctrico

Orientación

Entre los campos eléctricos se incluirán:

- El campo radial alrededor de una única carga puntual
- El campo dentro y fuera de un único cuerpo conductor esférico
- El campo entre dos cargas puntuales
- Dos placas paralelas con carga opuesta, incluidos los efectos de borde

Se requiere dibujar aproximadamente e interpretar líneas de campo eléctrico.

Los patrones del campo magnético se limitarán a un imán de barra, un cable recto que transporta corriente, una bobina circular que transporta corriente y un solenoide de núcleo de aire.

Se requiere dibujar aproximadamente e interpretar líneas de campo magnético.

Se requiere determinar la dirección del campo magnético a partir del sentido de la corriente en un cable recto que transporta corriente.

El trabajo realizado en los campos eléctricos puede expresarse tanto en julios como en electronvoltios.

Se requiere un rango de valores de la permitividad para la ley de Coulomb.

El potencial eléctrico se define como cero en el infinito.

No se realiza ningún trabajo al mover cargas o masas sobre una superficie equipotencial.

Se deben reconocer las superficies equipotenciales:

- Para una carga puntual
- Para un conjunto de hasta cuatro cargas puntuales
- Dentro y fuera de una esfera conductora maciza cargada
- Dentro y fuera de una esfera conductora hueca cargada
- Entre dos placas paralelas con carga opuesta

Preguntas transversales

¿En qué se parecen los campos magnéticos a los campos gravitatorios?

¿Cuáles son las intensidades relativas de las cuatro fuerzas fundamentales?

¿Cómo pueden las cargas que se mueven en un campo magnético ayudar a explorar la naturaleza fundamental de la materia?

La carga está cuantizada. ¿Qué otras cantidades físicas están cuantizadas? (Naturaleza de la ciencia)

D.3 Movimiento en campos electromagnéticos

Preguntas de orientación

¿Cómo se mueven las partículas cargadas en los campos magnéticos?

¿Qué se puede deducir de la naturaleza de una partícula cargada a partir de observaciones de su movimiento en campos eléctricos y magnéticos?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- El movimiento de una partícula cargada en un campo eléctrico uniforme
- El movimiento de una partícula cargada en un campo magnético uniforme
- El movimiento de una partícula cargada en campos eléctricos y magnéticos uniformes perpendiculares entre sí
- La magnitud y dirección de la fuerza sobre una carga que se desliza en un campo magnético, de acuerdo con $F = qvB \sin \theta$
- La magnitud y dirección de la fuerza sobre un conductor que transporta corriente en un campo magnético, de acuerdo con $F = BIL \sin \theta$
- La fuerza por unidad de longitud entre cables paralelos, dada por $\frac{F}{L} = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r}$, donde r es la separación entre los dos cables

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en D.3.

Orientación

La energía cinética de una partícula cargada en un campo magnético permanece constante.

Se requiere determinar la relación carga-masa de una partícula cargada mediante la investigación de su trayectoria en un campo magnético uniforme.

Se requiere determinar la dirección del campo magnético a partir del sentido de la corriente en un cable recto que transporta corriente.

Para cables paralelos que transportan corriente, la fuerza es atractiva cuando la corriente circula en el mismo sentido en ambos.

Preguntas transversales

¿Qué causa el movimiento circular de las partículas cargadas en un campo?

¿Cómo se puede utilizar el radio orbital de una partícula cargada que se desliza en un campo para determinar la naturaleza de la partícula?

¿Cómo se puede aplicar la conservación de energía al movimiento en campos electromagnéticos?

¿Cómo se usan los conceptos de energía, fuerzas y campos para determinar el tamaño de un átomo?

¿Cómo se representan las propiedades de los campos eléctricos y magnéticos? (Naturaleza de la ciencia)

D.4 Inducción

Preguntas de orientación

¿Qué efectos tiene el movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético?

¿Cómo se puede aumentar la potencia de salida de los generadores eléctricos?

¿Cómo afectó a la industrialización el descubrimiento de la inducción electromagnética?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior

No hay contenido del Nivel Medio en D.4.

Temas adicionales del Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- El flujo magnético Φ , dado por $\Phi = BA \cos \theta$
- Que un flujo magnético variable en el tiempo induce una f. e. m. ε dada por la ley de inducción de Faraday, $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
- Que un campo magnético uniforme induce una f. e. m. en un conductor recto que se desplaza perpendicular a él, dada por $\varepsilon = BvL$
- Que la dirección de la f. e. m. inducida está determinada por la ley de Lenz y es una consecuencia de la conservación de energía
- Que un campo magnético uniforme induce una f. e. m. variable sinusoidal en una bobina que rota en su interior
- El efecto de cambiar la frecuencia de rotación sobre la f. e. m. inducida

Orientación

Entre los ejemplos de producción de una f. e. m. inducida debe haber:

- Campos magnéticos variables en el tiempo
- Bobinas que rotan en un campo magnético uniforme
- El movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético (por ejemplo, un imán que oscila en un resorte por encima de una bobina conductora, o una bobina que entra o sale de la región donde existe un campo magnético)

El tratamiento cuantitativo de la f. e. m. se limitará a conductores rectos que se desplazan en ángulos rectos con respecto a los campos magnéticos y a bobinas rectangulares que entran y salen de campos o que rotan dentro del campo.

Solo se requiere un tratamiento cualitativo de la autoinducción.

No se requiere una discusión de la inductancia y los circuitos RL (resistencia-inductancia).

Preguntas transversales

¿Cómo depende el rendimiento de la generación de electricidad de la fuente de energía?

La ley de inducción de Faraday incluye una razón de cambio. ¿Qué otras áreas de la física están relacionadas con razones de cambio? (Naturaleza de la ciencia)

E. Física nuclear y cuántica

E.1 Estructura del átomo

Preguntas de orientación

¿Cuál es la comprensión actual de la naturaleza del átomo?

¿Qué papel desempeñan las pruebas en el desarrollo de modelos del átomo?

¿De qué maneras siguen siendo válidos los anteriores modelos del átomo, a pesar de los recientes avances en nuestra comprensión?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- El experimento de Rutherford-Geiger-Marsden y el descubrimiento del núcleo
- La notación nuclear A_ZX , donde A es el número de nucleones, Z es el número de protones y X es el símbolo químico
- Que los espectros de emisión y absorción proporcionan pruebas de la naturaleza discreta de los niveles de energía atómicos
- Que durante las transiciones atómicas se emiten y absorben fotones
- Que la frecuencia del fotón liberado durante una transición atómica depende de la diferencia entre los niveles de energía, de acuerdo con $E = hf$
- Que los espectros de emisión y absorción proporcionan información sobre la composición química

Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas

El alumnado debe comprender:

- La relación entre el radio de un núcleo y su número de nucleones, dada por $R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$, y las repercusiones para las densidades nucleares
- Las desviaciones de la dispersión de Rutherford a altas energías
- La distancia de la aproximación más cercana en experimentos de dispersión frontal
- Los niveles energéticos discretos en el modelo de Bohr para el hidrógeno, dados por $E = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV}$
- Que la existencia de energía y órbitas cuantizadas se debe a la cuantización del momento angular en el modelo de Bohr para el hidrógeno, de acuerdo con $mvr = \frac{nh}{2\pi}$

Orientación

No es necesario memorizar los símbolos químicos.

En el Nivel Medio solo se requiere un enfoque cualitativo del experimento de Rutherford-Geiger-Marsden.

Se pueden usar las sencillas consideraciones de Rutherford sobre la conservación de energía para determinar la distancia de la aproximación más cercana.

En los experimentos de dispersión, los valores de la energía serán lo bastante bajos como para considerar únicamente la partícula que repele la fuerza eléctrica.

Preguntas transversales

¿Cómo permiten los espectros de emisión deducir las propiedades de las estrellas?

¿Cómo se calcula la distancia de la aproximación más cercana a partir de la conservación de energía?

¿Cómo se pueden usar los espectros de emisión para calcular las distancias y velocidades de los cuerpos celestes?

¿En qué circunstancias falla el modelo de Bohr? (Naturaleza de la ciencia)

¿Cómo han conducido las observaciones a avances en el modelo del átomo? (Naturaleza de la ciencia)

E.2 Física cuántica

Preguntas de orientación

¿Cómo se puede utilizar la luz para crear una corriente eléctrica?

¿Qué significa la dualidad onda-partícula?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior

No hay contenido del Nivel Medio en E.2.

Temas adicionales del Nivel Superior: 8 horas

El alumnado debe comprender:

- El efecto fotoeléctrico como prueba de la naturaleza corpuscular de la luz
- Que se requieren fotones de una determinada frecuencia, conocida como umbral de frecuencia, para liberar fotoelectrones del metal
- La explicación de Einstein a partir de la función de trabajo y la energía cinética máxima de los fotoelectrones, dada por $E_{\text{máx}} = hf - \Phi$, donde Φ es la función de trabajo del metal
- La difracción de partículas como prueba de la naturaleza ondulatoria de la materia
- Que la materia exhibe la dualidad onda-partícula
- La longitud de onda de De Broglie para las partículas, dada por $\lambda = \frac{h}{p}$
- La dispersión de Compton de la luz por los electrones como prueba adicional de la naturaleza corpuscular de la luz
- Que la longitud de onda de los fotones aumenta al ser dispersados por los electrones
- El cambio en la longitud de onda del fotón tras ser dispersado por un electrón, dado por

$$\lambda_f - \lambda_i = \Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

Orientación

Se requiere una discusión sobre qué características del efecto fotoeléctrico no pueden explicarse mediante la teoría ondulatoria clásica de la luz.

Es necesario describir un experimento de dispersión, incluida la localización de la intensidad mínima de las partículas difractadas a partir de su longitud de onda de De Broglie.

No se requiere la derivación de la fórmula de Compton.

Preguntas transversales

¿Cómo pueden difractarse las partículas?

¿Cuáles son las características y comportamientos que definen las ondas?

¿Qué pruebas indican la difracción de una onda?

¿En qué se parecen y en qué se diferencian la dispersión de un fotón por un electrón y la colisión entre dos bolas macizas?

¿Puede el modelo de Bohr ayudar a explicar el efecto fotoeléctrico? (Naturaleza de la ciencia)

¿Cómo condujo la explicación del efecto fotoeléctrico a la falsación de la idea de que la luz era meramente una onda? (Naturaleza de la ciencia)

¿Por qué la dispersión de Compton constituye una prueba más convincente de la naturaleza corpuscular de la luz que el efecto fotoeléctrico? (Naturaleza de la ciencia)

E.3 Desintegración radiactiva

Preguntas de orientación

¿Por qué algunos isótopos son más estables que otros?

¿De qué maneras puede cambiar un núcleo?

¿Cómo se vuelven más estables los núcleos grandes e inestables?

¿Cómo permite la naturaleza aleatoria de la desintegración radiactiva realizar predicciones?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 7 horas

El alumnado debe comprender:

- Los isótopos
- La energía de enlace nuclear y el defecto de masa
- La variación de la energía de enlace por nucleón con el número de nucleones
- La equivalencia entre masa y energía, dada por $E = mc^2$, en las reacciones nucleares
- La existencia de la fuerza nuclear fuerte, una fuerza atractiva de corto alcance entre los nucleones
- La naturaleza aleatoria y espontánea de la desintegración radiactiva
- Los cambios en el estado del núcleo tras las desintegraciones radiactivas alfa, beta y gamma
- Las ecuaciones de desintegración radiactiva que incluyen α , β^- , β^+ , γ
- La existencia de neutrinos ν y antineutrinos $\bar{\nu}$
- La capacidad de penetración e ionización de las partículas alfa, las partículas beta y los rayos gamma
- La actividad, la tasa de conteo y la semivida en la desintegración radiactiva
- Los cambios en la actividad y la tasa de conteo durante la desintegración radiactiva usando valores enteros de la semivida
- El efecto de la radiación de fondo sobre la tasa de conteo

Temas adicionales del Nivel Superior: 5 horas

El alumnado debe comprender:

- Las pruebas de la existencia de la fuerza nuclear fuerte
- El papel que desempeña la relación entre el número de neutrones y el de protones en la estabilidad de los nucleidos
- La constancia aproximada de la curva de energía de enlace para un número de nucleones superior a 60
- Que el espectro de las radiaciones alfa y gamma proporciona pruebas de la naturaleza discreta de los niveles de energía nucleares
- El espectro continuo de la desintegración beta como prueba de la existencia del neutrino
- La constante de desintegración λ y la ley de la desintegración radiactiva, dada por $N = N_0 e^{-\lambda t}$
- Que la constante de desintegración solo se aproxima a la probabilidad de desintegración por unidad de tiempo cuando λt es suficientemente pequeña
- La actividad como velocidad de desintegración, de acuerdo con $A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$
- La relación entre la semivida y la constante de desintegración, dada por $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

Orientación

Se requiere la interpretación de las curvas de energía de enlace.

Las masas nucleares se expresarán en kg, en $\text{MeV}c^{-2}$ y en unidades de masa atómica (unificada) u .

Los contextos del mundo real para este tema deben incluir el uso de isótopos en la medicina, las fugas en tuberías subterráneas, el espesor de los materiales y la datación radiactiva a partir de la penetración y la semivida de la partícula de desintegración.

La fuerza nuclear débil no se considera en este curso.

En los temas adicionales del Nivel Superior se requiere la aplicación de las ecuaciones de desintegración radiactiva para intervalos de tiempo arbitrarios.

Se requiere la determinación de la semivida de un nucleido.

Preguntas transversales

¿Existen diferencias entre los fotones emitidos como resultado de las transiciones atómicas y los que se emiten en las transiciones nucleares?

¿Qué comparación puede establecerse entre el equilibrio en una estrella y la estabilidad en el núcleo de un átomo?

¿Podrían existir los núcleos si solo se consideraran las fuerzas gravitatorias y eléctricas?

¿Cómo condujo la conservación a pruebas experimentales de la existencia del neutrino? (Naturaleza de la ciencia)

¿Qué áreas de la física implican un cambio exponencial? (Naturaleza de la ciencia)

E.4 Fisión

Preguntas de orientación

¿En qué forma se almacena la energía en el núcleo del átomo?

¿Cómo se puede aprovechar la energía que libera el núcleo?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 4 horas

El alumnado debe comprender:

- Que en la fisión espontánea e inducida por neutrones se libera energía
- El papel de las reacciones en cadena en las reacciones de fisión nuclear
- El papel de las barras de control, los moderadores, los intercambiadores de calor y el apantallamiento en una planta de energía nuclear
- Las propiedades de los productos de fisión nuclear y su gestión

Temas adicionales del Nivel Superior

No hay temas adicionales del Nivel Superior en E.4.

Orientación

Se requieren cálculos para determinar la energía liberada en las reacciones de fisión.

Debe considerarse el impacto del almacenamiento a largo plazo de residuos nucleares.

Preguntas transversales

¿En qué forma se libera la energía como resultado de la fisión nuclear?

¿Cómo se utiliza la energía de enlace para determinar el ritmo de producción de energía en una planta de energía nuclear?

¿En qué medida la fisión puede desempeñar un papel en la lucha contra el cambio climático? (Naturaleza de la ciencia)

E.5 Fusión y estrellas

Preguntas de orientación

¿Cómo se crean los elementos?

¿Qué procesos físicos conducen a la evolución de las estrellas?

¿Pueden las observaciones del estado actual del universo predecir el futuro desenlace del universo?

Comprensión

Nivel Medio y Nivel Superior: 6 horas

El alumnado debe comprender:

- Que la estabilidad de las estrellas se basa en un equilibrio entre la presión de radiación dirigida hacia fuera y las fuerzas gravitatorias dirigidas hacia dentro
- Que la fusión es una fuente de energía en las estrellas
- Las condiciones que conducen a la fusión en las estrellas en función de la densidad y la temperatura
- El efecto de la masa estelar en la evolución de una estrella
- Las regiones principales del diagrama de Hertzsprung-Russell (HR) y cómo describir las propiedades principales de las estrellas en estas regiones
- El uso del paralaje estelar como método para determinar la distancia d a los cuerpos celestes, de acuerdo con $d(\text{pársec}) = \frac{1}{p(\text{arco-segundo})}$
- Cómo determinar los radios estelares

Orientación

Se requieren cálculos de la liberación de energía.

Se requiere la conversión entre unidades astronómicas (ua), años luz (al) y pársecs (pc).

Se requiere dibujar aproximadamente e interpretar diagramas HR que incluyan la posición de las estrellas de la secuencia principal, las gigantes rojas, las supergigantes, las enanas blancas, la franja de inestabilidad y las líneas de radio constante.

Los diagramas HR se rotularán con la luminosidad en el eje vertical y la temperatura en el eje horizontal.

La temperatura superficial y la composición de una estrella pueden determinarse a partir del espectro estelar.

Se requiere la determinación de radios estelares a partir de la luminosidad y la temperatura superficial.

No se exigen las variables cefeidas.

Preguntas transversales

¿En qué se parecen y en qué se diferencian la fusión y la fisión?

¿Cómo puede ayudar la comprensión de la radiación del cuerpo negro a determinar las propiedades de las estrellas?

¿Cómo proporcionan los espectros de emisión información sobre las observaciones del cosmos?

Los diagramas HR han sido útiles para clasificar las estrellas mediante el hallazgo de patrones en sus propiedades. ¿Qué otras áreas de la física usan la clasificación para facilitar nuestra comprensión? (Naturaleza de la ciencia)

¿De qué maneras ha ayudado la tecnología a obtener datos a partir de las observaciones de estrellas distantes? (Naturaleza de la ciencia)

¿Cómo se pueden usar las leyes de los gases para modelizar las estrellas? (Naturaleza de la ciencia)

La evaluación en el Programa del Diploma

Información general

La evaluación es una parte fundamental de la enseñanza y el aprendizaje. El propósito fundamental de la evaluación en el Programa del Diploma (PD) debería ser apoyar los objetivos del currículo y fomentar un aprendizaje adecuado por parte del alumnado. En el PD, la evaluación es tanto interna como externa. Los trabajos preparados para la evaluación externa los corrige el personal de examinación del IB, mientras que los trabajos presentados para la evaluación interna los corrige el profesorado y los modera externamente el IB.

El IB reconoce dos tipos de evaluación:

- La evaluación formativa orienta la enseñanza y el aprendizaje. Proporciona al alumnado y al profesorado información útil y precisa sobre el tipo de aprendizaje que se está produciendo, y sobre los puntos fuertes y débiles de los alumnos y alumnas, lo que permite ayudarles a desarrollar su comprensión y aptitudes. La evaluación formativa también ayuda a mejorar la calidad de la enseñanza, pues gracias a la información que proporciona, se puede hacer un seguimiento del progreso de cada estudiante hacia el logro de los objetivos generales y de evaluación del curso (0404-01).
- La evaluación sumativa ofrece una perspectiva general del aprendizaje que se ha producido hasta un momento dado y se emplea para determinar los logros de cada estudiante al final de su programa de estudios o cerca de ese final (0404-04).

Una política de evaluación integral debe ser una parte fundamental de la enseñanza, el aprendizaje y la organización del curso. Para obtener más información, véase la publicación del IB *Normas para la implementación de los programas y aplicaciones concretas*.

El enfoque de evaluación adoptado por el IB no es normativo, sino que está relacionado con criterios. Es decir, se evalúa el trabajo del alumnado en relación con niveles de logro determinados y no en relación con el trabajo de otras personas. Para obtener más información sobre la evaluación en el Programa del Diploma, consulte la publicación titulada *Principios y prácticas de evaluación del IB: evaluaciones de calidad en la era digital*.

Para ayudar al personal docente en la planificación, implementación y evaluación de los cursos del PD, hay una variedad de recursos que se pueden consultar en el Centro de recursos para los programas o adquirir en la tienda virtual del IB (store.ibo.org). En el Centro de recursos para los programas pueden encontrarse también publicaciones tales como exámenes de muestra y esquemas de calificación, materiales de ayuda al profesor, informes generales de la asignatura y descriptores de calificaciones finales. En la tienda virtual del IB se pueden adquirir exámenes y esquemas de calificación de convocatorias anteriores.

Métodos de evaluación

El IB emplea diversos métodos para evaluar el trabajo del alumnado.

Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación se emplean cuando la tarea de evaluación es abierta. Cada criterio se concentra en una habilidad específica que se espera que demuestren los alumnos y alumnas. Los objetivos de evaluación describen lo que deberían ser capaces de hacer y los criterios de evaluación describen qué nivel deberían demostrar al hacerlo. Los criterios de evaluación permiten evaluar del mismo modo respuestas que pueden ser 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 que cada

estudiante ha conseguido. La puntuación máxima de cada criterio puede diferir en función de su importancia. Los puntos obtenidos en cada criterio se suman para obtener la puntuación total del trabajo en cuestión.

Bandas de puntuación

Las bandas de puntuación exponen de forma integral el desempeño esperado y se utilizan para evaluar las respuestas del alumnado. 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. Del rango de puntos de cada descriptor de nivel se elige la puntuación que mejor corresponda al nivel que cada estudiante ha logrado.

Esquemas de calificación analíticos

Estos esquemas se preparan para aquellas preguntas de examen que se deben contestar con un tipo concreto de respuesta o una respuesta final determinada. Detallan a quienes corrigen cómo desglosar la puntuación total disponible para cada pregunta con respecto a las diferentes partes de la respuesta.

Notas para la corrección

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

Adecuaciones inclusivas de acceso

Existen adecuaciones inclusivas de acceso disponibles para estudiantes con necesidades específicas de acceso. Las condiciones normales de evaluación pueden representar una desventaja para quienes tienen necesidades específicas de acceso a la evaluación, al impedirles demostrar su nivel de logro. Las adecuaciones inclusivas de acceso permiten a este colectivo demostrar su capacidad en condiciones de evaluación lo más justas posible.

En el documento del IB titulado *Política de acceso e inclusión* se explican detalladamente todas las adecuaciones inclusivas de acceso disponibles para el alumnado. El documento *La diversidad en el aprendizaje y la inclusión en los programas del IB: Eliminar las barreras para el aprendizaje* describe la postura del IB con respecto a los alumnos y alumnas con diversas necesidades de aprendizaje en los programas que ofrece. Para quienes sufran circunstancias adversas, la publicación *Procedimientos de evaluación del Programa del Diploma* (que se actualiza cada año), que contiene el reglamento general, incluye información detallada sobre los casos de consideración para el acceso a la evaluación.

Responsabilidades del colegio

Los colegios deben garantizar que el alumnado con necesidades de apoyo para el aprendizaje cuenta con las adecuaciones de acceso equitativo y los ajustes razonables correspondientes según los documentos del IB titulados *Política de acceso e inclusión* y *La diversidad en el aprendizaje y la inclusión en los programas del IB: Eliminar las barreras para el aprendizaje*.

Resumen de la evaluación: NM

Primera evaluación: 2025

Componente de evaluación	Porcentaje del total de la evaluación
Evaluación externa (3 horas)	80 %
Prueba 1 (1 hora y 30 minutos) Prueba 1A: preguntas de opción múltiple Prueba 1B: preguntas basadas en datos (Total: 45 puntos)	36 %
Prueba 2 (1 hora y 30 minutos) Preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre material del Nivel Medio únicamente (Total: 55 puntos)	44 %
Evaluación interna (10 horas)	20 %
La evaluación interna consiste en una tarea: la investigación científica. Este componente lo evalúa internamente el personal docente y lo modera externamente el IB al final del curso. (Total: 24 puntos)	

Resumen de la evaluación: NS

Primera evaluación: 2025

Componente de evaluación	Porcentaje del total de la evaluación
Evaluación externa (4 horas y 30 minutos)	80 %
Prueba 1 (2 horas) Prueba 1A: preguntas de opción múltiple Prueba 1B: preguntas basadas en datos (Total: 60 puntos)	36 %
Prueba 2 (2 hora y 30 minutos) Preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre material del Nivel Medio y temas adicionales del Nivel Superior (Total: 90 puntos)	44 %
Evaluación interna (10 horas)	20 %
La evaluación interna consiste en una tarea: la investigación científica. Este componente lo evalúa internamente el personal docente y lo modera externamente el IB al final del curso. (Total: 24 puntos)	

Evaluación externa

Para evaluar al alumnado se emplean esquemas de calificación detallados, específicos para cada prueba de examen (pruebas 1 y 2).

Algunos aspectos del examen estarán relacionados con una comprensión general de la naturaleza de la ciencia. Es posible que ciertos elementos de la naturaleza de la ciencia en la guía estén relacionados con el contenido del examen, pero no se evaluará el conocimiento de las definiciones incluidas en los aspectos de la naturaleza de la ciencia.

Descripción detallada de la evaluación externa: NM

Prueba 1

Duración: 1 hora y 30 minutos

Porcentaje del total de la evaluación: 36 %

Puntos: 45

La prueba 1 se distribuye en dos cuadernillos de examen.

Prueba 1A: 25 puntos

- 25 preguntas de opción múltiple sobre material del Nivel Medio únicamente
No se descuentan puntos por respuestas incorrectas.

Prueba 1B: 20 puntos

- Preguntas basadas en datos

Las pruebas 1A y 1B deben realizarse juntas, sin interrupciones.

Las preguntas de la prueba 1 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.

Se permite el uso de calculadoras. Consulte el documento *Orientación sobre el uso de calculadoras en los exámenes* en el Centro de recursos para los programas.

Es necesario que cada estudiante disponga de un ejemplar sin anotaciones del cuadernillo de datos de Física durante el examen. El colegio será el encargado de descargarlo desde IBIS o el Centro de recursos para los programas, y asegurarse de contar con un número suficiente de copias disponibles para todo el alumnado.

Prueba 2

Duración: 1 hora y 30 minutos

Porcentaje del total de la evaluación: 44 %

Puntos: 55

- Preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre material del Nivel Medio únicamente

Las preguntas de la prueba 2 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.

Se permite el uso de calculadoras. Consulte el documento *Orientación sobre el uso de calculadoras en los exámenes* en el Centro de recursos para los programas.

Es necesario que cada estudiante disponga de un ejemplar sin anotaciones del cuadernillo de datos de Física durante el examen. El colegio será el encargado de descargarlo desde IBIS o el Centro de recursos para los programas, y asegurarse de contar con un número suficiente de copias disponibles para todo el alumnado.

Descripción detallada de la evaluación externa: NS

Prueba 1

Duración: 2 horas

Porcentaje del total de la evaluación: 36 %

Puntos: 60

La prueba 1 se distribuye en dos cuadernillos de examen.

Prueba 1A: 40 puntos

- 40 preguntas de opción múltiple sobre material del Nivel Medio y temas adicionales del Nivel Superior
No se descuentan puntos por respuestas incorrectas.

Prueba 1B: 20 puntos

- Preguntas basadas en datos

Las pruebas 1A y 1B deben realizarse juntas, sin interrupciones.
--

Las preguntas de la prueba 1 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.

Se permite el uso de calculadoras. Consulte el documento *Orientación sobre el uso de calculadoras en los exámenes* en el Centro de recursos para los programas.

Es necesario que cada estudiante disponga de un ejemplar sin anotaciones del cuadernillo de datos de Física durante el examen. El colegio será el encargado de descargarlo desde IBIS o el Centro de recursos para los programas, y asegurarse de contar con un número suficiente de copias disponibles para todo el alumnado.

Prueba 2

Duración: 2 horas y 30 minutos

Porcentaje del total de la evaluación: 44 %

Puntos: 90

- Preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre material del Nivel Medio y temas adicionales del Nivel Superior

Las preguntas de la prueba 2 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.

Se permite el uso de calculadoras. Consulte el documento *Orientación sobre el uso de calculadoras en los exámenes* en el Centro de recursos para los programas.

Es necesario que cada estudiante disponga de un ejemplar sin anotaciones del cuadernillo de datos de Física durante el examen. El colegio será el encargado de descargarlo desde IBIS o el Centro de recursos para los programas, y asegurarse de contar con un número suficiente de copias disponibles para todo el alumnado.

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 al alumnado demostrar la aplicación de sus habilidades y conocimientos, y dedicarse a aquellas áreas que despierten su interés personal, 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 en 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.

Orientación y autoría original

La investigación científica (NM y NS) presentada para la evaluación interna debe ser un trabajo original del alumno o alumna. Sin embargo, no se pretende que cada estudiante decida el título o el tema y que se le deje trabajar en el componente de evaluación interna sin ningún tipo de ayuda de su docente. El equipo docente debe desempeñar un papel importante en las etapas de planificación y elaboración del trabajo de evaluación interna. Es su responsabilidad asegurarse de que el alumnado está familiarizado con:

- Los requisitos del tipo de trabajo que se va a evaluar internamente.
- Las directrices de experimentación en Ciencias.
- Los criterios de evaluación. Cada estudiante debe entender que el trabajo que presente para evaluación ha de abordar estos criterios eficazmente.

El profesorado y el alumnado deben discutir el trabajo que se va a evaluar internamente. Se debe animar al alumnado a dirigirse al equipo docente en busca de consejos e información y no se les debe penalizar por solicitar orientación. Como parte del proceso de aprendizaje, deben leer un borrador del trabajo y asesorar a sus estudiantes al respecto. Deben asesorarles oralmente o por escrito sobre la manera de mejorar el trabajo, pero no deben editar el borrador. La siguiente versión que se entregue debe ser la versión final.

El profesorado tiene la responsabilidad de asegurarse de que todo el alumnado entienda el significado y la importancia de los conceptos relacionados con la integridad académica, especialmente los de autoría original y propiedad intelectual. Deben verificar que todos los trabajos que se entreguen para su evaluación se hayan preparado conforme a los requisitos, y deben explicar claramente que el trabajo que se evalúa internamente debe ser original en su totalidad. Cuando se permita la colaboración entre estudiantes, debe quedarles clara la diferencia entre colaboración y colusión.

También le corresponde al equipo docente verificar la autoría original de todo trabajo que se envíe al IB para su moderación o evaluación, y no deben enviar ningún trabajo que constituya (o sospechen que constituye) un caso de conducta impropia. Cada estudiante debe confirmar que el trabajo es original y que es la versión final. Una vez que 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 todo el alumnado, no solo de quienes formen parte de la muestra que se enviará al IB para moderación. Para obtener más información, consulte las publicaciones del IB *Política de integridad académica*, *El Programa del Diploma: de los principios a la práctica* y el reglamento general pertinente (contenido en *Procedimientos de evaluación del Programa del Diploma*).

La autoría de los trabajos se puede comprobar discutiendo su contenido con el alumno o alumna y analizando en detalle uno o varios de los siguientes aspectos:

- La propuesta inicial del alumno o alumna

- El primer borrador del trabajo escrito
- Las referencias bibliográficas citadas
- El estilo de redacción, comparado con trabajos que se sabe que ha realizado
- 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.

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, las habilidades y la comprensión necesarios para llevar a cabo el trabajo de evaluación interna, así como en el tiempo total dedicado a realizar el trabajo.

Se recomienda asignar al trabajo un total de aproximadamente 10 horas lectivas (tanto en el NM como en el NS). Estas horas deben incluir:

- Tiempo para explicar al alumnado los requisitos de la evaluación interna
- Tiempo de clase para que el alumnado trabaje en el componente de evaluación interna y plantee preguntas
- Tiempo para consultas entre el profesor o profesora y cada estudiante
- Tiempo para revisar el trabajo y evaluar cómo progresa, y para comprobar que es original

Requisitos y recomendaciones de seguridad

Es responsabilidad de todas las personas implicadas en la educación científica el asumir un compromiso permanente con el trabajo práctico seguro y saludable.

Las prácticas y protocolos de trabajo deben proteger eficazmente al alumnado y el medio ambiente. Los colegios deberán ajustarse a las directrices nacionales o locales, que difieren de un país a otro. El material de ayuda al profesor de Física proporciona orientación adicional.

Uso de los criterios de evaluación en la evaluación interna

Se ha establecido una serie de criterios de evaluación para la evaluación interna. Cada criterio de evaluación cuenta con descriptores que describen un nivel de logro específico y equivalen a un determinado rango de puntos. Los descriptores de nivel se centran en aspectos positivos, aunque, en los niveles más bajos, la descripción puede mencionar la falta de logros.

El equipo docente debe 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 de evaluación 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 cada estudiante, utilizando el modelo del descriptor más adecuado. Esto implica que, cuando un trabajo muestre niveles de logro distintos para los diferentes aspectos de un criterio, se deben 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 la puntuación correspondiente.
- Al evaluar un trabajo, deben leerse 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.

- En los casos en que un descriptor de nivel comprenda dos puntuaciones, el equipo docente debe conceder las puntuaciones más altas si el trabajo demuestra en gran medida las cualidades descritas; el trabajo puede estar cerca de alcanzar las puntuaciones del descriptor de nivel superior. Se deben conceder las puntuaciones más bajas si el trabajo 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 puntuaciones parciales, como fracciones o decimales.
- No se debe pensar en términos de aprobado o no aprobado, sino concentrarse en identificar el descriptor apropiado para cada criterio de evaluación.
- Los descriptores de nivel más altos no implican un trabajo perfecto: deben estar al alcance del alumnado. El equipo docente no debe dudar en conceder los niveles extremos si describen apropiadamente el trabajo que se está evaluando.
- Un alumno o alumna que alcance un nivel de logro alto en un criterio no necesariamente alcanzará niveles altos en los demás criterios. Igualmente, quienes alcancen un nivel de logro bajo en un criterio no necesariamente alcanzarán niveles bajos en los demás criterios. El equipo docente no debe suponer que la evaluación general de sus estudiantes debe dar como resultado una distribución determinada de puntuaciones.
- Se recomienda que el alumnado tenga acceso a los criterios de evaluación.

Descripción detallada de la evaluación interna: NM y NS

La investigación científica

Duración: 10 horas

Porcentaje del total de la evaluación: 20 %

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 tarea: la investigación científica.

La investigación científica es una tarea abierta en la que cada estudiante obtiene y analiza datos para responder una pregunta de investigación que ha formulado.

El resultado de la investigación científica se evaluará a través de un informe escrito. El informe debe tener un total de 3.000 palabras como máximo.

El cómputo de palabras no incluye:

- Gráficos y diagramas
- Tablas de datos
- Las ecuaciones, fórmulas y cálculos
- Citas y referencias (entre paréntesis, numeradas, notas a pie de página o notas al final)
- Bibliografía
- Encabezados

Al comienzo del informe, se debe indicar la siguiente información:

- Título de la investigación
- Código del alumno o alumna del IB (alfanumérico, por ejemplo: xyz123)
- Código de cada alumno o alumna del IB que compone el grupo (si procede)
- Número de palabras

No es obligatorio que el trabajo tenga una portada ni un índice.

Facilitación de la investigación científica

La pregunta de investigación debe ser interesante para el alumno o alumna, pero no es necesario que abarque conceptos adicionales a los descritos en la sección “Comprensión” de la guía.

La investigación científica realizada debe tener suficiente extensión y profundidad para que se puedan abordar de manera significativa todos los descriptores de los criterios de evaluación.

La investigación de la pregunta debe incluir la obtención y el análisis de datos cuantitativos, que deben respaldarse con observaciones cualitativas cuando proceda.

La investigación científica permite emplear una amplia variedad de técnicas para la obtención y el análisis de datos. Estos son los enfoques que pueden utilizarse, ya sea por separado o de forma conjunta:

- Trabajo práctico de laboratorio
- Trabajo de campo
- Uso de una hoja de cálculo para el análisis y la creación de modelos
- Extracción y análisis de información de una base de datos
- Uso de una simulación

El material de ayuda al profesor de Física contiene orientación adicional sobre estos posibles enfoques.

El personal docente debe:

- Asegurarse de que el alumnado está familiarizado con los criterios de evaluación.
- Asegurarse de que el alumnado es capaz de investigar su pregunta de investigación individual.
- Orientar al alumnado acerca de la viabilidad de la metodología propuesta en cuanto al tiempo y los recursos disponibles.
- Asegurarse de que el alumnado ha considerado de forma apropiada los factores de seguridad, éticos y ambientales antes de pasar a la fase de acción.
- Recordar al alumnado cuáles son los requisitos de integridad académica y las consecuencias de la conducta impropia. Debe quedar clara la diferencia entre colaboración y colusión.

Desarrollo de la pregunta de investigación

Se espera que cada estudiante formule, investigue y responda una pregunta de investigación única, y que busque el asesoramiento de su docente.

Dos estudiantes no deben presentar el mismo conjunto de datos brutos.

Metodología para el trabajo individual

Cada estudiante desarrolla su propia metodología para responder su pregunta de investigación individual. Para investigar, el alumno o alumna debe:

- Manipular una variable independiente

o bien

- Seleccionar variables durante el trabajo de campo

o bien

- Seleccionar distintos datos extraídos de bases de datos externas

Puede recurrir al apoyo de sus compañeros(as) durante la obtención de datos.

Metodología para el trabajo colaborativo

El trabajo colaborativo es opcional y, cuando se lleve a cabo, los grupos formados deben ser como máximo de tres estudiantes. Los alumnos y alumnas pueden organizar sus propios grupos. El personal docente debe proporcionar orientación para garantizar que todos sus estudiantes participen de manera plena en la actividad colaborativa. El alumnado debe entender claramente el requisito de realizar una investigación individual.

La metodología desarrollada para responder la pregunta de investigación individual puede ser, en parte, el resultado de una actividad colaborativa. Para investigar su pregunta de investigación individual, un alumno(a) del grupo debe manipular:

- Una variable independiente distinta a las elegidas por otros miembros del grupo

o bien

- La misma variable independiente, con una variable dependiente distinta a las elegidas por otros miembros del grupo

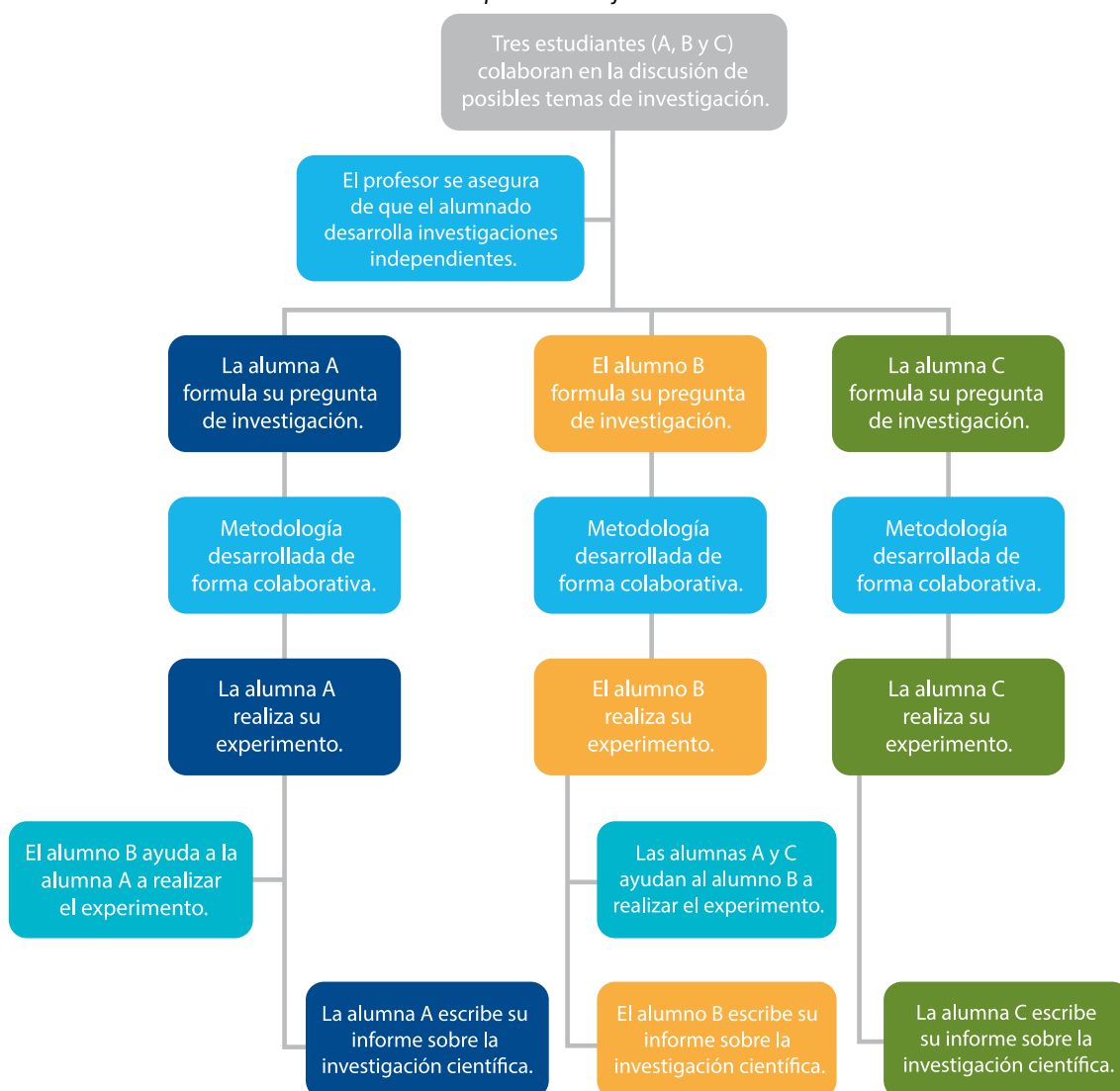
o bien

- Datos distintos a los elegidos por otros miembros del grupo a partir de un conjunto más amplio de datos adquiridos de forma colaborativa

En este contexto, el trabajo colaborativo se permite a condición de que el informe final presentado para evaluación lo realice individualmente cada estudiante. No se permiten los informes escritos en grupo. Toda la redacción, incluida la descripción de la metodología, debe hacerse de manera individual. Este diagrama ilustra una posible vía donde los alumnos y alumnas colaboran a lo largo del proceso de evaluación interna.

Figura 3

Posible vía para el trabajo colaborativo



Colaboración en clase para crear una base de datos

Un colegio puede tomar parte en una actividad a gran escala consistente en obtener datos para generar una base de datos utilizando protocolos estandarizados. Si un alumno(a) decide utilizar esta base de datos para responder su pregunta de investigación, entonces debe considerarse que se trata de una investigación realizada a partir de una base de datos. En tal caso, la metodología debe centrarse en la manera en que se filtran y muestrean los datos de toda la base de datos, del mismo modo que si los datos procedieran exclusivamente de una fuente externa.

Evaluación de la investigación científica

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

Los cuatro criterios de evaluación son los siguientes:

- Diseño de la investigación
- Análisis de datos
- Conclusión
- Evaluación

Cada criterio de evaluación cuenta con descriptores que describen un nivel de logro específico y equivalen a un determinado rango de puntos. Los descriptores de nivel se centran en aspectos positivos, aunque, en los niveles más bajos, la descripción puede mencionar la falta de logros.

El equipo docente debe valorar el trabajo de evaluación interna del NM y del NS con relación a los mismos criterios, utilizando los descriptores de nivel y las aclaraciones. Los criterios deben aplicarse sistemáticamente utilizando el descriptor más adecuado para el trabajo: cuando un trabajo muestre niveles de logro distintos para los diferentes aspectos de un criterio, 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 la puntuación correspondiente. Los descriptores de nivel más altos no implican un desempeño perfecto.

En los casos en que un descriptor de nivel comprenda dos o más puntuaciones, el equipo docente debe conceder la puntuación más alta si el trabajo se corresponde en gran medida con las cualidades descritas; el trabajo puede estar cerca de alcanzar las puntuaciones del descriptor de nivel superior. Se deben conceder las puntuaciones más bajas si el trabajo 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 puntuaciones parciales, como fracciones o decimales.

Cada criterio debe considerarse de forma independiente. Un alumno o alumna que alcance un nivel de logro alto en un criterio no necesariamente alcanzará niveles altos en los demás criterios. Igualmente, quienes alcancen un nivel de logro bajo en un criterio no necesariamente alcanzarán niveles bajos en los demás criterios. El equipo docente no debe suponer que la evaluación general de sus estudiantes debe dar como resultado una distribución determinada de puntuaciones.

Cuando los descriptores de nivel incluyan términos de instrucción, estos deberán interpretarse según lo dispuesto en la sección “Glosario de términos de instrucción” de esta guía. Estos términos de instrucción indican el grado de profundidad en el tratamiento de un aspecto. Los términos de instrucción que se emplean en los descriptores se presentan en la siguiente tabla:

Objetivo de evaluación (OE)	Término de instrucción	Descriptor
OE1	Indicar	Especificar un nombre, un valor o cualquier otro tipo de respuesta corta sin aportar explicaciones ni cálculos.
OE2	Identificar	Dar una respuesta entre un número de posibilidades.
OE2	Resumir	Exponer brevemente o a grandes rasgos.

Objetivo de evaluación (OE)	Término de instrucción	Descriptor
OE2	Describir	Exponer detalladamente.
OE3	Explicar	Exponer detalladamente las razones o causas de algo.
OE3	Justificar	Proporcionar razones o pruebas válidas que respalden una respuesta o conclusión.

Uso de referencias e integridad académica

Se espera que se indiquen apropiadamente las fuentes de información utilizadas en el informe de la investigación científica. La omisión o el uso inapropiado de referencias se considerará conducta impropia.

Cada estudiante debe asegurarse de que su trabajo para la evaluación cumple las políticas de integridad académica del IB y de que todas las fuentes se citan debidamente. Si no se citan todas las fuentes de forma apropiada, 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. Para obtener más información, consulte la sección "Integridad académica" de esta guía.

Criterios de evaluación interna: NM y NS

Descargar: [Criterios de evaluación interna del NM y el NS \(PDF\)](#)

Hay cuatro criterios de evaluación interna para la investigación científica. Las puntuaciones y los porcentajes del total de la evaluación son los siguientes.

Criterio	Puntuación máxima que se puede asignar	Porcentaje del total de la evaluación (%)
Diseño de la investigación	6	25
Análisis de datos	6	25
Conclusión	6	25
Evaluación	6	25
Total	24	100

Diseño de la investigación

Este criterio evalúa la medida en que el alumno o alumna comunica eficazmente la metodología (propósito y práctica) que utilizó para abordar la pregunta de investigación.

Puntuación	Descriptor de nivel
0	El informe no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	- La pregunta de investigación se indica sin contexto. - Se indican consideraciones metodológicas relacionadas con la obtención de datos pertinentes a la pregunta de investigación. - La descripción de la metodología empleada para obtener o seleccionar los datos carece de información lo suficientemente detallada como para permitir reproducir la investigación.
3-4	La pregunta de investigación se resume en el marco de un contexto amplio.

Puntuación	Descriptor de nivel
	- Se describen consideraciones metodológicas relacionadas con la obtención de datos pertinentes y suficientes para responder la pregunta de investigación. - La descripción de la metodología empleada para obtener o seleccionar los datos permite reproducir la investigación con pocas ambigüedades u omisiones.
5-6	- La pregunta de investigación se describe en el marco de un contexto específico y apropiado. - Se explican consideraciones metodológicas relacionadas con la obtención de datos pertinentes y suficientes para responder la pregunta de investigación. - La descripción de la metodología empleada para obtener o seleccionar los datos permite reproducir la investigación.

Aclaraciones para el diseño de la investigación

Una pregunta de investigación con contexto debe incluir referencias a las variables dependiente e independiente, o a dos variables correlacionadas, así como una descripción concisa del sistema al que pertenece la pregunta y una teoría de referencia directamente pertinente.

Las consideraciones metodológicas incluyen:

- La selección de los métodos para medir la variable independiente y la variable dependiente
- La selección de las bases de datos o el modelo, y el muestreo de los datos
- Las decisiones en cuanto al alcance, la cantidad y la calidad de las mediciones (por ejemplo: el rango, el intervalo o la frecuencia de la variable independiente; o la repetición y la precisión de las mediciones)
- La identificación de variables de control y la elección del método para su control
- El reconocimiento de cuestiones de seguridad, éticas y ambientales que haya sido necesario tener en cuenta

La descripción de la metodología hace referencia a la presentación de información lo suficientemente detallada (como los materiales específicos utilizados y los pasos concretos del procedimiento), evitando incluir información innecesaria o repetitiva, a fin de que el lector pueda comprender fácilmente cómo se implementó la metodología y pueda, en principio, repetir la investigación.

Análisis de datos

Este criterio evalúa la medida en que el informe aporta pruebas de que el alumno o alumna ha registrado, procesado y presentado los datos de maneras pertinentes a la pregunta de investigación.

Puntuación	Descriptor de nivel
0	El informe no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	- Se comunican el registro y procesamiento de los datos, pero no se hace de forma clara ni precisa. - El registro y procesamiento de los datos muestran escasos indicios de que se hayan considerado las incertidumbres. - Se lleva a cabo cierto procesamiento de datos pertinentes para abordar la pregunta de investigación, pero con omisiones, imprecisiones o incoherencias graves.
3-4	- La comunicación del registro y procesamiento de los datos es clara o precisa. - El registro y procesamiento de los datos muestran indicios de que se han considerado las incertidumbres, pero con algunas omisiones o imprecisiones significativas.

Puntuación	Descriptor de nivel
	Se lleva a cabo un procesamiento de datos pertinentes para abordar la pregunta de investigación, pero con algunas omisiones, imprecisiones o incoherencias significativas.
5-6	- La comunicación del registro y procesamiento de los datos es clara y precisa. - El registro y procesamiento de los datos muestran indicios de que se han considerado las incertidumbres de forma apropiada. - Se lleva a cabo un procesamiento de datos pertinentes para abordar la pregunta de investigación de forma apropiada y precisa.

Aclaraciones para el análisis de datos

Los datos hacen referencia a los datos cuantitativos o a una combinación de datos cuantitativos y cualitativos.

Comunicación

- La comunicación clara significa que el método de procesamiento puede entenderse con facilidad.
- La comunicación precisa implica un seguimiento correcto de las convenciones, como las relativas a la anotación de gráficos y tablas, o al uso de unidades, lugares decimales y cifras significativas.

La consideración de las incertidumbres es específica de cada asignatura y se proporciona orientación adicional en el material de ayuda al profesor de Física.

Las omisiones, imprecisiones o incoherencias graves impiden extraer una conclusión válida que responda la pregunta de investigación.

Las omisiones, imprecisiones o incoherencias significativas permiten extraer una conclusión que responde la pregunta de investigación, pero con una validez o nivel de detalle limitados.

Conclusión

Este criterio evalúa la medida en que el alumno o alumna responde satisfactoriamente su pregunta de investigación en cuanto a su análisis y el contexto científico aceptado.

Puntuación	Descriptor de nivel
0	El informe no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	- Se indica una conclusión que es pertinente a la pregunta de investigación, pero no cuenta con el respaldo del análisis que se presenta. - La conclusión realiza una comparación superficial con el contexto científico aceptado.
3-4	- Se describe una conclusión que es pertinente a la pregunta de investigación, pero no es del todo coherente con el análisis que se presenta. - Se describe una conclusión que realiza cierta comparación pertinente con el contexto científico aceptado.
5-6	- Se justifica una conclusión que es pertinente a la pregunta de investigación y totalmente coherente con el análisis que se presenta. - Se justifica una conclusión mediante una comparación pertinente con el contexto científico aceptado.

Aclaraciones para la conclusión

Una conclusión que es totalmente coherente requiere interpretar los datos procesados, incluidas las incertidumbres asociadas.

El contexto científico hace referencia a información que podría provenir de material publicado (ya sea en formato impreso o en línea), valores publicados, apuntes de clase, libros de texto u otras fuentes externas. Las citas de los materiales publicados deben ser lo suficientemente detalladas como para permitir la localización de las fuentes.

Evaluación

Este criterio evalúa la medida en que el informe aporta pruebas de que el alumno o alumna ha evaluado la metodología de investigación y ha sugerido mejoras.

Puntuación	Descriptor de nivel
0	El informe no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	- El informe indica limitaciones o puntos débiles genéricos de la metodología. - Se indican mejoras realistas para la investigación.
3-4	- El informe describe limitaciones o puntos débiles específicos de la metodología. - Se describen mejoras realistas para la investigación que son pertinentes a las limitaciones o puntos débiles que se identificaron.
5-6	- El informe explica el impacto relativo de las limitaciones o puntos débiles específicos de la metodología. - Se explican mejoras realistas para la investigación que son pertinentes a las limitaciones o puntos débiles que se identificaron.

Aclaraciones para la evaluación

El adjetivo *genérico* significa que atañe a varias metodologías y no es específicamente pertinente a la metodología de la investigación que se está evaluando.

La *metodología* hace referencia al tratamiento general de la pregunta de investigación, además de a los pasos del procedimiento.

Los *puntos débiles* pueden tener que ver con cuestiones relativas al control de las variables, la precisión de las mediciones o las variaciones de los datos.

Las *limitaciones* pueden referirse a cómo la conclusión tiene un alcance limitado por el rango de datos obtenidos, los límites del sistema o la aplicabilidad de los supuestos realizados.

Glosario de términos de instrucción

Términos de instrucción para Física

El alumnado deberá familiarizarse con los siguientes términos y expresiones claves utilizados en las preguntas de examen, que deberán comprenderse tal y como se describen en esta sección. Aunque estos términos se usarán frecuentemente en las preguntas de examen, también podrán emplearse otros términos con el fin de guiar al alumnado para que presente 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
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 situados y unidos, bien por una línea recta o por una curva suave.
Indicar	Especificar un nombre, un valor o cualquier otro tipo de respuesta corta sin aportar explicaciones ni cálculos.

Objetivo de evaluación 2

Término de instrucción	Definición
Anotar	Añadir notas breves a un diagrama o gráfico.
Calcular	Obtener una respuesta numérica y mostrar las operaciones pertinentes.
Describir	Exponer detalladamente.
Estimar	Obtener un valor aproximado.
Resumir	Exponer brevemente o a grandes rasgos.

Objetivo de evaluación 3

Término de instrucción	Definición
Analizar	Separar (las partes de un todo) hasta llegar a identificar los elementos esenciales o la estructura.
Determinar	Obtener la única respuesta posible.
Discutir	Presentar una crítica equilibrada y bien fundamentada que incluya una serie de argumentos, factores o hipótesis. Las opiniones o conclusiones deberán presentarse de forma clara y respaldarse mediante pruebas adecuadas.
Explicar	Exponer detalladamente las razones o causas de algo.

Término de instrucción	Definición
Predecir	Dar un resultado esperado.
Mostrar	Indicar los pasos realizados en un cálculo o deducción.
Dibujar aproximadamente	Representar por medio de un diagrama o gráfico (rotulados si fuese necesario). El dibujo deberá dar una idea general de la figura o relación que se pide y deberá incluir las características pertinentes.
Sugerir	Proponer una solución, una hipótesis u otra posible respuesta.

Bibliografía

Esta bibliografía enumera 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 al equipo docente. Tampoco debe verse como una lista de libros de texto recomendados.

BRYSON, B. *A short history of nearly everything*. Black Swan, 2016. Página 212. <<https://quotepark.com/quotes/1483518-bill-bryson-physics-is-really-nothing-more-than-a-search-for-u/>>.

DEWEY, J. "What is science?". En *Science*. 1910, vol. 31, n.º 787. Pp. 121-127.

FEYNMAN, R.; LEIGHTON, R.; SANDS M. *The Feynman Lectures on Physics*. Gottlieb, M. A. y Pfeiffer, R. California Institute of Technology, 1963. <https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_02.html>.

FEYNMAN, R. "What is science?". En *The Physics Teacher*. 1969, vol. 7, n.º 6. Pp. 313-320. <<http://www.feynman.com/science/what-is-science/>>.

FISCHER, M. *Fischerisms*. Fabing, H. (ed.); Marr, R. (ed.). C. C. Thomas, 1944. Página 21. <https://todayinsci.com/F/Fischer_Martin/FischerMartin-Quotations.htm>.

HAWKING, S. Cita tomada de un discurso grabado que se reprodujo en un simposio organizado en la Universidad de Cambridge para celebrar su 70 cumpleaños. Enero de 2012. <<https://www.theguardian.com/science/2012/jan/08/stephen-hawking-70-cambridge-speech>>.

HUBBLE, E. P. *The nature of science, and other lectures*. The Huntington Library, 1954. Página 6. <<http://www.quotationspage.com/quote/41763.html>>.

BACHILLERATO INTERNACIONAL. "Enfoques de la enseñanza". En *Enfoques de la enseñanza y el aprendizaje*. 2015. <<https://resources.ibo.org/dp/resource/11162-43504?lang=es>>.

BACHILLERATO INTERNACIONAL. *¿Qué es la educación del IB?* 2019. <https://resources.ibo.org/ib/works/edu_11162-58229?lang=es>.

BACHILLERATO INTERNACIONAL. "Comprensión conceptual". En *El Programa de los Años Intermedios: de los principios a la práctica*. 2014. <<https://resources.ibo.org/myp/resource/11162-32896?lang=es>>.

RANDALL, L. *Knocking on heaven's door: How physics and scientific thinking illuminate our universe*. Random House, 2012. Página 398.