

Análisis de fenómenos físicos 2

René Pérez Moreno

DGB



The title 'Análisis de fenómenos físicos 2' is displayed in a large, bold, black font. To the left of the title are several colorful geometric shapes, including triangles and squares in shades of blue, red, and yellow. To the right is a stylized illustration of a book spine with a yellow cover and a black spine. The number '2' is in a large, pink, bold font.

Análisis de fenómenos físicos 2

Primera edición 2026

Copyright © Editorial Planea

ISBN: 978-607-5902-95-1

Impreso en México

Contacto: 771-655-6186

Correo electrónico:

informes@editorialplanea.com.mx

Se reservan todos los derechos. Está prohibida la reproducción, almacenamiento en sistemas de recuperación o transmisión de estas publicaciones, ya sea de forma electrónica, mecánica, mediante fotocopia, grabación u otros medios, sin el consentimiento previo del editor. Esto incluye su distribución en redes, almacenamiento electrónico o transmisión para fines de aprendizaje a distancia.

Editor en jefe: Cosme Lorenzo Rodríguez

Autor: René Pérez Moreno

Correctora: Angélica María Alvarado Carreón

Diseño: Nasbbi Irazú Portes Loeza

Imágenes: Adobe Stock

Aviso de exención de responsabilidad:

Los enlaces incluidos en este libro no son propiedad de Editorial Planea; por lo tanto, no se tiene control sobre la información proporcionada por los sitios web en un momento determinado, y no se puede garantizar la exactitud de la información proporcionada por terceros (enlaces externos). Aunque se recopila con cuidado y se actualiza con regularidad, no se asume responsabilidad alguna por su exactitud, integridad o actualidad.

Los artículos atribuidos a los autores reflejan sus opiniones, y a menos que se indique en particular, no representan las opiniones del editor. Además, la reproducción de este libro o cualquier material de los sitios web incluidos en él no está autorizada, ya que dicho material puede estar sujeto a derechos de propiedad intelectual.

Los derechos pertenecen a sus respectivos propietarios, y Editorial Planea no se hace responsable de la información mostrada en los enlaces proporcionados.

Presentación

En la Editorial Planea estamos comprometidos por ofrecer materiales didácticos de alta calidad, apegados al Nuevo Modelo Educativo de la Educación Media Superior, basado en la premisa de desarrollar en ti joven estudiante un aprendizaje situado en tu entorno, que te ayude en tu día a día, adaptándote a los cambios y brindarte un constante aprendizaje inclusivo, pluricultural, colaborativo y equitativo, basado en los principios de la Nueva Escuela Mexicana.

Este libro se encuentra apegado al 100 % al programa de estudio basado en progresiones de aprendizaje del NME de la EMS, abordando los contenidos transversales para lograr los aprendizajes meta que propone el programa de “Análisis de fenómenos físicos 2”, para Bachillerato General.

Estas progresiones, se encuentran organizadas en tres unidades de aprendizaje, la primera denominada “Fundamentos del movimiento ondulatorio y del sonido”, donde los estudiantes aprenderán sobre las vibraciones y el movimiento ondulatorio, las características y tipos de ondas y el sonido como manifestación de las ondas mecánicas; la segunda unidad nombrada como “Fenómenos ondulatorios y naturaleza de la luz”, la cual desarrolla los contenidos referentes a la reflexión y refracción de las ondas sonoras, el espectro electromagnético y sus tipos de radiación, la luz y su comportamiento ondulatorio corpuscular; la tercera unidad “Principios ópticos y su aplicación en la tecnología”, aborda la reflexión de la luz y formación de imágenes en espejos, la refracción de la luz y el funcionamiento de los lentes y las aplicaciones tecnológicas de los fenómenos ondulatorios.

Este libro, está diseñado para ti, con la finalidad desarrollar tus conocimiento y habilidades en “Análisis de fenómenos físicos 2”, vinculando los conceptos transversales del área del conocimiento de las “Ciencias naturales, experimentales y tecnología”, incluyendo prácticas de ciencia e ingeniería, contenidos interdisciplinarios y las prácticas socioemocionales en los diferentes ámbitos para proporcionarte una educación integral.

¡Qué disfrutes su contenido!

ión
Conte
revisión



La Nueva Escuela Mexicana NEM

La Nueva Escuela Mexicana (NEM) parte de un diagnóstico donde la educación se entendía como tres ciclos sin conexión, la educación básica (preescolar, primaria y secundaria), la educación media superior y la educación superior, con base en este diagnóstico se construye una propuesta donde la educación debe ser entendida para toda la vida, bajo el concepto de aprender a aprender, la actualización continua, adaptación a los cambios y el aprendizaje permanente.

La NEM propone un plan de 23 años en los diferentes niveles educativos, los cuales estén interconectados entre sí, donde se potencialice la formación integral de las niñas, niños, adolescentes y jóvenes con el objetivo de promover el aprendizaje de excelencia, inclusivo, pluricultural, colaborativo y equitativo a lo largo de su formación.

Para alcanzar el bienestar y la prosperidad incluyente, la NEM se fundamenta en los siguientes principios:



Fomento de la identidad con México. El amor a la patria, el aprecio por su cultura, el conocimiento de su historia y el compromiso de los valores plasmados en la Constitución Política, son las acciones que forman este principio.

Responsabilidad ciudadana. El principio implica la aceptación de derechos y deberes personales y comunes, el respeto por los valores cívicos por parte de los estudiantes formados en la NEM es esencial para transmitir los valores de honestidad, respeto, justicia, solidaridad, reciprocidad, lealtad, libertad, equidad y gratitud.



Honestidad. Se destaca este valor dentro de la responsabilidad social de los estudiantes, el cual permite formar una sociedad con base en la confianza y el sustento de la verdad de todas las acciones para permitir una sana relación entre los ciudadanos.

Respeto de la dignidad humana. Promover el respeto irrestricto a la dignidad y los derechos humanos de las personas, con base en la convicción de la igualdad de todos los individuos en derechos, trato y oportunidades.





Respeto por la naturaleza y cuidado del medio ambiente. La conciencia ambiental favorece la protección y conservación del medio ambiente, la prevención de la contaminación y cambio climático comienza con la educación del desarrollo sostenible.

Promoción de la interculturalidad. El aprecio y la comprensión por la diversidad cultural y lingüística, así como, el diálogo y el intercambio cultural es una fuerza motriz para tener una vida intelectual, afectiva, moral y espiritual.



Participación en la transformación de la sociedad. La superación de cada persona por iniciativa propia es la base de este principio, el sentido social de la educación permite construir relaciones cercanas, solidarias y fraternas que superan las indiferencias y la apatía por transformar la sociedad.

Promoción de la cultura de la paz. El objetivo de la agenda 2030 que promueve "Paz, justicia e instituciones sólidas", tiene como fundamento promover sociedades pacíficas, inclusivas, que faciliten el desarrollo sostenible, el acceso a la justicia para todos y la construcción a todos los niveles de instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas.





Conoce tu libro

Dentro del libro se encuentra desarrollado el Nuevo Modelo Educativo de la Educación Media Superior, el cual se basa en un programa de estudio por progresiones de aprendizaje, las cuales se desarrollan en tres momentos que son:



Apertura. En este primer momento se busca despertar el interés y la motivación del estudiante por el tema que se va a abordar.



Cierre. En este último momento se busca consolidar los aprendizajes y hacer una evaluación del proceso.



Desarrollo. Se presenta el contenido y se realiza una explicación clara y detallada de los conceptos clave.



También se encuentran las secciones:

Evaluación diagnóstica. Se encuentra al inicio de cada unidad de aprendizaje, ayuda a identificar las fortalezas y debilidades con los temas que se van a abordar.

Aprendizaje situado en contextos:



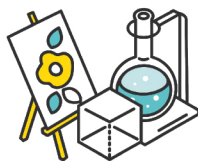
Escuela



Aula



Comunidad



Prácticas transversales.

Donde se enlazan los aprendizajes de los recursos socio-cognitivos con las disciplinas de las áreas de conocimiento.

Prácticas socioemocionales.

El currículum ampliado se vincula con los recursos sociocognitivos, áreas de conocimiento por medio de los diferentes ámbitos de los recursos socioemocionales que están presentes en este tipo de actividades.





Prácticas de aprendizaje. La mejor manera de aplicar los conocimientos y habilidades aprendidas es a través de este tipo de prácticas, las cuales están numeradas, ubicadas en un contexto de aprendizaje y potencializando un principio de la NEM, como se muestra en el siguiente ejemplo:



Práctica de aprendizaje

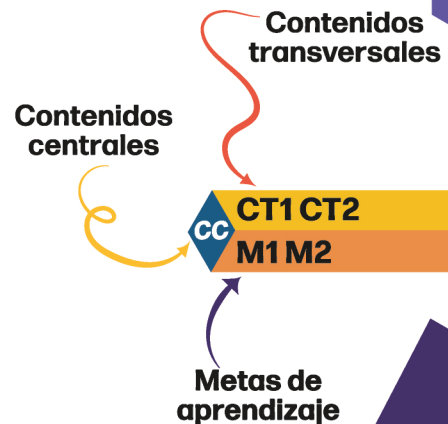


Lectura NEM. Es una actividad de comprensión lectora que aborda uno de los principios de la Nueva Escuela Mexicana.



Evaluación de la unidad de aprendizaje. Son reactivos que abordan los temas de cada unidad de aprendizaje.

Contenidos centrales, contenidos transversales y metas de aprendizaje. Cada progresión tiene al inicio el contenido central, los contenidos transversales y metas de aprendizaje que aborda el programa de estudios como se muestra a continuación:



Proyecto Aula - Escuela - Comunidad (PAEC). En estos códigos QR podrás realizar las actividades de las progresiones que son parte del PAEC.

Maestro Iso. Cada vez que veas al maestro Iso, él te explicará la progresión de manera dinámica, escaneando el código QR.



Progresiones de aprendizaje

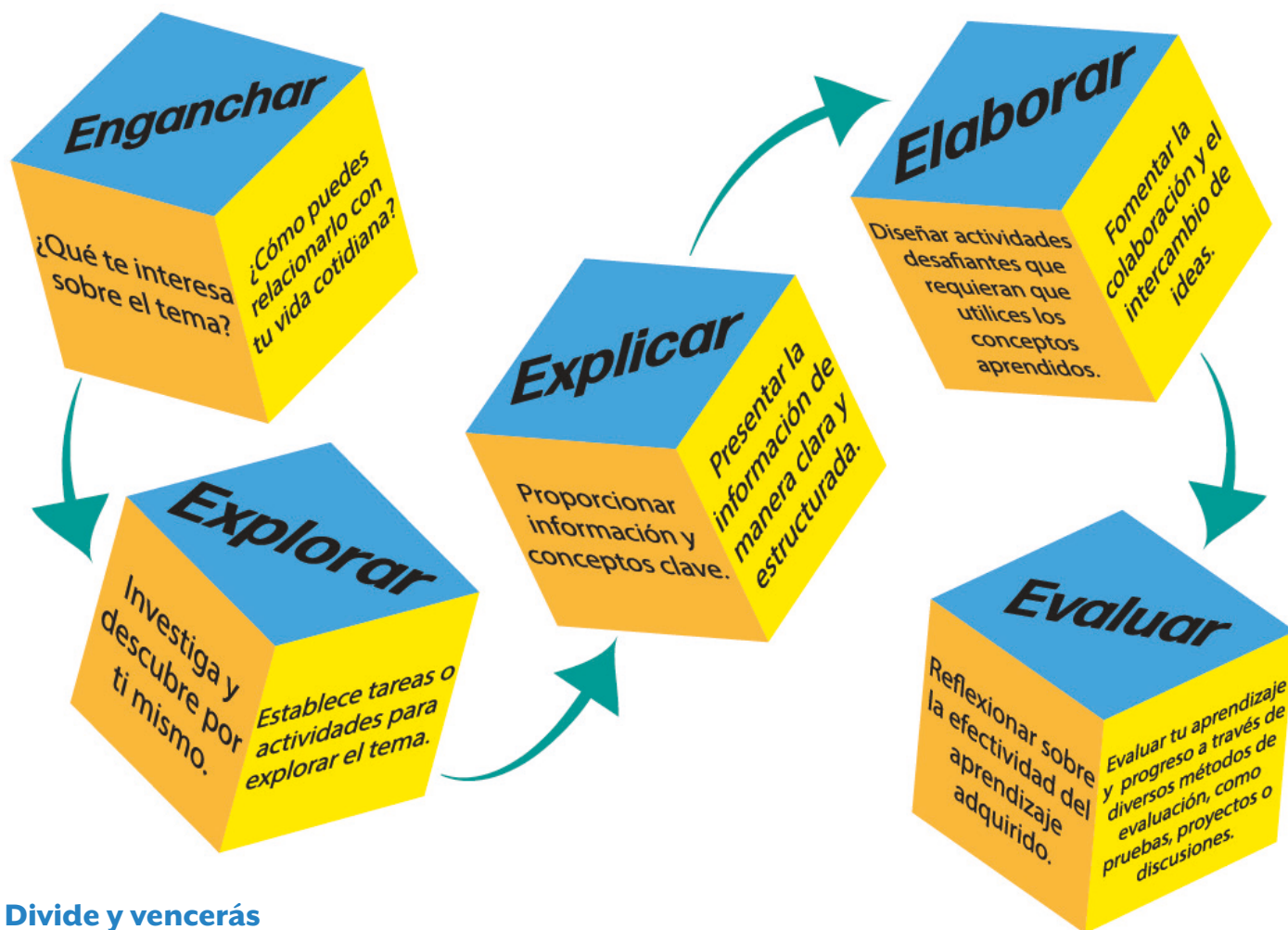
1. En la naturaleza existen vibraciones las cuales se desplazan en el espacio-tiempo a través de un movimiento ondulatorio.
2. Las ondas presentan frecuencia, periodo, nodo, elongación, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda. Dependiendo de la forma que se propagan se clasifican en mecánicas o electromagnéticas.
3. El sonido es una onda mecánica que viaja por diferentes materiales. Su desplazamiento depende de la densidad y la elasticidad de ellos, produciendo frecuencias, intensidad de sonido, niveles de intensidad y pulsaciones con cambios aparentes que se pueden percibir en nuestro entorno.
4. Las ondas mecánicas presentan el fenómeno de reflexión que implica un cambio en la dirección de las ondas sonoras en una superficie, y de la refracción, que modifica su velocidad y longitud de la onda original cuando pasa de un medio a otro.
5. Las ondas electromagnéticas son clasificadas por sus diferentes longitudes de onda y frecuencias dentro del espectro electromagnético.
6. La luz como energía viaja en forma de radiación electromagnética y su comportamiento dual explica los fenómenos de reflexión, refracción y difracción.
7. Un espejo es una superficie que refleja los rayos de luz en el mismo medio del cual provino cumpliendo las leyes de reflexión.
8. Las lentes son cuerpos transparentes limitados por dos superficies. Se emplean para desviar los rayos luminosos cumpliendo las leyes de la refracción.
9. Al comprender los fenómenos ondulatorios, se pueden desarrollar múltiples tecnologías aplicadas a fines particulares para satisfacer necesidades de diferentes contextos (medicina, calidad de vida, seguridad, uso de recursos, entre otros).



Estrategias para trabajo colaborativo

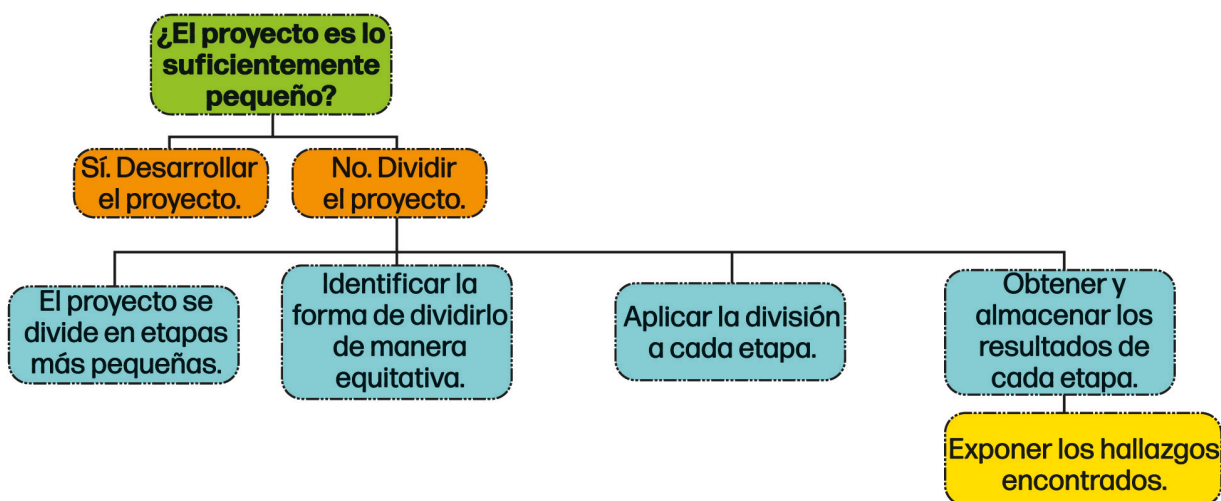
Estrategia 5E

Es una estrategia utilizada en educación para el trabajo colaborativo y diseño de proyectos, consiste en:



Divide y vencerás

Consiste en no ver un proyecto como una unidad, sino como una serie de etapas que pueden desarrollarse de manera individual para después integrar y exponer los hallazgos encontrados, a continuación se muestran los pasos a seguir.



Contenido

Unidad de aprendizaje 1. Fundamentos del movimiento ondulatorio y del sonido

- Las vibraciones y su movimiento ondulatorio en la naturaleza
- Características y tipos de ondas
- El sonido como manifestación de las ondas mecánicas

Unidad de aprendizaje 2. Fenómenos ondulatorios y naturaleza de la luz

- Reflexión y refracción en las ondas sonoras
- El espectro electromagnético y sus tipos de radiación
- La luz y su comportamiento ondulatorio y corpuscular

Unidad de aprendizaje 3. Principios ópticos y su aplicación en la tecnología

- Reflexión de la luz y formación de imágenes en los espejos
- Refracción de la luz y funcionamiento de las lentes
- Aplicaciones tecnológicas de los fenómenos ondulatorios
- Bibliografía



Unidad de aprendizaje **1** Fundamentos del movimiento ondulatorio y del sonido

Contenido central.

- **CCI.** Fenómenos ondulatorios en el sonido y la luz.

Metas de aprendizaje del contenido central:

MCCI. Identifica y analiza los fenómenos ondulatorios. Comprende que en estos existe transmisión de energía de un punto a otro, pero no transporte de materia.

Conceptos transversales:

- **CT1.** Patrones.
- **CT2.** Causa y efecto.
- **CT3.** Medición.
- **CT5.** Flujos y ciclos de la materia y la energía.
- **CT6.** Estructura y función.

Metas de aprendizaje:

- ❑ **MCT1.** Identifican que las ondas tienen una estructura definida que se mantiene constante independientemente de su origen o naturaleza.

Reconoce que las ondas tienen propiedades fundamentales definidas independientemente de su origen o naturaleza, que permiten clasificarlas en ondas mecánicas o electromagnéticas.
- ❑ **MCT2.** Reconoce que el movimiento ondulatorio es producto de una perturbación en el medio material o vacío.

Comprende que dependiendo de la naturaleza de la perturbación que las genera y cómo se propagan a través del medio material o vacío, las ondas producen diferentes fenómenos.

Identifica que el sonido es el resultado de las vibraciones que producen ciertos materiales al ser perturbados. Estas se propagan en forma de ondas mecánicas a un receptor.
- ❑ **MCT3.** Comprende el comportamiento del movimiento ondulatorio mediante representaciones gráficas y modelos matemáticos. Determinar analíticamente, la frecuencia, periodo, longitud y velocidad de onda.

Comprende el comportamiento del movimiento ondulatorio mediante representaciones gráficas y modelos matemáticos. Determina analíticamente, la frecuencia, periodo longitud y velocidad de onda.
- ❑ **MCT5.** Comprende que el movimiento ondulatorio es una forma de transferir energía al entorno, sin transferir materia.
- ❑ **MCT6.** Analiza y comprende las características del sonido tales como tono, timbre, intensidad, efecto Doppler, resonancia y velocidad. Comprende que la velocidad a la que viaja una onda depende del estado de agregación del medio material y sus propiedades físicas.

Aprendizaje de trayectoria:

- Las y los estudiantes comprenden qué son los fenómenos ondulatorios, y cómo transfieren energía sin transportar materia, explicando los comportamientos físicos que ocurren en la vida diaria, a partir de un análisis exhaustivo del funcionamiento del sonido y la luz, así como de las relaciones que tienen con la energía que se percibe y con lo que interactuamos cada día en nuestro entorno. Explican que los fenómenos causados por las ondas están presentes en el entorno y que son originados por perturbaciones en la materia. Finalmente, comprenden los efectos que causan los fenómenos de la reflexión, refracción y difracción en la luz.
- Las y los estudiantes identifican que el sonido es producido por la vibración de las partículas de la materia generando ondas que se desplazan hacia el receptor cuando se produce un cambio en la presión del aire; este desplazamiento puede ser a través de diferentes medios elásticos. Reconocen que existen cualidades de los sonidos que propician que estos sean diferentes. Por último, determina la diferencia que existe entre los fenómenos de refracción y reflexión y cómo pueden ser aplicados en los diferentes contextos en los que se desarrollan.
- Las y los estudiantes identifican que la luz visible es parte del espectro electromagnético, y que su comportamiento dual explica varios fenómenos. Comprende lo que ocurre cuando los rayos de luz inciden en una superficie en la cual unos se reflejan y otros se refractan; permitiendo explicar el principio de funcionamiento de los espejos y las lentes. Así pues, reconoce las imágenes que se proyectan a través de los diferentes tipos de espejos y lentes, así como su aplicación en los instrumentos ópticos que se utilizan en su entorno.

Progresiones:

1. En la naturaleza existen vibraciones las cuales se desplazan en el espacio-tiempo a través de un movimiento ondulatorio.
2. Las ondas presentan frecuencia, periodo, nodo, elongación, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda. Dependiendo de la forma que se propagan se clasifican en mecánicas o electromagnéticas.
3. El sonido es una onda mecánica que viaja por diferentes materiales. Su desplazamiento depende de la densidad y la elasticidad de ellos, produciendo frecuencias, intensidad de sonido, niveles de intensidad y pulsaciones con cambios aparentes que se pueden percibir en nuestro entorno.

Presentación

En la primera unidad el estudiante aprenderá el significado de vibración, como se genera y sus características principales, también que es el movimiento ondulatorio y su origen, qué es una onda y su clasificación, componentes principales, los medios de propagación y su traslado en los diferentes medios, la armonía y resonancia, y como por medio de la ciencia física su estudio, análisis y su influencia, es esencial hoy en día para ciertos aspectos de la vida humana, en las ramas de la medicina, industria, música, radiocomunicación y algunas más.

Así como las vibraciones y el movimiento ondulatorio sirven de manera positiva en algunos aspectos de la vida, también es, en muchas ocasiones es el causante de desastres, esto se puede ver en los terremotos, que, aunque se ha aprendido a predecirlos en muchas ocasiones, su fuerza y efecto devastador no se pueden controlar.

Se sabe que una partícula efectúa un movimiento vibratorio cuando oscila alrededor de su posición de equilibrio moviéndose sobre una trayectoria, es decir, una onda o movimiento ondulatorio es la propagación de una vibración o movimiento vibratorio por un material, la vibración pasa de unas partículas a otras, produciendo una transmisión de energía sin transporte de materia.

Conoceremos que las ondas se clasifican por las direcciones de propagación y vibración en longitudinales y transversales, y el medio material en que se propagan en mecánicas y electromagnéticas. De acuerdo con la perturbación que se aplique a las ondas, se generaran ondas de distintas características, que se definen bajo los siguientes parámetros: amplitud, elongación, periodo frecuencia, fase, longitud de onda, velocidad de propagación.

Unidad de aprendizaje 1. Fundamentos del movimiento ondulatorio y del sonido

Progresión 1.
Las vibraciones y su
movimiento
ondulatorio en la
naturaleza.

Progresión 2.
Características y
tipos de ondas

Progresión 3.
El sonido como
manifestación
de las ondas
mecánicas



Evaluación diagnóstica

El universo y nuestro mundo están en constante movimiento sin sentirlo, en este o en cualquier instante estamos viajando a miles de kilómetros por segundo, ya que el sol y la tierra se desplazan a través de la vía láctea, en todo momento existe el intercambio de energía, mediante diferentes fenómenos naturales o provocados por el ser humano, la importancia del estudio de estos fenómenos mediante la física cuántica es determinar las características, efectuar la clasificación y determinar los tipos y formas de transmisión del movimiento provocado por el traslado de las ondas o movimiento ondulatorio y aprovechar todo esto para prevenir o estar alerta de algún siniestro o bien utilizar las bondades del movimiento vibratorio, en la construcción de edificios, maquinaria o equipo o instrumental médico.

Después de haber leído el párrafo anterior responde las siguientes preguntas:

1. Movimiento:

2. Onda:

3. Vibración:

4. Movimiento vibratorio:

5. Luz:

6. ¿Cómo se genera y transmite el sonido?

7. Da 5 ejemplos donde se puedan apreciar formas naturales de movimiento vibratorio u ondas.

Las vibraciones y su movimiento ondulatorio en la naturaleza

CT1 CT2 CT3 CT4 CT5 CT6 CT7
M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7

Unidad 1

1 Enganchar



Apertura

Es importante resaltar que existen fenómenos que en ocasiones se vuelven imperceptibles a la vista del ojo humano, sin embargo, siempre se encuentran presentes, muchas veces son parte de nuestro vivir y hasta de nuestra misma diversión, la naturaleza pone ante nosotros diferentes manifestaciones de las vibraciones y su movimiento ondulatorio, como el balanceo de un cuerpo colgando de un hilo, las oscilaciones de un muelle o amortiguador, átomos o iones en las redes cristalinas.

Las vibraciones se originan por la energía en movimiento, esta energía se propaga en los distintos materiales o estados de la naturaleza mediante el movimiento ondulatorio es decir los tipos de ondas.

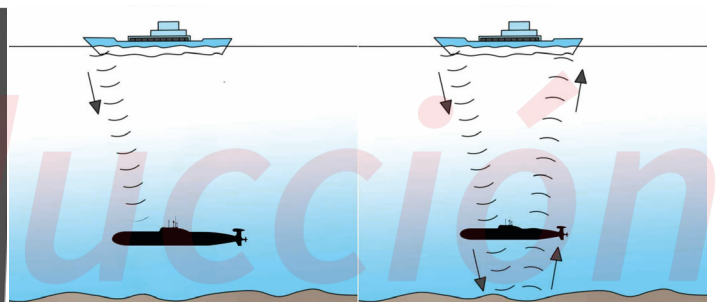
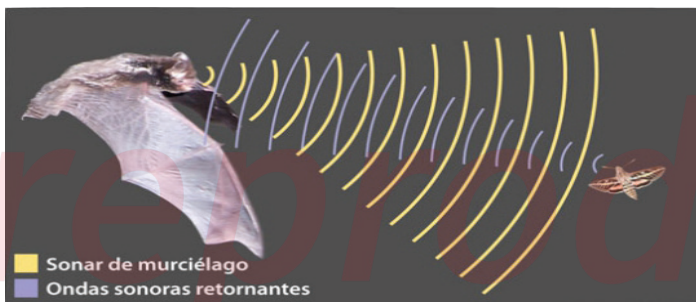
A nuestro alrededor todo está en movimiento por lo tanto todo está vibrando, con la simple acción de estar existiendo, la función de algunos de nuestros órganos transmite vibraciones por su movimiento, es así como el corazón tiene palpitaciones, los pulmones sus contracciones, de igual manera, existen aditamentos o aparatos que nos proporcionan vibraciones para generar movimiento, como los aparatos suplementarios que mantienen a mucha gente con vida o respiración artificial.

Las formas más comunes de transmitir o propagar energía a través del espacio, donde el **movimiento ondulatorio** y vibraciones viajan por un medio que puede ser sólido, líquido, gas, o en el vacío, ocasionando que las partículas oscilen localmente mientras la energía se propaga, algunos ejemplos comunes son: es el movimiento de las olas, estas se mueven en forma de ondas o con movimiento ondulatorio, lo mismo sucede si se deja caer un objeto o piedra en un recipiente con agua o en un temblor o terremoto, a través de movimientos en su interior, se propaga en forma de ondas que, aunadas a otros factores en los diferentes estratos en el subsuelo, provocan vibración y choque que puede llegar a derrumbar edificios.



El movimiento ondulatorio se puede apreciar en las olas del mar, al arrojar una piedra al agua o en los sismos.

También podemos apreciar los diferentes sonidos, por ejemplo, al presenciar la caída de un rayo, después se escucha el estruendo, o simplemente al escuchar la radio o música en algún dispositivo, todos estos sonidos son producidos por ondas que viajan en un medio como el aire o el agua, y provocan una serie movimientos vibratorios que por medio de conductos o medios adecuados se percibe en forma de diferentes sonidos.



Las ondas sonoras viajan a través de aire o agua.

Conociendo la naturaleza de las vibraciones y el movimiento ondulatorio, la física ha permitido que el hombre logre estudiar y analizar las vicisitudes que presenta el manejo controlado de las vibraciones para aprovecharlo en los diferentes sectores de la industria, la generación eléctrica, manufactura, industria automotriz, control y automatización, inspecciones de estructuras de acero y hormigón (cemento), y con este conocimiento poder tener seguridad y control de los estándares de calidad de cualquier producto o actividad, una de las aplicaciones más relevantes es la utilización de las vibraciones y movimiento ondulatorio es en la ultrasonografía médica.



Uno de los principales usos del movimiento ondulatorio, es en la ultrasonografía médica.

El astrónomo, ingeniero, matemático y físico italiano, Galileo Galilei relacionado estrechamente con la revolución científica, es una figura clave en el origen de la ciencia moderna para el estudio de las ondas y vibración, estableciendo la relación que existe entre el tono y la frecuencia, usando para ello el péndulo, lo que le permitió estudiar el movimiento ondulatorio, sentando con esto las bases para la acústica moderna, haciendo un paradigma del movimiento armónico simple, mucho antes de que se desarrollara la teoría completa de ondas.



Práctica de aprendizaje



Explorar

Instrucciones:

1. Responde la siguiente pregunta: ¿Qué ejemplos de vibraciones y ondas conoces en tu vida cotidiana?

2. Lee el siguiente enunciado y responde las preguntas:

“Cuando ocurre un sismo, los edificios vibran a diferentes frecuencias según su tamaño y estructura. Esto se debe a que cada objeto tiene una frecuencia natural de vibración.”

- a) ¿Qué significa “frecuencia natural” en una estructura?

- b) ¿Por qué diferentes edificios vibran de manera distinta durante un sismo?

3. Realiza el siguiente experimento y posteriormente contesta las preguntas.

- Coloca una regla sobre el borde de una mesa y hazla vibrar al moverla hacia abajo y soltarla.
 - Observa cómo cambia el sonido y la velocidad de vibración al variar la longitud que sobresale.
- a) ¿Qué ocurre con la frecuencia de vibración cuando la regla sobresale más?

- b) ¿Qué relación encuentras entre la longitud de la regla y el sonido que produce?



Desarrollo

3 Explicar

Existencia de vibraciones en la naturaleza

Para iniciar el tema recordemos que el movimiento es el cambio de posición de un cuerpo en un periodo de tiempo determinado, también se puede definir como la trayectoria que un cuerpo transita cada determinado tiempo, la materia y energía están íntimamente involucrados ya se representan por medio de partículas y ondas respectivamente.

En el mundo, inclusive en el universo cada uno de los materiales como rocas, aceros, árboles, el agua de los ríos, mares, océanos, nubes, gases... etc., poseen vibraciones en ocasiones son imperceptibles y en otras las podemos percibir, en forma de sonido, movimiento, calor, frío, en fin, desde las partículas subatómicas, los propios átomos, hasta las estructuras moleculares más complejas, es decir todo lo que esta manifestado, tiene una o más frecuencias naturales de vibración, que con frecuencia vibran de forma natural cuando son excitadas o alguna perturbación exterior las afecta.

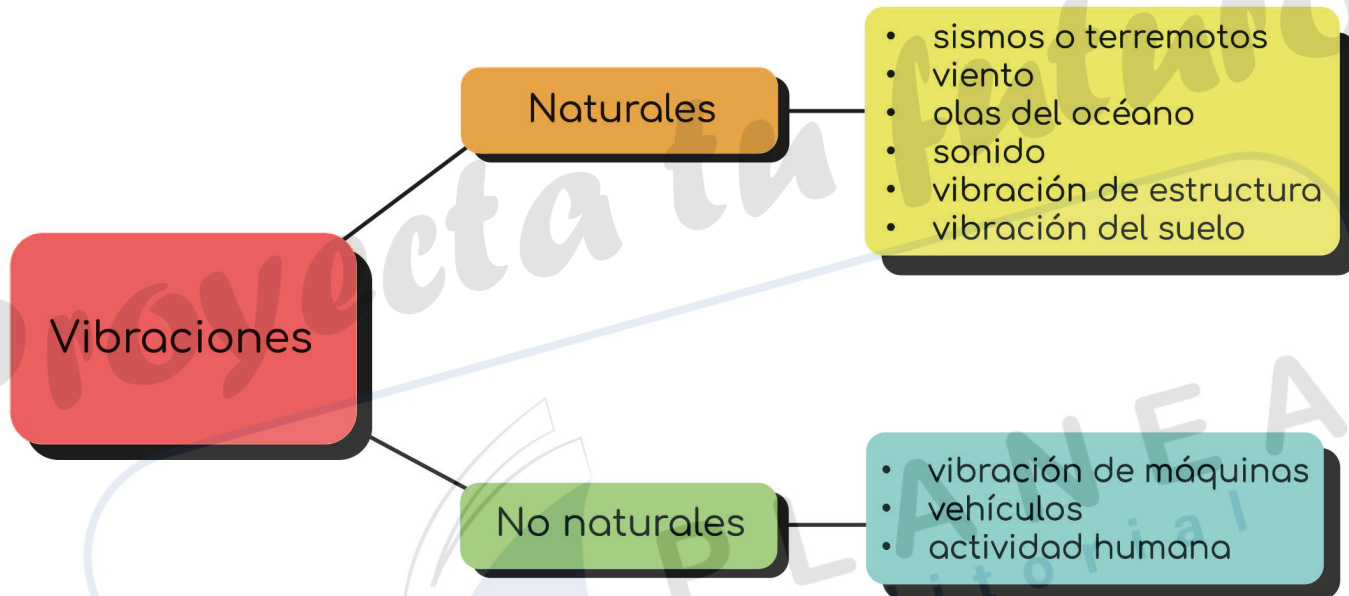
Un objeto puede comenzar a vibrar sin que lo percibamos de inmediato. Por ejemplo, durante un temblor, las viviendas y edificios de distintos tamaños y características experimentan oscilaciones a diferentes velocidades, lo que genera frecuencias diversas.

Sabemos que el movimiento puede manifestarse en forma de ondas o vibraciones, con propiedades físicas como la velocidad, la amplitud y la frecuencia. Además, implica el traslado de materia y energía en periodos determinados de tiempo.

Las vibraciones son esenciales para la transferencia de energía y la comunicación en el entorno natural, constituyen la base de la mayoría de los fenómenos acústicos y sísmicos, y desempeñan un papel fundamental en la física y la biología, influyendo tanto en el crecimiento de las plantas como en la estabilidad de las estructuras geológicas.

Podemos reconocer distintos fenómenos sustentados en la transmisión de energía a través de ondas. En términos generales, las vibraciones se clasifican en dos categorías principales: naturales y no naturales (cuando interviene la acción humana), cada una con características particulares.





Naturales

Sismos o terremotos: son las actividades sísmicas que provocan sacudidas del suelo, afectando las estructuras y la superficie terrestre. Son quizás el ejemplo más dramático, causados por la liberación repentina de energía acumulada por el movimiento de las placas tectónicas, esta energía se propaga a través de la corteza terrestre en forma de ondas vibratorias.

Este tipo de vibraciones es un factor clave para el diseño de las estructuras en la construcción de viviendas y edificios.

Viento: es el flujo de aire que puede provocar oscilaciones en estructuras u objetos, influyendo en los diseños de ingeniería de edificios y puentes. Incluso puede causar resonancia en estructuras geológicas o formaciones rocosas. El viento también constituye un factor clave en el diseño de edificios, puentes, torres, tanques de almacenamiento, aeropuertos, instalación de centrales de generación de energía eólica, es necesario la consideración de los vientos predominantes, los cuales soplan con mayor frecuencia en una dirección específica en una región, y los vientos dominantes, son los que alcanzan las velocidades más altas y son los más intensos en un lugar dado.

Olas del océano: las partículas de agua en una ola experimentan un movimiento oscilatorio alrededor de su posición media. El movimiento del agua que induce vibraciones en las estructuras marinas es crucial para el diseño de puertos y plataformas marinas.

Otro campo donde se está utilizando mucho la vibración y la energía liberada por las olas y mareas en la generación de energía eléctrica, por eso son claves para la construcción de plantas mareomotrices.

Sonido: es una forma de vibración que viaja a través de un medio (como el aire o el agua) en forma de ondas. En la naturaleza, esto incluye el canto de los pájaros, el rugido de los animales, el estruendo de los rayos en una tormenta, el sonar de las ballenas, el ruido de la corriente de agua en un río o una cascada, el ruido de una avión, etc.



Vibración de estructura: Cubre resonancia y vibraciones forzadas, consideraciones esenciales en arquitectura e ingeniería civil para asegurar la integridad estructural.

En estas imágenes se aprecian las líneas de un estudio por elemento finito para el análisis de vibración estructurado en un ventilador de tiro inducido en la Carboeléctrica II de Piedras Negras, Coahuila.



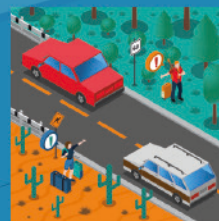
Vibración del suelo: involucra ondas superficiales y corporales, lo que afecta las prácticas de construcción y las medidas de seguridad sísmica. También conocida como Resonancia Schumann, estableciendo que la tierra misma tiene una "frecuencia natural" de vibración, aproximadamente 7.83 Hz, conocida como resonancia Schumann. Se describe como el "latido del corazón de la Tierra" y todos los seres vivos están sintonizados con ella.



Vibración de máquinas: incluye vibraciones rotacionales y alternativas, fundamentales para el mantenimiento y el diseño de la maquinaria. Estas vibraciones, producto de los movimientos mecánicos, son esenciales para monitorear la salud y la eficiencia de los equipos industriales. En el ámbito médico, se observan en tecnologías como el ultrasonido y la resonancia magnética; mientras que en la industria se aplican en sensores, vibrómetros y equipos de inspección por ultrasonido.



Vehículos: causado por motores, irregularidades de la carretera y fuerzas aerodinámicas, que afectan el diseño de los vehículos y la construcción de las carreteras. Ejemplo cuando en las autopistas nos acercamos al acotamiento, existe un estríado que indica que nos estamos saliendo del carril.



Actividad humana: Incluye vibraciones de todo el cuerpo, de manos y brazos, con implicaciones para la salud que van desde molestias hasta afecciones médicas graves, muchas de las acciones que efectuamos a diario también generan vibraciones, como lo es el caminar, el correr o utilizar alguna herramienta generan vibraciones que pueden influir en la armonía en los centros de reunión o diseño de alguna herramienta.



Las vibraciones se clasifican de acuerdo con su duración en:

A corto plazo

Impactos de martillos o la rápida liberación de energía en explosiones, importantes para las evaluaciones de seguridad y el diseño de protección.

A largo plazo

Desde maquinaria giratoria, turbinas eólicas y tráfico, estas vibraciones tienen implicaciones para los programas de mantenimiento y la durabilidad estructural.

Es claro que la fuente de impacto es decisiva para determinar la gravedad y la naturaleza de las vibraciones experimentadas, impactando las estructuras, la maquinaria e incluso el bienestar humano de diversas maneras. Es así, como las fuentes naturales de vibraciones como los son los terremotos y el viento, inclusive la lluvia, pueden generar vibraciones con un amplio espectro de gravedad. Las vibraciones que son provocadas por los seres humanos, generadas por máquinas o la propia actividad humana, son más predecibles y repetitiva, y su gravedad tiene relación estrecha con la intensidad operativa de la fuente.

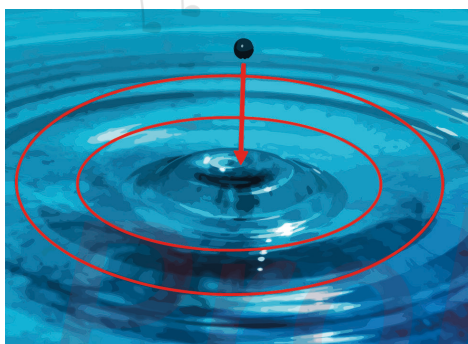
Es momento de hablar de **onda**, aunque también se emplea como un término sinónimo de **movimiento ondulatorio**:

El movimiento ondulatorio consiste en la propagación de energía por el espacio a través de una perturbación producida (como vibración) que se mueve de un lugar a otro, sin que haya transporte neto de materia entre un punto y otro, acarreado consigo una cantidad de movimiento.

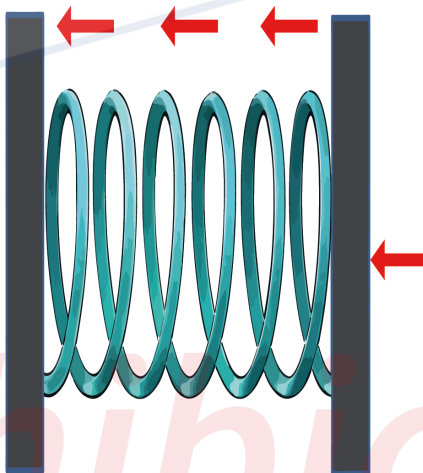
El espacio perturbado puede contener materia aire, tierra, agua, etc. o no contener materia (el vacío).

A continuación, se describen algunos ejemplos:

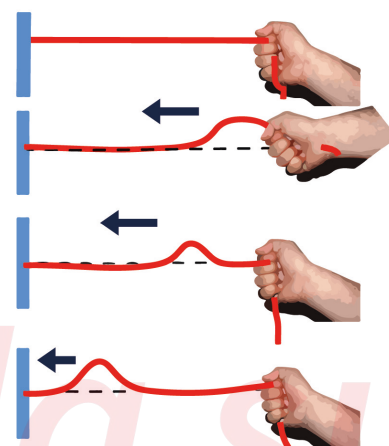
■ Arrojar un objeto o una piedra en algún estanque o lago con agua en reposo. Una vez realizada esta acción se observa como la perturbación consiste en un desplazamiento vertical de agua a una zona, las partículas de la superficie del agua propagan el MVAS (movimiento vibratorio armónico simple) alrededor de su posición inicial.



■ Un resorte o muelle que se encuentra fijo en ambos extremos y se la ejerce una fuerza de compresión en un punto, esta compresión se desplaza a lo largo de todo el resorte.



■ Una cuerda que se encuentra tensa a la que se hace vibrar verticalmente por uno de los extremos, la altura de cada punto va aumentando de manera progresiva en la cuerda, propagando la perturbación hasta llegar al punto fijo.



Para que se cumpla el movimiento ondulatorio debe llevar a cabo las siguientes condiciones:

- No debe de transportar forma nítida de materia:** no debe de existir un traslado neto de materia, lo que se propaga es el cambio de magnitud física a lo largo del espacio, es decir si se lanza un objeto a un estanque de agua (en reposo) y se coloca otro objeto que flote en el agua, este objeto se desplazará verticalmente cuando la onda llega al sitio donde está ubicado el objeto, pero no lo hace horizontalmente.
- Debe transportar energía:** cuando ocurre un cambio en la perturbación se genera un cambio energético que se propaga a lo largo delo espacio. En los casos de movimientos de resortes o cuerdas, lo que ocurre es un incremento en su energía cinética.
- Transportar movimiento:** los iones o partículas que son alcanzadas sucesivamente por una onda varían en su estado físico de movimiento, por lo que esta perturbación transporta un momento lineal.

Tipos de ondas:

Conforme a su Naturaleza:

Mecánicas o materiales: necesitan un medio material que sirva de soporte a la perturbación que se propaga.

Electromagnéticas: son las que no necesitan un medio material para su propagación.

Por la dirección de Propagación

Longitudinales: son ondas en la que la dirección de propagación coincide con la dirección en se produce la perturbación, es decir la dirección de vibración de las partículas alcanzadas por la onda.

Transversales: Son aquellas ondas en la que la dirección de propagación es perpendicular a la dirección en que tiene lugar la perturbación.



Práctica de aprendizaje



Responde las siguientes preguntas:

1. Menciona 3 tipos de movimiento vibratorio que generan de manera natural.

2. Define que es el movimiento ondulatorio.

3. De acuerdo con su duración indica ¿cómo se clasifican las ondas?

4. Escribe dos condiciones para que se cumpla el movimiento ondulatorio.

5. ¿Cómo se clasifican las ondas conforme a la dirección de propagación de las ondas?

6. ¿Cuáles son las ondas mecánicas o materiales?

Desplazamiento de las vibraciones en el espacio-tiempo

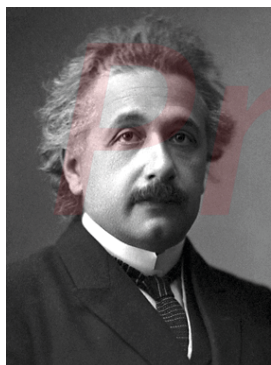
En párrafos anteriores se definió que es una onda o movimiento ondulatorio y cómo da lugar a vibraciones. También se ha presentado la clasificación de las ondas según su naturaleza y dirección de propagación, es importante comprender los conceptos de espacio y tiempo, ya que constituyen la base para adentrarnos en el fenómeno de las vibraciones en el espacio-tiempo.

- **Espacio:** explicar qué es el espacio puede resultar complejo. La palabra proviene del latín *spatium*, término con el que los pensadores antiguos se referían a la materia, el terreno o el intervalo que separa un punto A de un punto B, se puede definir el espacio como la extensión en la que se contiene la materia existente, el lugar que ocupa un objeto, un periodo de tiempo o la distancia entre dos cosas, incluso se llama “espacio” a lo que se encuentra más allá de la órbita del planeta. Desde la física, el espacio se concibe como una entidad tridimensional, con altura, anchura y profundidad.
- **Tiempo:** de manera general, el tiempo es una magnitud física utilizada para medir la duración o la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro. Puede expresarse en distintas unidades, aunque la reconocida por el Sistema Internacional es el segundo. En la mecánica clásica, el tiempo se considera una magnitud absoluta e idéntica para cualquier observador. En cambio, en la mecánica relativista, el tiempo es relativo: sus valores pueden variar según el observador.

En el año 1805 Laplace enunció que, si la interacción gravitatoria se propagase a una velocidad finita, las fuerzas de atracción en un sistema binario no apuntarían a lo largo de la línea que une a las dos estrellas, y el sistema perdería momento angular con el paso del tiempo.

Desde hace aproximadamente 100 años, la Teoría de la relatividad es ampliamente conocida, al menos dentro de la comunidad científica y estudiantil. Fue presentada por el genio Albert Einstein, quien predijo que algo ocurriría cuando dos cuerpos masivos, como planetas que orbitan entre sí interactuaban. Einstein pensaba que este tipo de movimientos podía generar ondulaciones en el espacio. Con su teoría, ofreció una forma imaginativa y revolucionaria de comprender el funcionamiento del universo: el espacio-tiempo. Esta teoría establece que ningún objeto puede viajar más rápido que la luz. Además, si un cuerpo cambia de forma debido a la atracción de otro, se produce una alteración en su campo gravitatorio que se propaga precisamente a la velocidad de la luz.

Las perturbaciones u ondas que se desplazan en el tejido del espacio-tiempo se denominan ondas gravitacionales. Predichas por Einstein, viajan a la velocidad de la luz, estirando y comprimiendo todo a su paso.



Albert Einstein
(1879–1955)

Las **ondas gravitacionales** son ondulaciones o perturbaciones de la fuerza de gravedad en la “malla” del espacio-tiempo, generadas por fenómenos cósmicos, estas ondas contraen y estiran cualquier cosa que encuentran en su camino, son extremadamente difíciles de medir porque la gravedad, entre todas las fuerzas de la naturaleza, es la más débil; por lo tanto, las ondas gravitacionales también lo son.

Comprender el tema es necesario para dimensionar la magnitud de las ondas gravitacionales. por ejemplo, imagina un cataclismo astrofísico (el choque de dos estrellas o de dos agujeros negros en una galaxia cercana), si la onda gravitacional de ese evento llegara a la Tierra y colocáramos un círculo de partículas de un metro de diámetro, la deformación producida sería del orden de una millonésima parte del tamaño del núcleo de un átomo de hidrógeno. Para visualizarlo de una mejor manera, si el núcleo de hidrógeno tuviera el tamaño de un estadio de fútbol, su verdadero núcleo equivaldría a la cabeza de un alfiler en el centro de la cancha. La onda gravitacional haría oscilar ese círculo de partículas una fracción ínfima de la cabeza de ese alfiler. Por ello, durante mucho tiempo se pensó que nunca podrían medirse, sin embargo, la realidad fue distinta; en la década de 1990 comenzaron a construirse detectores de ondas gravi-

tacionales, una especie de observatorios astronómicos muy diferentes de los tradicionales, estos consisten en tubos gigantes de unos 4 kilómetros de longitud, mantenidos al vacío, en los que se disparan rayos láser que rebotan en espejos, la idea es que, cuando una onda gravitacional pasa, desplaza mínimamente esos espejos, el movimiento, aunque diminuto, puede ser detectado gracias a la interferencia de los rayos láser

En nuestro sistema planetario el sol por su enorme masa no solo brilla, sino que también curva el espacio - tiempo como si fuera una tela, esa curvatura es lo que percibimos como gravedad, ahora bien, los planetas no están conectados por un hilo invisible hacia el sol, en realidad se precipitan constantemente hacia el pozo gravitacional creado por nuestra estrella, pero nunca caen porque se desplazan a enormes velocidades alrededor de él.

Las ondas gravitatorias son radicalmente diferentes de cualquier otro tipo de radiación. Las ondas electromagnéticas, por ejemplo, son el resultado de la aceleración de las cargas eléctricas y se propagan en el espacio y en el tiempo, estas ondas, sin embargo, son generadas por la aceleración de los cuerpos masivos y son ondulaciones en el mismísimo tejido espacio-tiempo.

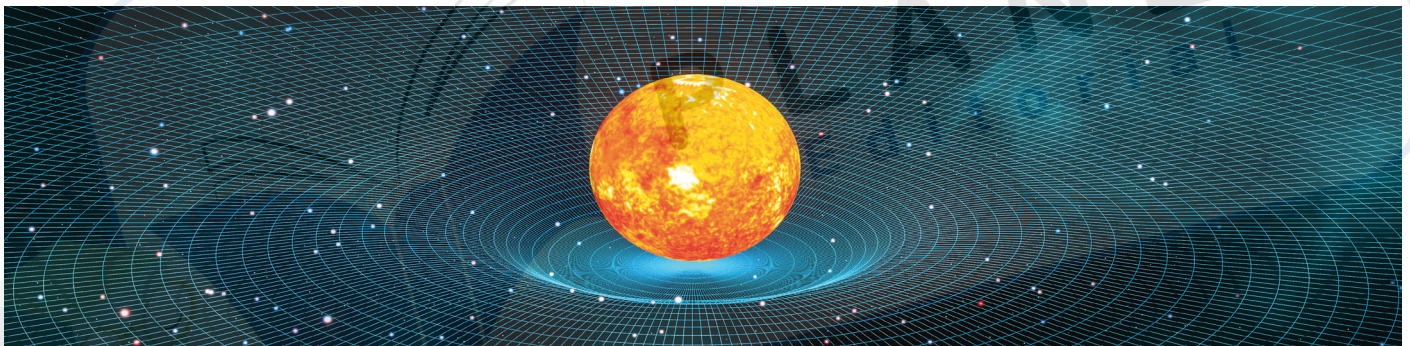


Ilustración de cómo la masa dobla el espacio.

Cuarenta años después de la publicación de las teorías de Einstein, los teóricos de la relatividad como H. Bondi demostraron que la radiación gravitatoria se podía observar, que las ondas gravitatorias transportan energía, y que un sistema que emita este tipo de ondas estaría perdiendo energía.

La detección de ondas gravitacionales inició a finales de los años sesenta, por Joseph Weber; en 1992 el proyecto LIGO (The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory), financiado por Estados Unidos, retomó las investigaciones, paralelamente a la formación del observatorio Virgo en Pisa, Italia, sumando los esfuerzos de Japón y Alemania para los mismos fines.

El descubrimiento de las ondas gravitacionales, predichas por Albert Einstein en 1916, fue un acontecimiento logrado directamente el 14 de septiembre de 2015 por los observatorios LIGO en EE. UU., detectando la fusión de dos agujeros negros, lo que confirmó la Teoría de la Relatividad General y abrió una nueva ventana a la astronomía.

Las ondas gravitacionales o gravitatorias surgen de eventos muy potentes, de proporciones inimaginables, eventos cósmicos violentos como:

- La fusión de dos agujeros negros.
- La colisión de estrellas de neutrones.
- La explosión asimétrica de estrellas masivas (supernovas).
- Dos estrellas grandes que orbitan entre sí.
- La deformación de un agujero negro.
- La rotación de una estrella de neutrones heterogénea.
- Radiación gravitatoria remanente del Big Bang. Este último caso ofrecería datos únicos sobre la formación del universo en el periodo anterior a la edad oscura del universo en la que el universo era opaco a la radiación electromagnética.
- Cualquier objeto con masa y aceleración produce ondas gravitatorias, dependerá de la precisión del equipo para poder cuantificarlas, actualmente solo hemos logrado captarlas con sucesos de una energía muy elevada.

De acuerdo con la teoría de la relatividad se afirma que **el tiempo y el espacio no existen por separado**, al contrario, estos se constituyen en entidades inseparables de la naturaleza. Los objetos masivos deforman el tejido espacio - tiempo, curvándolo cual fuese un medio elástico, y si, otro cuerpo se moverá en este espacio deformado siguiendo la trayectoria más corta, que ya no es una línea recta. Sin embargo, la posibilidad de detectar ondas gravitacionales ayudará a entender fenómenos tan importantes como el Big Bang, ya que éste fue una gran fuente de ondas gravitacionales, y que en este momento no se puede imaginar el alcance que las ondas gravitacionales tendrán en la vida cotidiana, de una manera similar a cuando se descubrieron las ondas electromagnéticas, actualmente usadas en las radiocomunicaciones, Internet y GPS.

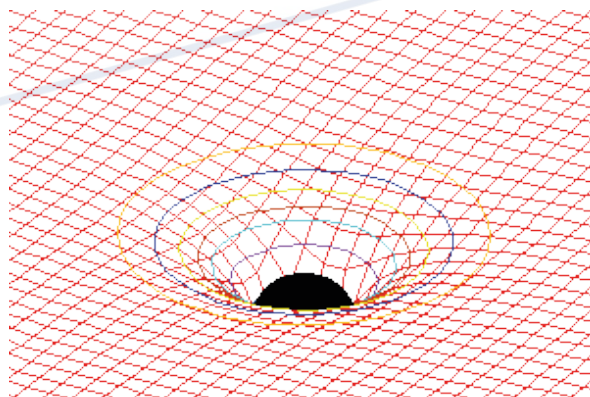
Distorsión del espacio y tiempo

Dentro de la física la representación de un objeto se presenta en tres dimensiones (tridimensional), es decir en el espacio (planos coordenadas x, y, z), ahora bien, cuando se combina este espacio con una cuarta dimensión, que es el tiempo, se obtiene lo que llamamos el espacio- tiempo. La distorsión del espacio - tiempo es la curvatura del tejido del universo, lo que es la combinación de las dimensiones espaciales y la dimensión temporal, causada por la presencia de la masa y energía. Este concepto esencial procede de la teoría de la relatividad publica en 1916 por Albert Einstein. Explica básicamente que esta curvatura es lo que se percibe como gravedad, ocasionando que los objetos sigan trayectorias curvas y consecuentemente afectando también el flujo del tiempo, lo que muchas han llamado "*dilatación del tiempo*", manifestándose como las órbitas de los planetas o la desaceleración de los relojes cerca de objetos masivos.

Las implicaciones de la distorsión del espacio-tiempo son profundas, prediciendo la existencia de agujeros negros, regiones del espacio donde la gravedad es tan intensa que ni siquiera la luz puede escapar. Además, la teoría contempla la posibilidad de agujeros de gusano, pasajes hipotéticos a través del espacio-tiempo que podrían permitir viajes rápidos entre puntos distantes o incluso viajes en el tiempo. Los efectos de la masa en el espacio-tiempo se han confirmado mediante diversos experimentos, lo que demuestra que nuestra comprensión de la gravedad se vincula con la estructura misma del universo. A medida que la investigación en curso explora estos conceptos, el marco establecido por Einstein continúa influyendo en la física y la cosmología modernas, revelando la intrincada conexión entre la gravedad, el espacio y el tiempo. La teoría general de la relatividad permitió también reformular el campo de la cosmología.

La vibración o vibraciones, como se ha explicado anteriormente, es energía en movimiento, con base a las ondas gravitacionales. Al estudiar el movimiento de los objetos materiales y las señales luminosas, se aprende que el espacio y el tiempo son, en realidad, dos aspectos de una realidad única y unificada llamada espacio-tiempo, se deben especificar sus tres coordenadas espaciales y el momento en que estará allí. La trayectoria que sigue un objeto que se mueve a través del espacio-tiempo debido al movimiento en el espacio, el tiempo o ambos se conoce como su línea de universo.

La dilatación del tiempo es un fenómeno que se pronosticó en la teoría de la relatividad de Einstein, donde se indica que *el tiempo transcurre a diferentes velocidades para observadores distintos, de acuerdo con su movimiento relativo y su ubicación en un campo gravitatorio*. Esto quiere decir que el tiempo es más lento donde hay más gravedad, lo cual está comprobado en la teoría de la relatividad, si se viviera cerca de un agujero negro se envejecería mucho más lento que en la gente en el planeta tierra, la gravedad literalmente deforma el tiempo.



Esquema bidimensional de la curvatura del espacio-tiempo (cuatro dimensiones) generada por una masa esférica.

Existen dos teorías con el nombre de relatividad, la **relatividad especial y la relatividad general**, cuáles son sus diferencias y como Albert Einstein entra en la historia. Primero se inicia con un poco de contexto, la relatividad nace con Galileo Galilei y su invarianza Galileana la llamada Relatividad de Galileo es la que da el punto más importante, ya que de aquí nace el siguiente postulado:

- **Primer postulado:** principio especial de relatividad: Las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales, en otras palabras, no existe un sistema inercial de referencia privilegiado, que se pueda considerar como absoluto.

Lo que enseña Galileo es que la física es la misma, pero la percepción y magnitudes de movimiento van a depender de donde yo lo observe, por ejemplo, se puede lanzar una pelota en el suelo pero también en un avión a cientos de kilómetros por hora, y eso gracias a la inercia, como la Tierra y el avión van a velocidad constante se puede jugar sin problema, ahora bien, si el avión es transparente, cualquier observador puede ver el lanzamiento de la pelota en el avión desde el suelo, si se ve la pelota se puede afirmar que va muy rápido porque se ve la velocidad de lanzamiento de la pelota más la velocidad del avión, depende de donde se está parado para saber qué es lo que se va a ver, y esto es la base de la relatividad.

Ahora al retroceder en el tiempo y recordar la Ley de Gravitación Universal de Newton que se expresa con la siguiente fórmula:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Donde:

F = fuerza gravitacional (en Newtons, N)

G= constante de gravitación universal, aproximadamente $6.674 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

$m_1 m_2$ = masas de los dos cuerpos 1 y 2 (en kilogramos, kg).

r = distancia entre los centros de los dos cuerpos (en metros, m).

Esta ecuación es exacta y nos da el movimiento de los planetas en elipses, que indica que dos cuerpos a cierta distancia van a provocar que se atraigan, cuando mayor masa mayor atracción, por ejemplo, el cuerpo de mayor masa cerca de nosotros es la Tierra y por eso estamos unidos a ella, y el cuerpo de mayor masa que tiene la Tierra es el sol, por eso gira alrededor de él, según Newton se vive en “un todos contra todos” pero cósmico, por eso que si a la ecuación de la gravitación universal se le adiciona las tres leyes de la naturaleza o leyes de Newton son las que se puede crear y construir todo, y son las ecuaciones bases para poder enviar naves al espacio, con las que se construyen edificios, o describir la órbita de los planetas.

Sin embargo, no todos los planetas siguen orbitas parabólicas perfectas, tal es el caso de Mercurio, que no sigue una órbita como lo dicen las ecuaciones de Newton, sino que describe una órbita muy extraña la llamada orbita el llamado Mercurio retrogrado, que se viene a explicar hasta que Einstein viene a explicar la Teoría de la Relatividad, que difiere en muchas cosas de la Ley de Newton y de las principales diferencias es que Einstein pone como tope de la velocidad la velocidad de la luz.

- **Segundo postulado:** invariancia de c: La velocidad de la luz en el vacío es una constante universal, c, que es independiente del movimiento de la fuente de luz.

$$E = mc^2$$

E = La energía total de un cuerpo en reposo

m = La masa total del objeto

c = velocidad de la luz, constante universal aproximadamente $299,792,458 \text{ m/s}$

Par comprender el segundo postulado, analiza el siguiente ejemplo: si alguien decidiera apagar el sol según la Ley de Newton de acuerdo con la teoría de la relatividad, nos daríamos cuenta 8 minutos después de que se apagara el sol.

Otra diferencia que adiciona Einstein es de que la gravedad no tiene como fuente a la masa sino a la energía, esto explica que toda fuente de energía tiene gravedad, la energía del calor, la del sonido, la energía electromagnética, incluso la gravedad es una forma de energía, ya que la ésta genera más gravedad, y el verdadero triunfo de la Teoría de la Relatividad es cuando logra explicar el extraño movimiento de la órbita de Mercurio, y esto lo explica derivado de la cercanía de Mercurio al sol, la ecuación de Newton restringe el movimiento de los planetas a elipses, cuando la Relatividad ya permite otras trayectorias, porque el espacio - tiempo se va a deformar por presencia de la materia.

■ Con todo lo anterior se obtiene el significado de:

Relatividad especial: describe el movimiento a velocidad constante en ausencia de gravedad, unificando espacio y tiempo en el espacio - tiempo y prediciendo fenómenos como la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud. Se expresa mediante la ecuación:

$$E = mc^2$$

De la ecuación anterior se despeja masa y la ecuación queda de la siguiente forma:

$$m = \frac{E}{c^2}$$

Por lo que si se incrementa su energía también se incrementará su masa, si calentamos un lingote de oro, al calentarlo su energía aumenta, haciendo que su masa también se incremente. Por lo que existe una relación muy estrecha entre la masa y energía, luego entonces para la ciencia no representa la cantidad de materia de un sistema u objeto, sino que la masa de un objeto es la medida cuantitativa de inercia de la materia, esto parece complejo, explicado de una manera más sencilla, es la resistencia de un objeto a cambiar de velocidad, a mayor masa más difícil cambiar la velocidad, ejemplo, es más fácil detener el movimiento de un auto que avanza lentamente al de un autobús que también lo hace a la misma velocidad, por lo tanto, la masa es una propiedad que emerge de la energía y se manifiesta como la resistencia a ser acelerado, en palabras más simple a que su velocidad cambie.

Relatividad general: relaciona la curvatura del espacio - tiempo y la distribución de masa, energía y momento en el espacio - tiempo.

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

$G_{\mu\nu}$ = (Tensor de Einstein): Describe la geometría y curvatura del espacio - tiempo.

$T_{\mu\nu}$ = (Tensor Energía - Momento): describe la distribución de masa, energía y momento en el espacio - tiempo.

G = Constante gravitacional universal. $6.674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

c = Velocidad de la luz. 299,792,458 m/s

Si te alejas de la fuerza gravitacional de la Tierra el tiempo se va a acelerar para ti.

El sistema de posicionamiento global (GPS) se basa en principios relativistas. Un receptor GPS determina su ubicación en la superficie terrestre procesando señales de radio de cuatro o más satélites. La distancia a cada satélite se calcula como el producto de la velocidad de la luz por el intervalo entre la transmisión y la recepción de la señal. Sin embargo, el campo gravitacional terrestre y el movimiento de los satélites causan efectos de dilatación del tiempo, y la rotación terrestre también tiene implicaciones relativistas. Por lo tanto, la tecnología GPS incluye correcciones relativistas que permiten calcular posiciones con una precisión de varios centímetros.



La ciencia e ingeniería en acción



Modelado de ondas gravitacionales en el espacio-tiempo

Propósito:

Desarrollar un modelo para representar la colisión de dos agujeros negros, las ondas gravitacionales resultantes y la propagación de las ondas a través del espacio-tiempo.

Refuerza tus conocimientos:

Define los siguientes conceptos.

- Ondas gravitacionales: _____
- Tipos de ondas: _____
- Principios básicos de la teoría de la relatividad de Einstein: _____
- Agujeros negros: _____

Materiales:

- Gelatina (transparente o amarilla)
- Refractario preferiblemente de vidrio transparente y liso
- Tabla de cortar, charola para hornear galletas u otra superficie plana y portátil
- Espejo pequeño
- Dos pequeñas canicas o balines
- Puntero láser (láser rojo o verde)
- Tarjeta de objetivo láser

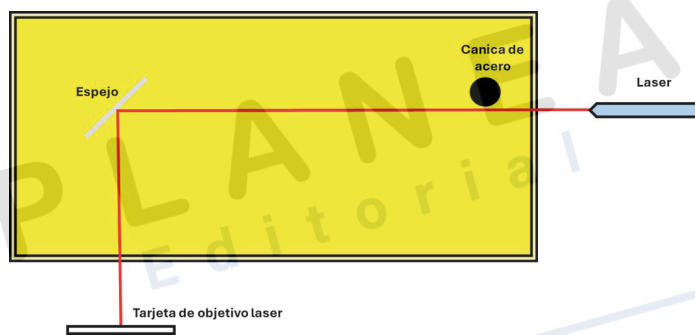
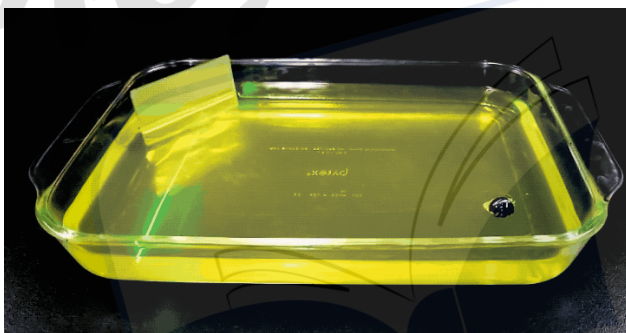
Manos a la obra:

1. Preparar y fraguar la gelatina según las instrucciones del envase antes de crear el modelo, usar un recipiente transparente de vidrio sin texturas ya que afectan la trayectoria del rayo láser. Asegúrate de que la gelatina llene el recipiente lo suficiente para que el espejo quede casi o completamente cubierto al insertarlo, colocar una canica en una esquina de la gelatina, a aproximadamente una pulgada (2.5 cm) de los lados del recipiente, y dejar que se hunda hasta el fondo.

Nota de seguridad: Los láseres representan un peligro potencial porque pueden quemar la retina. Evitar la exposición directa a los ojos y tener cuidado al apuntar el láser a un espejo para evitar reflejos accidentales del haz en los ojos.

2. Una vez que la gelatina esté firme, colócala sobre una superficie plana portátil (como una tabla de cortar o una charola para galletas), gira suavemente el molde y retira el recipiente de la gelatina.

3. Introduce un espejo en la gelatina en un ángulo de 45 grados. Asegúrate de colocar el espejo lo suficientemente lejos de los bordes de la gelatina para que la gelatina se mantenga intacta.
4. Apuntando a través de la gelatina desde el lado más cercano a la canica, apunta el láser al espejo y asegúrate que no se mueva (por ejemplo, pegándolo a un libro o carpeta). Usa cinta o un clip para mantener pulsado el botón de encendido del láser.
5. Coloca la tarjeta de objetivo láser fuera de la gelatina en la trayectoria del láser reflejado. Asegura que la tarjeta quede fija (por ejemplo, pegándola a un libro, carpeta o al lateral de la bandeja transparente).
6. Con el láser y la tarjeta de objetivo láser estables, deja caer una segunda canica sobre la que está incrustada en la gelatina.



En este modelo, la gelatina representa el espacio-tiempo, la colisión de las canicas representa la colisión de dos agujeros negros, las vibraciones en la gelatina representan las ondas gravitacionales, y el movimiento del láser sobre la tarjeta marcadora indica la presencia de ondas gravitacionales.

Registro del experimento:

- Utiliza un dispositivo móvil y graba un vídeo usando la función de cámara lenta o la configuración de alta tasa de fotogramas. Esto permitirá a los estudiantes ver una reproducción en cámara lenta y ver algunos de los elementos del modelo y cómo se mueven en respuesta a la colisión con más detalle.
- Añade marcas (cm, mm o unidades no estándar) a la tarjeta de objetivo láser y suelta la canica desde diferentes alturas para ver cómo eso afecta al movimiento del haz sobre el objetivo.

Realiza los dibujos que ilustren al experimento.

Prohibida su
reproducción

Interpreta los resultados:

Responde las siguientes preguntas.

1. ¿Qué ocurre con el haz láser cuando la canica cae sobre la segunda canica? ¿Por qué?

2. ¿Cuáles son algunas limitaciones de este modelo?

3. ¿Cómo podría mejorarse este modelo?

Cuestionario:

Subraya la respuesta correcta.

1. Para misiones y satélites que exploran el sistema solar que ecuaciones se usan '

- a) Relatividad General.
- b) Mecánica Newtoniana.
- c) Una combinación de ambas.

2. ¿Qué leyes de la física intervienen en el funcionamiento de los GPS?

- a) Física óptica.
- b) Mecánica clásica (Leyes de Newton).
- c) Relatividad General.
- d) Mecánica Cuántica.

3. Las ondas gravitacionales suelen provenir de:

- a) Las generadas por sismos o terremotos, viento, movimiento de las olas.
- b) Deformación de un agujero negro, colisión de estrellas, el Big Bang.
- c) Altavoz, la radio, microondas, la luz.

4. Son no lineales; y requieren cierto grado de asimetría para ser producidas, corresponde a ondas:

- a) Electromagnéticas.
- b) Gravitacionales.
- c) Mecánicas.
- d) Transversales.

5. El tiempo transcurre a diferentes velocidades para observadores distintos, de acuerdo con su movimiento relativo y su ubicación en un campo gravitatorio, corresponde a:

- a) Leyes Newtonianas.
- b) Invarianza Galileana.
- c) Teoría de la Relatividad.

Redacta tu conclusión:

Para coevaluar la actividad, pide a uno de los compañeros complete la siguiente lista de cotejo.

Ciencia e ingeniería en acción 1

Modelado de ondas gravitacionales en el espacio-tiempo

Nombre del estudiante: _____

Nombre del estudiante evaluador: _____

Fecha: _____

Indicadores	Sí	No	Puntos
1. Aplicó las medidas de higiene y seguridad durante el desarrollo de la actividad.			1
2. Investigó los conocimientos previos antes de realizar la práctica.			2
3. Registró de forma adecuada cada uno de los resultados obtenidos en cada una de las mediciones.			3
4. Realizó los dibujos de cada uno de los experimentos.			3
5. Contestó de forma correcta cada una de las preguntas de la interpretación de los resultados.			3
6. Redactó de forma clara, coherente y adecuada la conclusión.			2
7. La redacción no tiene faltas de ortografía.			2
8. Entregó la actividad en la fecha y hora establecida.			1
Total			

Análisis de fenómenos físicos 2

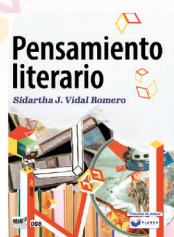
La Editorial Planea tiene como misión crear materiales didácticos de calidad, con los contenidos adecuados para impactar positivamente en la formación de los estudiantes, desarrollando sus conocimientos, habilidades y actitudes, que los transformen en jóvenes capaces de comprender su entorno e influir en él, aprender de manera autónoma a largo de su vida, ser consciente de sus destrezas para resolver problemas y aceptar retos que lo ayuden a alcanzar su metas, ser sensibles al arte y sus expresiones, asimismo activar la participación ciudadana que reafirme su conciencia cívica y ética, fomentando una actitud respetuosa a la interculturalidad, diversidad de creencias, valores e ideas, asumiendo un pensamiento crítico que ayude al desarrollo sustentable de su comunidad.

El libro de **Análisis de Fenómenos Físicos II** está desarrollado bajo los Principios de la Nueva Escuela Mexicana, teniendo como eje rector el Nuevo Modelo Educativo de la Educación Media Superior y el programa de estudio por progresiones para el **Bachillerato General**, el cual propone el siguiente aprendizaje trayectoria para el Área de Conocimiento de **Ciencias Naturales, Experimentales y Tecnología**:

- Comprender qué son los fenómenos ondulatorios, y cómo transfieren energía sin transportar materia, explicando los comportamientos físicos que ocurren en la vida diaria, a partir de un análisis exhaustivo del funcionamiento del sonido y la luz, así como de las relaciones que tienen con la energía que se percibe y con lo que interactuamos cada día en nuestro entorno. Explican que los fenómenos causados por las ondas están presentes en el entorno y que son originados por perturbaciones en la materia. Finalmente, comprenden los efectos que causan los fenómenos de la reflexión, refracción y difracción en la luz.
- Identificar que el sonido es producido por la vibración de las partículas de la materia generando ondas que se desplazan hacia el receptor cuando se produce un cambio en la presión del aire; este desplazamiento puede ser a través de diferentes medios elásticos. Reconocen que existen cualidades de los sonidos que propician que estos sean diferentes. Por último, determina la diferencia que existe entre los fenómenos de refracción y reflexión y cómo pueden ser aplicados en los diferentes contextos en los que se desarrollan.
- Identificar que la luz visible es parte del espectro electromagnético, y que su comportamiento dual explica varios fenómenos. Comprende lo que ocurre cuando los rayos de luz inciden en una superficie en la cual unos se reflejan y otros se refractan; permitiendo explicar el principio de funcionamiento de los espejos y las lentes. Así pues, reconoce las imágenes que se proyectan a través de los diferentes tipos de espejos y lentes, así como su aplicación en los instrumentos ópticos que se utilizan en su entorno.

En la Editorial Planea tenemos un compromiso por desarrollar materiales que cumplan con las expectativas de las comunidades educativas.

Titulos relacionados



ISBN: 978-607-5902-95-1



9 786075 190295 1



771-159-1900

www.editorialplanea.com.mx