GUÍA PARA EL DOCENTE

CIENCIAS NATURALES C

FÍSICA

FLUIDOS, ONDAS Y ENERGÍA

SONIA SCHIMPF Y JAVIER PAVÓN

Asociación Casa Editora Sudamericana

Gral. José de San Martín 4555, B1604CDG
Florida Oeste, Buenos Aires, Rep. Argentina.

¿Sabías que nuestros libros contienen materiales digitales exclusivos?

Como docente puedes complementar tus clases con estos recursos pedagógicos, repasar lo aprendido e incorporar actividades lúdicas.

CONTENIDO DIGITAL

¿Qué encontrarás?

Objetos digitales de aprendizaje (ODA) en diferentes formatos:

Descarga de PDF con la guía docente para cada libro didáctico, imágenes y actividades.

Audios y canciones para escuchar online o descargar.

Videotutoriales, videoclips inéditos, experimentos, resúmenes de libros del Plan Lector.

Juegos e imágenes interactivas.

Cada vez que encuentres nuestro logo de Contenido Digital en una página de este libro, ve a nuestra web o lee con tu dispositivo el código QR del dorso del libro y compártelo con tus estudiantes.

Ingresa a **aceseducacion.com**, busca por el título del libro y ¡accede gratis a todo el contenido digital!

aces EDUCACIÓN

Impreso en la República Argentina

ÍNDICE

Agradecimientos 4

Marco teórico 5
Fundamentación bíblica de la serie Ciencias Naturales 5
Generalidades del libro 6
Secciones 6
Íconos 6

CAPÍTULO 1: Fuerzas y equilibrio en los fluidos 8
Contenidos 8
Objetivos 8
Sugerencias para el docente 8
Solucionario 10
CAPÍTULO 2: Ondas 13
Contenidos 13
Objetivos 13
Sugerencias para el docente 13
Solucionario 14
CAPÍTULO 3: La energía 17
Contenidos 17
Objetivos 17
Sugerencias para el docente 17
Solucionario 18

Bibliografía 22

AGRADECIMIENTOS

Como autores deseamos agradecer en esta oportunidad, a quienes de una manera u otra nos han apoyado en esta tarea, a Dios en primer lugar... "*Porque Jehová da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia*" (Proverbios 2:6). También a nuestros cónyuges: Fernando Aranda y Gabriela Medina, quienes, junto a nuestras familias, nos apoyaron y alentaron en el camino recorrido. También queremos agradecer profundamente a los profesionales que estuvieron involucrados en este proyecto: al Consejo Asesor (Alicia Racchi, por Argentina; Carlos Valverde Morón, por Bolivia; Luis Eduardo Parra Yépez, por Ecuador; Cintia Elizabeth Rivero de Nikolaus, por Paraguay; Dennis Palacios Bautista y Josué Daniel Copa Serrano, por Perú y Ariel Mancebo Rodríguez, por Uruguay. También agradecemos al equipo editorial de ACES Educación en la persona de Silvia Vasconcellos, coordinadora editorial y asesora pedagógica para el Nivel Secundario. Todos cumplieron un papel importantísimo.

MARCO TEÓRICO

Si recuerda cómo aprendimos física, coincidiremos que se trataba de la memorización de una cantidad de definiciones, de la resolución de innumerables ejercicios aplicando otras tantas fórmulas y pocas veces sabíamos dónde se observaba en la realidad que nos rodeaba eso que aprendíamos teóricamente ni dónde se podía ver un movimiento rectilíneo uniforme o una imagen virtual.

En los últimos años se ha visto la necesidad de producir radicales cambios en la educación científica. Estos tienen que ver con aspectos actitudinales, de comunicación de relacionamiento de la ciencia y de los científicos con la sociedad.

Comparto con Graciela Merino su visión sobre la enseñanza de las ciencias. En su libro *Enseñar ciencias naturales en el tercer ciclo de la EGB* (p. 31) dice lo siguiente:

> *"La educación científica en la escuela no tiene por finalidad formar científicos, sino formar personas pertenecientes a una sociedad cada vez más impregnada de ciencia y tecnología. De esta manera la comprensión de las interacciones entre ciencia, técnica y sociedad es uno de los elementos esenciales si se pretende que los alumnos, en un futuro, puedan adoptar una actitud crítica y positiva frente al desarrollo científico tecnológico y las consecuencias que se derivan de él. Es necesario plantearse qué hacer desde las instituciones educativas para generar disposiciones favorables en los alumnos, e incluso de producir un cambio actitudinal, en tanto que existen actitudes negativas hacia el aprendizaje de las ciencias".*

Partiremos de la observación, del análisis de lo que sucede a nuestro alrededor. Sobre todo en los primeros tres años de la secundaria nos alejaremos de la resolución matemática de ejercicios. Usaremos las fórmulas solo para analizarlas y ver qué relación de proporcionalidad tienen las distintas variables. Ud. verá que, de todas maneras, hemos incluido abundante ejercitación. Dependerá de su criterio y del nivel del grupo de estudiantes que tiene el utilizar todos o algunos de ellos.

Utilice todas las experiencias que estén a su alcance. Permita a los alumnos realizarlas. No es excusa no disponer de un laboratorio de física. Si no tienen los materiales, constrúyanlos con elementos caseros. Existe gran cantidad de libros con experiencias sencillas donde explican cómo construir los materiales. Con mangueras, tarros, botellas plásticas, linternas y anteojos viejos se pueden hacer maravillas. Las experiencias y la observación son las estrellas de escenario metodológico de la física. Un consejo de amiga, realice todas las experiencias antes de ir a clases y esté seguro de manejar todos los pasos con soltura. Aun así, varias le fallarán, pero no se desanime.

No realice experiencias como entretenimiento. Solo utilícelas cuando se ajusten a los contenidos y sirvan para aprender algo. Son un medio, nunca un fin en sí mismas.

Habrá advertido que hemos incluido en la unidad *Ondas* los movimientos sísmicos y una leve mención a la teoría tectónica de placas. En los contenidos de Ciencias Naturales aparecen temas de geología y nos pareció que era oportuno incorporarlos aquí y dar un enfoque creacionista al tema. Sobre todo, en los países de la costa del Pacífico aparecen con mucho énfasis estos contenidos ya que son una realidad en su día a día.

FUNDAMENTACIÓN BÍBLICA DE LA SERIE *CIENCIAS NATURALES*

"Dios es la fuente de la verdad última. La ciencia es la búsqueda continua de la comprensión de nosotros mismos y de nuestro cambiante medio físico, tecnológico y biológico. Por lo tanto, la ciencia correctamente entendida e interpretada debe ser consistente con la verdad última, la cual está encarnada en Dios y puede ser vislumbrada por el hombre.

La ciencia provee al estudiante de la oportunidad de explorar e intentar comprender el orden y la perfección de la creación original. Aunque la creación está desvirtuada por el pecado, los hombres pueden tener una relación más cercana con el Creador en la medida que ellos busquen y comprendan su creación.

Dios creó al hombre como un ser inteligente con la capacidad del pensamiento lógico y creatividad. La ciencia provee un ámbito para la utilización de esas capacidades al investigar la creación de Dios y las leyes por las cuales se gobierna y sostiene." (*Guía curricular para la enseñanza secundaria adventista*. Silver Spring: Instituto de Educación Cristiana, 1992).

La cosmovisión y la definición de ciencia de la Educación Adventista están basadas en un número de prin-

cipios sobre lo que es real, verdadero y bueno. Tales principios se derivan de la fundamentación filosófica, los principios organizadores y la definición de ciencia. A continuación, se los explicita:

Creación. Dios es el creador de toda materia e inteligencia, la creatividad es una característica de los seres inteligentes, el hombre fue creado con la capacidad y el deseo de investigar y expandir su conocimiento, etc. Ver Génesis 1; Isaías 45:18; Salmo 33:6-9; Isaías 45:12; Juan 1:1.

Medio ambiente. El medio ambiente es el resultado de la interacción de lo físico, biológico y social, es frágil debido a la interdependencia de los sistemas físico y biológicos, las consecuencias del pecado del hombre causan la degradación del ambiente, etc. Ver Salmo 24:1: Génesis 9:11-16.

Ética. Dios, que se ha revelado en su Palabra, es la norma absoluta de ética; la honestidad, la exactitud y la integridad se evidencian en la recolección, la interpretación y la organización de la información; todas las observaciones e interpretaciones humanas son falibles; deben identificar las posibles fuentes de error y su significado, etc. Ver Isaías 45:5-8; Juan 3:16; 2 Corintios 13:7; Hebreos 13:18; Josué 24:15.

Cuerpo humano. Es el templo de Dios, existe valor en la individualidad y la originalidad, existen normas divinas para el cuidado de la salud, etc. Ver Salmo 139:14; 1 Corintios 6:19, 20; 1 Corintios 10:31.

Leyes naturales. Por medio de la observación de la naturaleza podemos reconocer nuestra percepción cambiante de los modelos y de la ley natural, las leyes naturales son evidencia del orden divino, Dios es la fuente de todo poder y el sustentador de las leyes naturales, Él es la fuerza sustentadora que mantiene el universo, etc. Ver Salmo 19; Apocalipsis 19:1; Nahúm 1:3.

Naturaleza de la ciencia. La ciencia es un medio de comprender y manipular el ambiente, la ciencia es una herramienta útil para resolver algunos problemas, el conocimiento científico tiene limitaciones, etc. Ver Colosenses 2:3; 1 Samuel 2:3; 2 Crónicas 1:10; Job 37:16.

Relaciones. La apreciación de la belleza, del orden, de la complejidad y de la interdependencia de la creación nos lleva a amar, reverenciar y honrar a Dios; la interacción social es un aspecto del aprendizaje de la ciencia.

Prácticas seguras. Son parte integral del proceso de investigación; debe mostrarse el potencial efecto dañino de ignorar la seguridad en las prácticas, etc.

Ciencia y religión. La información científica puede conducir a la apreciación del Creador; algunos interpretan la información científica como la negación de la existencia de un Creador; en algunas áreas de la ciencia, existen posibilidades de conflicto entre la observación, o al menos alguna interpretación de ella y nuestra comprensión de la creación divina. Esas áreas necesitan tratamiento especial.

Comunicación de la investigación. Parte de la misión de un cristiano es compartir su perspectiva científica con otros; al investigar debemos estar preparados para compartir nuestros resultados en beneficio de los demás.

Equipo pedagógico de ACES Educación

GENERALIDADES DEL LIBRO

SECCIONES

Conectándonos. Ofrece una lectura que tiene la intención de despertar la curiosidad en el estudiante, rastrear saberes previos acerca del tema o generar un conflicto cognitivo, que se resolverá con la lectura de los temas del capítulo. Es un disparador del tema. Se presenta mediante una noticia, una lectura, actividades, etc.

Actualiza tu información. Es el desarrollo del capítulo. Allí se ameniza la lectura con la interacción de diferentes íconos. Se presenta una secuencia teórico-práctica.

ÍCONOS

Más información. Ofrece datos que, si bien no son imprescindibles para la comprensión del tema, amplían el horizonte de conocimiento del estudiante.

Neuronas en acción. Proporciona actividades relacionadas al tema que se está dando, apuntando a diferentes niveles de pensamiento, inteligencias múltiples, y tipos de preguntas como cognitivas,

críticas, reflexivas, inferenciales, etc.

Investiga. Se proponen temas de investigación interesantes acerca de lo que se está tratando, para que el estudiante amplíe su campo de búsqueda en otras fuentes, y aprenda a identificar fuentes fiables de información, de las no fiables.

Ciencia divertida. Propone experimentos a realizar en la casa, el salón, o el laboratorio de ciencias.

Conciencia. Es un ícono que lleva a la reflexión, tanto de un tema relacionado con la Biblia como no, pero siempre llevando a pensar sobre el tema más allá de lo cognitivo.

Contenido digital. Es todo contenido que está en la web.

CAPÍTULO 1: FUERZAS Y EQUILIBRIO EN LOS FLUIDOS

CONTENIDOS

- Peso y masa.
- Presión: Peso específico y densidad.
- Hidrostática: presión hidrostática.
- Neumostática: Experiencia de Torricelli. Variación de la presión con la altura. Instrumentos de medición. Principio de Arquímedes para los gases.

OBJETIVOS

- Diferenciar los conceptos de peso y masa, peso específico y densidad.
- Enunciar la Ley Fundamental de la Hidrostática
- Calcular la presión en el interior de un líquido.
- Comprender las aplicaciones de la prensa hidráulica y su posibilidad de multiplicar fuerzas.
- Enunciar el Principio de Arquímedes.
- Calcular el empuje recibido por un cuerpo sumergido en un líquido
- Describir la experiencia de Torricelli.
- Describir los instrumentos de medición de la presión de los gases.
- Reconocer el poder divino por sobre la naturaleza en la historia de 1 Reyes 6.1-7

SUGERENCIAS PARA EL DOCENTE

Como autores creemos que es realmente provechoso y enriquecedor para el alumno, realizar el dictado de las clases utilizando experiencias concretas de la vida real, curiosidades y todo aquello que observamos a diario y nos preguntamos por qué ocurren de la forma en que lo podemos apreciar. Esto es sumamente notorio e importante dentro del campo de la física, ya que nuestro entorno está lleno de fenómenos de esta naturaleza y, cuanto mas el alumno se de cuenta de este hecho y sepa apreciarlo, más disfrutará realizando ejercitaciones que de otra forma serán simples rutinas sin sentido para él. Pero, al ver estos fenómenos en su propia vida, se dará cuenta de la necesidad de expresar la física por medio de los cálculos del lenguaje matemático y le resultará hasta placentero el trabajo que podamos proponerle.

A continuación, dejamos una serie de experiencias y actividades sencillas de realizar que requieren de observación y análisis, obtención de conclusiones, etc., que permitirán, simplemente como ejemplos, que el alumno vea algunos de los conceptos estudiados. Obviamente, en el entorno se podrán encontrar muchos mas para trabajar de manera palpable algunos fenómenos físicos.

Las podrás realizar con elementos simples y baratos que en su mayoría los tenemos en nuestro hogar. Eso sí, asegúrate de trabajar con elementos de seguridad necesarios cuando se requiera utilizar fuego o algún objeto cortante o de vidrio para no tener algún accidente.

Ahora sí, ¡a divertirse con los alumnos!

Algunas sugerencias:

- *Perforación de un recipiente.* Haz una perforación cerca del fondo del recipiente. Si lo llenas con agua, notarás que saldrá por el agujero. Tapa la parte superior del recipiente firmemente con la palma de la mano y el agua dejará de salir por el orificio. Explica por qué ocurre esto.
- *Con una botella de plástico.* Toma una botella llena de agua e inviértela. Observa de qué manera el agua cae. Ahora haz que el líquido gire dentro de la botella moviéndola en círculos y observa nuevamente como sale el agua. Interpreta y explica lo sucedido.
- *Con un vaso.* Esta es una experiencia muy conocida. Llena un vaso con agua hasta el borde y luego tápalo con una cartulina. Invierte el vaso y observa qué sucede. Intenta explicarlo.
- *El huevo cocido.* Durante unos 8 minutos hierve un huevo pequeño. Una vez frío, quítale el cascarón. Toma una botella cuyo cuello sea apenas más pequeño que el huevo y coloca el huevo en dicho recipiente. Explica por qué el huevo no cae. Retira el huevo y coloca en la botella unos fósforos encendidos

y repite lo anterior. Observa y explica lo que ocurre ahora.

- *Compresión de una lata vacía.* Coloca unos 150 cc de agua en una lata metálica. Calienta la lata hasta que el agua esté en el punto de ebullición y salga algo de vapor. Retira la lata del fuego rápidamente y coloca una tapa con rosca y déjala enfriar. Observa lo sucedido y explícalo. Puedes realizar esta misma experiencia utilizando agua fría para enfriar la lata.
- *La cama de clavos.* De seguro muchas veces te habrás sorprendido al ver a los ilusionistas acostarse en estas camas sin sufrir daño. En realidad, es solo ciencia. Toma una madera de 30 cm por 30 cm y realiza un cuadriculado poniendo tantos clavos como sea posible tan próximos como puedas uno del otro. Clávalos completamente y luego da vuela la tablita de madera. Ahora invita a alguien a sentarse sobre esta "silla" y observa las reacciones. Luego, explícales lo sucedido.

Si deseas explorar más experimentos semejantes, descarga e imprime el siguiente documento PDF publicado en la página web de Recursos Tic donde encontrarás material extra para trabajar.

SOLUCIONARIO

Página 9. Ejercicio 2. Calcula la presión ejercida por Matías, quien pesa 600 N parado en una superficie de 30 cm².

P = 600 N

S = 30 cm² = 0,003 m²

p = $\frac{P}{S}$

p = $\frac{600N}{0{,}003m^2}$

$\boxed{p = 200000 \text{ Pa}}$

Página 9. Ejercicio 3. Calcula qué presión ejerce Matías si se sienta sobre una superficie de 400 cm².

P = 600 N

S = 400 cm² = 0,04 m²

p = $\frac{P}{S}$

p = $\frac{600N}{0{,}04m^2}$

$\boxed{p = 15000 \text{ Pa}}$

Página 9. Ejercicio 4. Luciana ejerce una presión de 2080 Pa. Si su peso es de 520 N, ¿qué superficie tienen sus zapatos de taco? Expresa la respuesta en m² y en cm².

p = 5000 Pa = 5000 $\frac{N}{m^2}$; S = 1,2 m²

P = p . s

P = 5000 $\frac{N}{\cancel{m^2}}$. 1,2 $\cancel{m^2}$

$\boxed{p = 6000 \text{ N}}$

Página 10. Ejercicio 1. Un ladrillo común mide 25 cm de largo; 12,5 cm de ancho y 5,5 cm de alto y pesa 29,5 N. ¿Cuál es su Pe? Expresa el resultado en N/m³.

V = 25 cm x 12,5 cm x 5,5 cm = 1718,75 cm³ = 0,017 m³

P = 29,5 N

Pe = ?

Pe = $\frac{P}{V}$

Pe = $\frac{29{,}5\ N}{0{,}0017m^3}$

$\boxed{Pe = 17352{,}94 \frac{N}{m^3}}$

Página 10. Ejercicio 2. ¿Cuánto pesa un bloque de mármol del mismo tamaño que el ladrillo anterior si su Pe = 24000 N/m3?

Pe mármol = 24000 $\frac{N}{m^3}$; S = 0,0017 m³ ; P = ?

P = Pe . V

P = 24000 $\frac{N}{\cancel{m^3}}$. 0,0017 $\cancel{m^3}$

$\boxed{P = 40{,}8\ N}$

Página 13. Ejercicio 1. La superficie del pistón chico de un elevador de automóviles en un taller mecánico es de 20 cm². Si sobre él actúa una fuerza de 10 N, ¿qué fuerza se obtendrá en el pistón grande si la superficie es de 5000 cm²?

S_1 = 20 cm² S_2 = 5000 cm²

F_1 = 10 N F_2 = ?

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$F_2 = \frac{F_1 \,.\, S_2}{S_1} = \frac{10N\ .\ 5.000\ \cancel{cm^2}}{20\ \cancel{cm^2}}$$

$\boxed{F_2 = 2.500\ N}$

Página 13. Ejercicio 2. El pedal que utiliza un dentista para subir el sillón tiene una superficie de 25 cm² y ejerce sobre él una fuerza de 20 N. ¿Qué superficie tiene el pistón dentro del sillón para levantar una persona de 700 N?

S_1 = 25 cm² S_2 = ?

F_1 = 20 N F_2 = 700 N

$$S_2 = \frac{F_2 \,.\, S_1}{F_1} = \frac{700\cancel{N}\ .\ 25\ cm^2}{20\ \cancel{N}}$$

$\boxed{S_2 = 875\ cm^2}$

Página 13. Ejercicio 3. Los diámetros de los dos pistones de una prensa hidráulica son 8 cm y 80 cm. ¿Por cuánto está multiplicada en el pistón grande la fuerza aplicada en el pistón chico? Pista: la superficie de un círculo es π . r² y el radio (r) es la mitad del diámetro.

D_1 = 8 cm → S_1 = 3,14 . $(4\ cm)^2$ = 50,24 cm²

D2 = 80 cm → S_2 = 3,14 . $(40\ cm)^2$ = 5024 cm²

Página 16. Ejercicio 1. En una aceitera guardan el aceite de oliva en depósitos de 2,5 m de altura. ¿Cuál es la presión en el fondo de un depósito si tenemos en cuenta que el peso específico del aceite de oliva es 9200 N/m3?

p = Pe . h

Pe = 9200 $\frac{N}{m^3}$; h = 2,5 m → p = 9200 $\frac{N}{m^{\cancel{3}}}$. 2,5 $\cancel{m}$ =

$\boxed{23000\ Pa}$

Página 16. Ejercicio 2. En una casa tienen un tanque de agua en la terraza. Por accidente se pinchó un caño en el patio. ¿A qué altura se encuentra el tanque si el agua sale por el agujero con una presión de 5000 N/m²? Recuerda que Pe agua = 10000 N/m³.

p = 5000 $\frac{N}{m^2}$ = 5000 Pa

Pe = 10000 $\frac{N}{m^3}$ → h = $\frac{p}{Pe}$ → h = $\frac{5000\frac{N}{m^2}}{10000\frac{N}{m^3}}$ = $\boxed{0{,}5\ m}$

Página 16. Ejercicio 3. Un recipiente está lleno de un líquido desconocido. Se mide la presión de dos puntos distintos a 5 cm y 10 cm de profundidad, siendo 387 N/m² para el primero y 774 N/m² para el segundo. ¿Qué Pe tiene el líquido? (No olvides pasar los cm a m).

$p_2 - p_1 = Pe\ .\ (h_2 - h_1)$ → Pe = $\frac{p_2-p_1}{h_2-h_1}$ → Pe = $\frac{774\frac{N}{m^2} - 387\frac{N}{m^2}}{0{,}10m - 0{,}05m}$ → Pe = 7680$\frac{N}{m^3}$

$p_1 = 387\frac{N}{m^2}$; $p_2 = 774\frac{N}{m^2}$

h_1 = 5 cm ; h_2 = 10 cm

h_1 = 0,05 m; h_2 = 0,10 m

Página 16. Ejercicio 4. ¿Qué diferencia de presión tendrían los dos puntos del líquido del ejercicio anterior si estuvieran a la misma profundidad? ¿Por qué?

Respuesta: Si estuviesen a la misma profundidad, $h_2 - h_1$ = 0. Por lo tanto, no habría diferencia de presiones.

Página 19. Ejercicio 1. En un laboratorio se sumerge totalmente en gasolina (Pegasolina= 6650 N/m3) una pesa de balanza cuyo volumen es de 275 cm3 y su peso de 20 N. a) ¿Qué empuje recibirá? b) ¿Cuánto marcará el dinamómetro en esta oportunidad? (No olvides pasar los cm³ a m³).

Pe = 6650 $\frac{N}{m^3}$; V = 275 cm³ = 0,000275m³ ; P = 20 N

a) E = Pe . V → E = 6650 $\frac{N}{m^3}$. 0,000275m³ = $\boxed{1{,}83\ N}$

b) Peso aparente = Peso real – empuje → Pap = 20 N – 1,83 N = $\boxed{18{,}77\ N}$

Página 19. Ejercicio 2. ¿Cuál es el peso específico de la pesa del ejercicio anterior? Busca en una tabla de Pe a qué material corresponde.

P = 20 N ; V = 0,000275m³

Pe = $\frac{P}{V}$ → Pe = $\frac{20\ N}{0{,}000275m^3}$ → $\boxed{Pe = 72727{,}27\ \frac{N}{m^3}\ \text{(estaño)}}$

Página 19. Ejercicio 4. Una esfera se pesa en el aire y el dinamómetro indica 15 N. Se sumerge en agua destilada (Pe agua destilada = 9800 N/m3) y ahora pesa 10 N. a) ¿Cuál es el empuje recibido? b) ¿Qué volumen tiene la esfera?

P = 15 N ; Pe = 9800 $\frac{N}{m^3}$; Peso aparente = 10 N

a) E = P real – P aparente → E = 15 N – 10 N → $\boxed{E = 5\ N}$

b) E = Pe . V → V = $\frac{E}{Pe}$ → V = $\frac{5\ N}{9800\frac{N}{m^3}}$ → $\boxed{V = 0{,}0005\ m^3}$

Página 19. Ejercicio 5. ¿Qué empuje recibirá la esfera si se sumerge en agua de mar? (Pe agua de mar = 10065 N/m³).

Pe = 10065 $\frac{N}{m^3}$; V = 0,0005 m³ ; E = 10065 $\frac{N}{m^3}$. 0,0005 m³ → $\boxed{E = 5{,}0325\ N}$

CAPÍTULO 2: ONDAS

CONTENIDOS

- Ondas: Elementos de una onda. Propiedades de una onda.
- Ondas electromagnéticas: Espectro electromagnético de una onda.
- Ondas mecánicas: El sonido. Los sismos.

OBJETIVOS

- Mencionar los elementos de una onda.
- Explicar las propiedades de una onda.
- Describir el funcionamiento de la capa de ozono como filtro de los rayos ultravioletas.
- Conocer las características de los rayos X y sus aplicaciones.
- Mencionar las características del sonido y relacionarlas con los elementos de una onda.
- Describir los fenómenos del sonido.
- Mencionar la teoría tectónica de placas y los movimientos relativos de placas.
- Describir los tipos de ondas sísmicas que pueden provocar los terremotos.
- Diferenciar las escalas sísmicas de Richter y Mercalli.
- Mencionar las acciones de prevención que se pueden realizar ante terremotos y maremotos.
- Reconocer el papel central de la resurrección de Jesucristo para nuestra salvación.

SUGERENCIAS PARA EL DOCENTE

Algunas experiencias sencillas para trabajar las características físicas del sonido y la luz.

Consigue una soga de unos dos o tres metros de longitud. Toma uno de los extremos y luego da un latigazo al aire. Se producirá un sonido semejante a una explosión al final del movimiento ondulatorio. ¿Por qué ocurre esto?

Consigue un recipiente transparente similar a una pecera, junto con un globo, un hilo de longitud similar a la altura del recipiente y una piedra. Infla el globo hasta que sea del tamaño de una manzana grande, luego ata el globo a la piedra tratando de que el hilo quede bastante largo aún. Coloca la piedra con el globo en el recipiente y luego coloca agua hasta que el hilo quede bien tenso. Ahora trata de producir ondas en el agua y observa lo que ocurre con el globo durante y después del fenómeno y explica por qué.

Toma 4 copas de cristal. Llena la primera con agua hasta un tercio de su capacidad, la segunda hasta la mitad, la tercera hasta dos tercios de su capacidad y deja vacía la última. Con las manos bien limpias, frota el borde de las diferentes copas con un dedo y presta atención a lo que sucede. Contesta: ¿por qué es más difícil el sonido en la copa vacía? ¿Qué pasa si presionas más el dedo sobre la copa? ¿Y si lo retiras lentamente mientras suena? ¿De qué depende la tonalidad de los sonidos en cada copa? ¿Qué sucede si golpeas suavemente con una cuchara metálica las copas que están cargadas? Si tienes buen oído, intenta descifrar qué notas son las que se produjeron en el experimento anterior y reprodúcelas en algún instrumento o con tu voz.

Veamos el sonido. Necesitas un bol grande, papel film y pelotitas muy pequeñas de telgopor. Cubre la boca del recipiente con el papel film de manera que quede super tenso y luego coloca las bolitas de Telgopor encima del film. Tapate la boca con las manos y acércate a las bolitas realizando sonidos lo mas graves posibles. Observa y explica cómo es posible ver el sonido.

Dardos luminosos. Consigue un espejo, una fuente transparente, agua, un puntero láser y una diana. Coloca la fuente sobre el espejo y cárgala con agua hasta la mitad. En una pared puedes colgar la diana y con el puntero láser apuntar al agua para que el rayo luminoso se refleje hacia las puntuaciones que figuran en el blanco. Anota quién consigue más puntos. Podrás divertirte mientras analizas algunos fenómenos luminosos.

Visita la siguiente página web para ver alguna experiencia más.

SOLUCIONARIO

Página 44. Ejercicio 2. Un edificio, ubicado en San Pablo (Brasil), se mece con una frecuencia aproximada de 0,12 Hz. ¿Cuál es el período de la vibración?

$$T = \frac{1}{f} \rightarrow T = \frac{1}{0{,}12\ Hz} \rightarrow T = 8{,}33\ segundos$$

Página 44. Ejercicio 3. Una ola en el océano tiene una longitud de 14 m. La onda pasa por una determinada posición fija cada 1,5 s. ¿Cuál es la velocidad de la onda?

$L = 14\ m$

$T = 1{,}5\ s$

$V = ?$

$$V = \frac{L}{T} \rightarrow V = \frac{14\ m}{1{,}5\ s} = 9{,}33\frac{m}{s}$$

Página 44. Ejercicio 4. Las ondas de agua en un recipiente poco profundo tienen una longitud de λ = 7 cm. En un punto, las ondas oscilan hacia arriba y hacia abajo a una razón de 4,8 oscilaciones por segundo. Calcula: a) ¿Qué velocidad tienen las ondas? b) ¿Cuál es el período?

$\lambda = 7\ cm\ ;\ f = 4{,}8\ .\ 5^{-1}$

$$a)\ V = \lambda\ .\ f \rightarrow V = 7\ cm\ .\ 4{,}8\ .\ 5^{-1} = 33{,}6\frac{m}{s}$$

$$b)\ T = \frac{1}{f} \rightarrow T = 0{,}208\ s$$

Página 44. Ejercicio 5. La nota musical La tiene una frecuencia de 440 Hz. ¿Cuál es su longitud de onda en el aire y el agua?

$f = 440\ Hz$

$$\lambda\ en\ el\ aire: V = 340\frac{m}{s} \rightarrow V = \lambda . f \rightarrow \lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda = \frac{340\frac{m}{\cancel{s}}}{440\ \cancel{s}} = 0{,}77\ m$$

$$\lambda\ en\ el\ agua: V = 1520\frac{m}{s} \rightarrow \lambda = \frac{1520\frac{m}{\cancel{s}}}{440\cancel{s^{-1}}} = 3{,}45\ m$$

Página 44. Ejercicio 6. Calcula la longitud de onda de una nota musical Fa que tiene una frecuencia de 370 Hz.

$$f = 370\ Hz \rightarrow T = \frac{1}{370\ Hz} = 0{,}0027\ s$$

$$\lambda = \frac{340\frac{m}{\cancel{s}}}{440\ \cancel{s^{-1}}} = 0{,}92\ m$$

Página 44. Ejercicio 7. En un lago, las ondas del agua viajan 6,4 m en 1,9 s. El período de oscilación es de 1,7 s. Calcula: a) ¿Cuál es la velocidad de las ondas? b) ¿Cuál es la longitud de onda?

$$a)\ V = \frac{6{,}4\ m}{1{,}9\ s} = 3{,}37\frac{m}{s}$$

$$b)\ Si\ T = 1{,}75 \rightarrow f = \frac{1}{T} = 0{,}58\ Hz\ o\ 0{,}58\ .\ s^{-1}$$

$$\lambda = \frac{1520\frac{m}{\cancel{s}}}{0{,}58\ \cancel{s^{-1}}} = 2620{,}7\ m$$

Página 44. Ejercicio 8. Un edificio, ubicado en La Paz (Bolivia) se mece con un período aproximado de 5 s. ¿Cuál es la frecuencia de la vibración?

$$T = 5\ s \rightarrow f = \frac{1}{5\ s} = 0{,}2\ Hz$$

Página 44. Ejercicio 9. La velocidad del sonido en el agua es de 1 500 m/s. Se envía una señal de sonar desde un barco a un punto que se encuentra debajo de la superficie del agua y 3,1 s más tarde se detecta la señal reflejada. ¿Cuál es la profundidad en ese punto?

$$V = 1500\frac{m}{s}; 2T = 3{,}1\ s \rightarrow T = 1{,}55\ s; L = ?$$

$$L = V.T = 1500\frac{m}{\cancel{s}}.1{,}55\ \cancel{s} = 2325\ m$$

Página 45. Ejercicio 11. Daniel escucha el sonido de un trueno 3,5 s luego de ver el relámpago. ¿A qué distancia se encuentra Daniel de donde se produce el fenómeno?

$$T = 3{,}5\ s\ ; V = 340\frac{m}{s}$$

$$L = V.T \rightarrow 340\frac{m}{\cancel{s}}.3{,}5\ \cancel{s} = 1190\ m$$

Página 45. Ejercicio 12. Se detona un proyectil en un valle formado por paredes verticales. El eco producido por una pared se escucha 1,9 s luego de la detonación. El eco de la otra pared se oye 2,1 s luego del primer eco. ¿Cuál es el ancho del valle?

$$Por\ ser\ eco\ 2T = 1{,}9\ s\ \rightarrow T = 0{,}95\ s$$

$$2T = 2{,}1\ s \rightarrow T = 1{,}05\ s$$

$$El\ ancho\ del\ valle\ será\ la\ suma\ de\ las\ dos\ longitudes$$

$$L = V.T \rightarrow L_1 = 340\frac{m}{\cancel{s}}.0{,}95\ \cancel{s} = 323\ m$$

$$L_2 = 340\frac{m}{\cancel{s}}.1{,}05\ \cancel{s} = 357\ m$$

$$Ancho\ del\ valle: L_1 + L_2 = 323\ m + 357\ m = 680\ m$$

Página 45. Ejercicio 13. Si María aplaude y escucha el eco producido por un muro 0,3 s después, ¿a qué distancia está el muro?

$$2T = 0{,}3\ s \rightarrow T = 0{,}15\ s$$

$$L = V.T \rightarrow L = 340\frac{m}{\cancel{s}}.0{,}15\ \cancel{s} = 51\ m$$

Página 45. Ejercicio 14. Julia grita en un cañón y escucha el eco de su voz 3,8 s después. ¿Qué ancho tiene el cañón?

$$2T = 3{,}8\ s \rightarrow T = 1{,}9\ s$$

$$L = V.T \rightarrow L = 340\frac{m}{\cancel{s}}.1{,}9\ \cancel{s} = 612\ m$$

Página 45. Ejercicio 15. Un murciélago determina la distancia a la cual se encuentra un árbol por medio del envío de una onda de sonido (ecolocalización). ¿Qué tiempo tarda la onda de sonido para regresar al animal si el árbol está a 3 m?

$$T = \frac{L}{V} \rightarrow T = \frac{3\ m}{340\frac{m}{s}} \rightarrow T = 0{,}009\ s;$$

$$pero\ como\ el\ sonido\ va\ y\ vuelve\ en\ este\ caso, también\ el\ tiempo\ se\ duplica. Entonces:$$

$$T = 2\ .0{,}009\ s = 0{,}018\ s$$

Página 45. Ejercicio 16. Si la longitud de onda de un sonido de 2,2 x 102 Hz en cierto líquido es de 2,8 m, ¿cuál es la velocidad del sonido en dicho líquido?

$V = x.f$

$V = 2{,}2\,.\,10^{2}.\,5^{-1}.\,2{,}8\,m \rightarrow V = 616\frac{m}{s}$

CAPÍTULO 3: LA ENERGÍA

CONTENIDOS

- La energía: Transferencia y conservación de energía. Combustibles.
- Fuentes de energía: Energías no renovables. Energías renovables.
- La energía mecánica: Energía cinética. Energía potencial gravitatoria. Energía potencial elástica.
- La energía térmica. Cantidad de calor. Dilatación.

OBJETIVOS

- Enumerar las características de un buen combustible.
- Diferencias entre fuentes renovables y no renovables de energía.
- Describir las ventajas y desventajas del uso de la energía del petróleo, del gas, del carbón y nuclear.
- Describir las ventajas y desventajas del uso de la energía solar, hidroeléctrica, eólica, mareomotriz, bioenergía y de la leña.
- Mencionar las acciones a realizar para cuidar la energía y el medioambiente.
- Diferenciar entre energía cinética y energía potencial gravitatoria y potencial elástica.
- Explicar los conceptos de calor, temperatura y cantidad de calor.
- Describir el proceso de dilatación y sus diferentes tipos.
- Tomar conciencia sobre nuestra responsabilidad como mayordomos de Dios en el cuidado de los recursos naturales.

SUGERENCIAS PARA EL DOCENTE

Transformación de la energía. Necesitarás una botella plástica, tijeras, cinta adhesiva, dos pelotas saltarinas pequeñas, pero una más grande que la otra. Corta una parte de la botella y haz un tubo de diámetro igual al de la pelota más grande. Si es necesario, utiliza la cinta adhesiva. Coloca la pelota en la boca del tubo, toma la pelota más pequeña y arrójala hacia el suelo desde una altura que te parezca mejor y observa el rebote. Ahora coloca la misma pelotita dentro del tubo con la otra pelota y arrójalo en posición vertical desde la misma altura y vuelve a observar el rebote. Analiza y explica lo sucedido.

Horno solar casero. Ayuda a tus alumnos a construir y utilizar un pequeño horno solar para cocinar, teniendo en cuenta todos los fenómenos intervinientes. Visita este enlace para las instrucciones.

Represa hidroeléctrica. Propón a tus alumnos la construcción de pequeñas represas, construyendo sus propias bobinas o con generadores de autos a control remoto y luces led. Visita el enlace.

Energía térmica. Visita el enlace.

Energía potencial elástica. Visita el enlace.

SOLUCIONARIO

Página 77. Ejercicio 1. Analiza y resuelve con un compañero: Un cuerpo empuja un resorte y lo comprime 10 cm cuando se le aplica una fuerza de 25 N. ¿Cuál es la *Epe* en la posición del resorte?

$\Delta x = 10\ cm = 0{,}1\ m$

$\mathrm{Fe} = 25\ \mathrm{N}; Epe = ?$

Primero, calcular K:

$$\mathrm{K} = \frac{Fe}{\Delta x} \rightarrow K = \frac{25\ N}{0{,}1\ m} \rightarrow K = 250\frac{N}{m}$$

$$\mathrm{Epe} = \frac{250\frac{N}{m}.(0{,}1\ m)^2}{2} \rightarrow Epe = 1{,}25\ J$$

Página 77. Ejercicio 2. Resuelve las siguientes situaciones problemáticas: a) En una montaña rusa, la altura máxima a la que asciende un carrito es de 50 m. Si el carrito pesa 7500 N, ¿cuál es la energía potencial que tiene en dicha altura? b) Una fuerza de 350 N estira cierto resorte una distancia de 0,75 m. ¿Qué energía potencial tiene el resorte cuando una masa de 80 kg cuelga verticalmente de él? c) Calcula la energía cinética de un proyectil de 150 g cuya velocidad es de 420 m/s.

a) $\mathrm{h} = 50\ \mathrm{m}$

$\mathrm{P} = 7500\ \mathrm{N}$

$\mathrm{Ep} = ?$

$\mathrm{Ep} = \mathrm{P.h} \rightarrow Ep = 7500\ N.50\ m = 375000\ J$

b) $\mathrm{Fe} = 350\ \mathrm{N};\ \Delta\mathrm{x} = 0{,}75\ \mathrm{m}; \mathrm{K} = ?; \mathrm{Epe} = ?$

$$\mathrm{K} = \frac{\mathrm{Fe}}{\Delta x} \rightarrow K = \frac{350\ N}{0{,}75\ m} \rightarrow K = 466{,}7\frac{N}{m}$$

$$\mathrm{Epe} = \frac{466{,}7\frac{N}{m}.(0{,}75\ m)^2}{2} \rightarrow Epe = 131{,}26\ J$$

c) $\mathrm{m} = 150\ \mathrm{g}; \mathrm{V} = 420\frac{m}{s}; m = 0{,}15\ kg$

$$\mathrm{Ec} = \frac{0{,}15\ kg.(420\frac{m}{s})^2}{2} \rightarrow Ec = 13230\ J\ o\ 13{,}23\ KJ$$

Página 77. Ejercicio 3. Resuelve las siguientes situaciones problemáticas en tu cuaderno:

a) Un resorte de constante elástica k = 400 N/m se estira y adquiere una energía de 35 J. ¿Cuál es su elongación?

$$\mathrm{K} = 400\frac{N}{m}; Epe = 35\ J \rightarrow 35\ J = 35\ N.m;\ \Delta x = ?$$

$$\mathrm{Epe} = \frac{K.\Delta x^2}{2} \rightarrow \Delta x = \sqrt{\frac{2.Epe}{K}}$$

$$\Delta x = \sqrt{\frac{2\ .35J}{400\frac{N}{m}}} \rightarrow \Delta x = 0{,}42\ m$$

b) ¿Qué *Ep* posee un ascensor de 1 050 kg a 180 m de altura en un edificio? La *Ep* en el suelo es 0.

$Epg = P.h \rightarrow Epg = 10290\ N.180\ m = 1852{,}2\ J$

$P = 1050\ kg\ .9{,}8\frac{m}{s^2} = 1090\ N$

c) Si un atleta corre a 18 km/h (5 m/s) y su masa es de 65 kg, ¿cuál es su energía cinética?

$Ec = \frac{m\ .v^2}{2} \rightarrow Ec = \frac{65\ kg.(5\frac{m}{s})^2}{2} = 812{,}5\ J$

d) Calcula la energía mecánica de un atleta que realiza salto en largo, cuya masa es de 70 kg, cuando está en el aire a 1,7 metros sobre el suelo y con una velocidad de 10 m/s.

$Em = Ec + Ep$

$Ec = \frac{70\ kg.(10\frac{m}{s})^2}{2} = 3500\ J$

$Si\ m = 70\ kg \rightarrow P = 70\ kg\ .9{,}8\frac{m}{s^2} = 686\ N$

$Ep = 686\ N\ .1{,}7\ m = 1166{,}2\ J$

$Em = 3500\ J\ .1166{,}2\ J = 4666{,}2\ J$

e) Un avión vuela a 900 km/h a una altura de 4,8 km sobre el suelo. Si su masa es de 2800 kg, ¿cuál será su energía mecánica total?

$m = 2800\ kg \rightarrow P = 27440\ N$

$V = 900\ \frac{km}{h} = 250\frac{m}{s}$

$Ec = \frac{2800\ kg\ .\ (250\frac{m}{s})^2}{2} = 87500\ KJ$

$Epg = 27440\ N\ .4800\ m = 131712\ KJ$

$Em = 87500\ KJ + 131712\ KJ = 219212\ KJ$

f) ¿Cuál es la *Ep* de una esfera de 1,5 kg de masa situada a una altura de 305 m sobre el suelo?

$Epg = P\ .h$

$m = 1{,}5\ kg \rightarrow P = 14{,}7\ N$

$Epg = 14{,}7\ N\ .305\ m = 4483{,}5\ J$

i) Calcula la energía mecánica que tendrá uno de los carritos de una montaña rusa a 12 m de altura sobre el suelo, si se mueve con una velocidad de 4,5 m/s y su masa es de 530 kg.

$h = 12\ m$

$V = 4{,}5\frac{m}{s}$

$m = 530\ kg \rightarrow P = 5194\ N$

$Ec = \frac{530\ kg\ .(4{,}5\frac{m}{s})^2}{2} = 5366{,}25\ J$

$Epg = 5194\ N\ .12\ m = 62328\ J$

$Em = 62328\ J + 5366{,}25\ J = 67694{,}25\ J$

Página 81. Ejercicio 1. Calcula la masa de mercurio que pasó de 21 °C a 95 °C y absorbió 8200 cal.

$Recordar: K = ºC + 273; 1Cal = 4{,}18\ J$

$T_i = 21ºC = 294\ K$

$T_f = 95ºC = 368\ K$

$$Q = m\,.\,Ce\,.\,\Delta T \rightarrow m = \frac{Q}{Ce\,.\,\Delta T}$$

$Q = 8200\ Cal = 34276\ J$

$\Delta T = T_f - T_i = 74ºC = 347\ K$

$m = ?$

$Ce\ mercurio = 138\ J\,.\,kg^{-1}\,.\,K^{-1}$

$$m = \frac{34276\ \cancel{J}}{138\ \cancel{J}\,.\,kg^{\cancel{-1}}\,.\,\cancel{K^{-1}}\,.\,347\ \cancel{K}} = 0{,}72\ kg$$

Página 81. Ejercicio 2. Una masa de 50 g de cinc está a 130 °C y absorbió 2, 7 kcal. ¿Cuál es la temperatura final?

$m = 50\ g = 0{,}05\ kg$

$T_i = 130ºC = 403\ K$

$Q = 2{,}7\ Kcal = 11286\ J$

$Ce\ cinc = se\ puede\ utilizar\ el\ del\ bronce, porque\ son\ prácticamente\ iguales\ (375\ J\,.\,kg^{-1}.K^{-1})$

$$T_f = \frac{Q}{m\,.\,Ce} + T_i$$

$$T_f = \frac{11286\ \cancel{J}}{0{,}05\ \cancel{kg}\,.\,375\ \cancel{J}.\ \cancel{kg^{-1}}\,.\,\cancel{K^{-1}}} + 403\ K = 1004{,}92\ K$$

Página 81. Ejercicio 3. Determina la cantidad de calor absorbida por una masa de 18 g de aire al pasar de 80 °C a 170 °C.

$m = 18\ g = 0{,}018\ kg$

$T_i = 80ºC = 353\ K$

$T_f = 170ºC = 443\ K$

$\Delta T = 90\ K$

$Q = ?$

$Ce = 1000\ J\,.\,kg^{-1}\,.\,K^{-1}$

$Q = 0{,}018\ kg\,.\,1000\ J\,.\,kg^{-1}\,.\,K^{-1}$

Página 81. Ejercicio 4. ¿Qué cantidad de calor absorbió una masa de 4 g de cinc al pasar de 20 °C a 180 °C?

$m = 4\ g = 0{,}004\ kg$ $\qquad Q = 0{,}004\ \cancel{kg}\,.\,375\ J\,.\,\cancel{kg^{-1}}\,.\,\cancel{K^{-1}}\,.\,260\ \cancel{K} = 390\ J$

$T_i = 20ºC = 293\ K$

$T_f = 180ºC = 453\ K$

$\Delta T = 260\ K$

$Ce = 375\ J\,.\,kg^{-1}\,.\,K^{-1}$

Página 81. Ejercicio 5. Una masa de plomo de 630 g absorbió 2750 cal. Calcula la variación de temperatura que sufrió.

$m = 630\ g = 0{,}063\ kg$

$Q = \ 2750\ cal = 11495\ J$

$Ce = 130\ J\ .\ kg^{-1}\ .\ K^{-1}$

$\Delta T = ?$

$$\Delta T = \frac{Q}{m\ .\ Ce}$$

$$\Delta T = \frac{11495\ \cancel{J}}{0{,}063\ \cancel{kg}\ .\ \ 130\ \cancel{J}\ .\ \cancel{kg^{-1}}\ .\ K^{-1}} = 140{,}35\ K$$

Página 81. Ejercicio 6. Calcula la variación de temperatura sufrida por una masa de plomo de 920 g, si ha absorbido 2450 cal.

$m = 920\ g = 0{,}92\ kg$

$Ce = 130\ J\ .\ kg^{-1}\ .\ K^{-1}$

$Q = \ 2450\ cal = 10241\ J$

$\Delta T = ?$

$$\Delta T = \frac{10241\ \cancel{J}}{0{,}92\ \cancel{kg}\ .\ \ 130\ \cancel{J}\ .\ \cancel{kg^{-1}}\ .\ K^{-1}} = 85{,}63\ K$$

BIBLIOGRAFÍA

BALBIANO, A. y otros. (2016). *Física y Química 3*. Buenos Aires: Santillana.

BOSACK, A. y otros. (2001). *Físico-Química activa. Polimodal*. Buenos Aires: Puerto de Palos.

CALDERÓN, S. E. y CODNER, G. (2001). *Física Activa. Polimodal*. Buenos Aires: Puerto de Palos.

CARRERAS, N. y otros. (2001). *Ciencias naturales activa 8*. Buenos Aires: Puerto de Palos.

_____. (2001). *Ciencias naturales activa 9*. Buenos Aires: Puerto de Palos.

Curso de introducción a las Ciencias Físicas. (1967). Madrid: Reverté.

DEPAU, C. y otros. (1985). *Elementos de física y química*. Buenos Aires: Plus Ultra.

_____. (1988). *Física 5*. Buenos Aires: Plus Ultra.

ESPINOZA, A. M. (coord.) y otros. (2003). *Ciencias naturales 8*. Buenos Aires: Longseller.

_____. (2003). *Ciencias naturales 9*. Buenos Aires: Longseller.

GRÜNFELD, V. (1991). *El caballo esférico. Temas de física en biología y medicina*. Buenos Aires: Lugar Científico.

MAIZTEGUI, A. y SÁBATO, J. (1972). *Física II*. Buenos Aires: Kapelusz.

_____. (1979). *Física I*. Buenos Aires: Kapelusz.

_____. (1980). *Elementos de física y química*. Buenos Aires: Kapelusz.

MIGUEL, C. (1988). *Elementos de física y química*. Buenos Aires: El Ateneo.

REYNOSO, L. (1998). *Física. EGB3*. Buenos Aires: Plus Ultra.

SCHIMPF, S. (2005). *Ciencias naturales I: Física*. Libertador San Martín: UAP.

VILLEGAS, M. y RAMÍREZ, R. (1991). *Investiguemos 1. Física*. Bogotá: Voluntad.

_____. (1991). *Investiguemos 2. Física*. Bogotá: Voluntad.

El mundo de la física. (1996). Barcelona, España: Océano Grupo Editorial.