

Nivel	<h1>Ondas electromagnéticas</h1>	
Secundario		
Tiempo necesario	Resumen de la lección	
175 min (3.5 periodos de 50 min de clase)	En esta lección, los estudiantes aprenderán cómo se crean las ondas electromagnéticas. También participarán en cuatro estaciones de aprendizaje que les ayudarán a entender de mejor manera la creación y las propiedades de estas ondas. Por último, crearán un modelo en 3D de una onda electromagnética que usarán como herramienta de aprendizaje.	
Objetivos generales		
<p>Norma NGSS:</p> <p>HS-PS4-3. Evaluar los postulados, la evidencia y el razonamiento detrás de la idea de que la radiación electromagnética puede describirse por medio de un modelo de ondas o uno de partículas y que, en algunas circunstancias, uno de los modelos es más útil que el otro.</p> <p>HS-PS4-1. Uso de representaciones matemáticas para sustentar una afirmación sobre las relaciones entre la frecuencia, la longitud y la velocidad de ondas que se desplazan en distintos medios.</p> <p>PS4.B. La radiación electromagnética (radio, microondas, luz) puede modelarse como una onda de campos eléctricos y magnéticos cambiantes o como partículas llamadas fotones.</p>		
Vocabulario	Objetivos específicos	
fotón campo eléctrico campo magnético inducción electroimán	<ul style="list-style-type: none"> ● Los estudiantes entenderán las bases de los modelos de ondas y partículas de las ondas electromagnéticas. ● Los estudiantes serán capaces de describir la relación entre los campos magnéticos y eléctricos que componen una onda electromagnética. ● Los estudiantes calcularán las propiedades de onda mediante la ecuación de onda. ● Los estudiantes crearán un modelo en 3D de una onda electromagnética que usarán para explicar la propagación de estas ondas. 	

Materiales

- Actividad con electroimán: alambre magneto calibre 28, 30 o 32, portapilas tipo D, pilas tipo D, clavos de hierro, clips para papel y papel lija.
- Actividad de inducción electromagnética: alambre magneto calibre 24 o 26, galvanómetro, una barra magnética y papel lija.
- Actividad de modelado electromagnético: fichas bibliográficas, limpiapipas, cinta adhesiva, cartón, tijeras y cartulina (estos artículos no van incluidos en el kit).

Prerrequisitos

Los estudiantes deben ser capaces de distinguir las partes de una onda transversal.

Consideraciones de seguridad

Hay un riesgo de electrocución durante la estación electromagnética si los estudiantes no siguen las instrucciones. Los estudiantes deben conectar los alambres al portapilas ANTES de poner la pila.

Ritmo de la lección

Esta lección se imparte en tres clases y media de 50 minutos cada una.

Día 1. Examen introductorio, introducción a un tipo diferente de onda, presentación de los dos campos, explicación de las expectativas de las estaciones, los estudiantes llevan a cabo la primera estación.

Día 2. Los estudiantes llevan a cabo dos estaciones.

Día 3. Los estudiantes llevan a cabo la última estación, discusión con toda la clase, instrucción directa.

Día 4 (1/2 del periodo de clase). Los estudiantes crean un modelo de onda electromagnética y lo enseñan a los demás.

Antes de la lección

Comprueba que tu computadora ejecute las simulaciones de PhET para cargas y campos la semana anterior a impartir esta lección. Si tu área de informática las tiene bloqueadas, habla con la persona responsable de tu establecimiento y solicita su desbloqueo. Como alternativa, puedes descargar el programa en tu computadora personal y transferirla a tu computadora del establecimiento por medio de un disco duro externo.

Corta varios fragmentos de alambre de cobre de distintos largos y descubre los extremos antes de iniciar la actividad de las estaciones de aprendizaje. Como alternativa, puedes permitir que los estudiantes lo hagan durante la clase. Sin embargo, puede que se pierda material y que la actividad demore más.

Evaluaciones	Lecciones en el salón de clases
Evaluaciones antes de la actividad	Introducción
<p>Los estudiantes pueden responder este examen en papel o puedes usar un medio electrónico como LMS, Kahoot o Quizlet.</p> <p>Después de corregir los exámenes, repasa aquellos conceptos que resultaron más difíciles de entender para los estudiantes.</p>	<p>Empieza por buscar que los estudiantes demuestren lo que saben acerca de los componentes de una onda mediante un breve examen.</p> <p>Hemos diseñado un examen para ti, pero puedes modificarlo para que se adapte a las necesidades de tus estudiantes.</p>
Evaluaciones integradas en la actividad	Actividades
<p>Esta actividad demostrará la experiencia personal de los estudiantes con las ondas electromagnéticas.</p>	<p>1. Introducción a un tipo diferente de onda</p> <p>Haz una encuesta con las siguientes preguntas pidiendo ponerse de pie o quedarse en el asiento. Si un estudiante tiene experiencia con algo, se pone de pie. De lo contrario, permanece sentado.</p> <p>Pregunta: ¿Les han hecho una radiografía? Permite que los estudiantes compartan sus experiencias durante un par de minutos.</p> <p>Pregunta: ¿Han escuchado la radio en FM?</p> <p>Pregunta: ¿Han escuchado la radio en AM?</p> <p>Pregunta: ¿Han usado un horno de microondas?</p> <p>Pregunta: ¿Han tenido una quemadura solar?</p> <p>Pregunta: ¿Han visto el césped verde?</p> <p>Comenta: Si se han puesto de pie con algunas de estas cosas, es porque experimentaron las ondas electromagnéticas.</p> <p>2. Presenta los dos campos</p> <p>Comenta: Todos esos sucesos dependen de una clase distinta de onda: una onda electromagnética. Esta onda difiere de las ondas mecánicas de las que hemos hablado, pero también es similar en algunos sentidos.</p> <p>Comenta: En primer lugar, esta onda se compone de dos campos. Estos campos no son como aquellos donde se cultiva (mostrar una imagen) sino que son campos de energía eléctrica y fuerza magnética.</p>



Durante esta actividad, recorre el salón lo más que puedas para observar a los estudiantes mientras trabajan.

¿Están todos los estudiantes participando en la actividad? Si no es así, pregunta por qué e intenta motivarlos a participar.

Pon mucha atención a los motivos que dan. Es posible que hagan predicciones correctas pero que su razonamiento tenga fallas. Si es el caso, haz preguntas que guíen a los estudiantes hacia un razonamiento correcto.

Permite que distintos estudiantes compartan sus experiencias con la clase cada vez. Esta técnica permitirá que más estudiantes se involucren activamente

Visita <https://phet.colorado.edu/es/simulation/charges-and-fields> (último acceso, 02/08/2023)

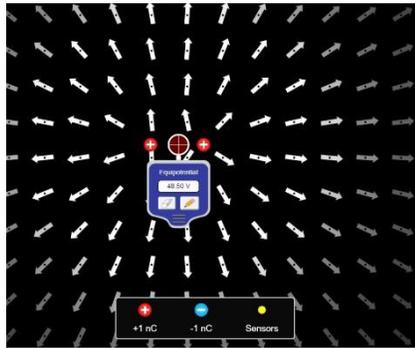
Nota: si no puedes proyectar esta simulación, busca las alternativas que aparecen en el apartado de adaptaciones.

Cuando se abra la simulación, proyecta tu pantalla sobre el pizarrón que los estudiantes puedan verla.

- Pon una carga positiva individual en la mitad del campo negro. Las flechas que apuntan hacia fuera de esta carga representan el campo eléctrico.
- **Comenta:** Esta simulación presenta un campo eléctrico compuesto de una carga positiva individual.
- Señala a los estudiantes que el campo viaja en todas direcciones desde la carga. (Si las flechas apuntan hacia ángulos extraños, se debe a la posición de la carga en la cuadrícula de simulación. Si deseas ver las flechas tal como las presenta el diagrama de un libro de texto, activa la cuadrícula y pon la carga donde se cruzan las líneas horizontales y verticales más oscuras).
- Haz que los estudiantes dibujen lo que ven en una hoja. Pide a los estudiantes que escriban una explicación debajo del dibujo.
- **Pregunta:** ¿Cómo se vería el campo eléctrico si usara una carga negativa?
 - Haz que los estudiantes compartan sus respuestas con su colega.
- Retira la carga positiva y arrastra una carga negativa hacia el campo negro.
- **Pregunta:** ¿Quién predijo este resultado?
 - Permite que los estudiantes compartan el razonamiento de sus opciones. Entonces, pídeles que dibujen en un papel lo que ven.
- **Pregunta:** ¿Qué creen que pasará si agrego otra carga negativa?
 - Pide a los estudiantes que dibujen lo que creen que pasará debajo de su primer dibujo.
- Agrega una segunda carga negativa cerca de la primera.
 - **Pregunta:** ¿Cuántos de ustedes predijeron este cambio?
 - Permite que los estudiantes compartan el razonamiento tanto de esta predicción como de otra que hayan hecho.
 - Habla sobre la manera en que la segunda carga afectó el campo creado por la carga inicial.
 - Pide a los estudiantes que dibujen lo que se muestra en la pantalla. Pídeles escribir una explicación debajo del dibujo.
- Selecciona el voltímetro y ponlo entre ambas cargas. El número en pantalla es el voltaje producido por la combinación de esas cargas.



en la actividad. Así, también podrás verificar la comprensión de una proporción mayor de la clase.



- **Pregunta:** ¿Creen que el número cambiará si muevo el voltímetro?
 - Permite que los estudiantes den una respuesta verbal o con un gesto de la cabeza.
- **Pregunta:** ¿En qué sentido? ¿Creen que el número aumentará o disminuirá?
 - Haz que los estudiantes compartan sus respuestas con la persona que se sienta a su lado.
- Ahora, aleja el voltímetro de las cargas.
- **Pregunta:** ¿Quién predijo lo que pasaría?
 - Permite que los estudiantes compartan las razones de sus opciones. Luego, discute la lógica que usaron los estudiantes para hacer una predicción incorrecta y ayúdales a entender por qué sucedió.
- Quita una carga negativa y el voltímetro del campo negro.
- **Pregunta:** ¿Qué pasará al campo eléctrico si pongo una carga positiva justo a la izquierda de la carga negativa?
 - Haz que los estudiantes compartan sus predicciones con la persona a su lado.
- Pon la carga positiva en el campo.
- **Pregunta:** ¿Quién predijo lo que pasaría?
 - Permite que los estudiantes compartan sus razones. Entonces, pídeles que dibujen en un papel lo que ven y escriban una descripción debajo.
 - **Comenta:** Esta simulación nos permite ver que los campos eléctricos se alejan de las partículas cargadas, lo que sucede con el voltaje al aumentar la distancia desde la partícula cargada y el efecto de las partículas con cargas opuestas sobre el campo eléctrico. Esta información será esencial para nuestro aprendizaje sobre ondas electromagnéticas. Ahora, hablemos de la segunda parte de estas ondas: el campo magnético.

Introducción al campo magnético

- **Pregunta:** ¿Cuántos de ustedes saben que los imanes tienen polos?

- **Permite que los estudiantes compartan sus experiencias con la clase.** Es probable que al menos un estudiante quiera decir que a veces los extremos de los imanes se pegan entre sí y otras veces se apartan uno del otro.
- **Comenta:** Esa observación es posible debido a que cada imán tiene un polo norte y un polo sur. Los polos opuestos se atraen y los polos iguales se repelen. Por eso, cuando intentas que dos polos idénticos se toquen, puedes sentir que los dos campos magnéticos se rechazan entre sí.
- Reparte la mayor cantidad de pares disponibles de barras magnéticas que puedas. Permite que los estudiantes experimenten el fenómeno por sí mismos. ***** Atención ***:** indica a los estudiantes que mantengan los imanes alejados de computadoras y teléfonos celulares, ya que el magnetismo puede dañar estos dispositivos. También diles que sujeten los imanes con firmeza al empujar para juntar los polos. Si los imanes son lo suficientemente potentes, pueden unirse con fuerza suficiente como para causar un pellizco doloroso.
- **Nota:** los estudiantes pueden preguntar si acaso pueden hacer lo mismo con imanes de refrigerador. Si bien estos imanes tienen polos, hay dos características que impiden estas interacciones. En primer lugar, son imanes relativamente débiles y, en segundo lugar, la dirección de los polos está orientada de manera que les impide atraer o repeler otros imanes.
- Mientras los estudiantes se reparten los imanes:
- **Comenta:** La Tierra es un imán gigante. El campo magnético alrededor de la Tierra habilita los sistemas de navegación. También protege a la Tierra de los vientos solares.
- **Alerta de spoiler:** es de esperar que los estudiantes pregunten cómo se crean estos campos magnéticos. Evita responder esta pregunta y diles que descubrirán esta información por sí mismos durante la actividad siguiente.
- Si tienes virutas de hierro, los estudiantes podrán ver las líneas del campo magnético en una actividad de extensión. Revisa los detalles en el apartado sobre actividades de extensión al final de este documento.



Recorre el salón mientras los estudiantes participan en las estaciones. Obsérvalos mientras trabajan.
¿Están todos participando activamente en las actividades de aprendizaje? Si no es así, acércate al estudiante y hazle preguntas sobre la estación en que está. Luego, haz los ajustes necesarios para que el estudiante se involucre en la lección.

Dadas las consideraciones de seguridad, presta especial atención a la estación de inducción electromagnética y de electroimán.

Pregunta: ¿Pueden decirme lo que están haciendo? ¿Por qué lo están haciendo?

Pregunta: ¿Qué han observado? ¿Cuál es su explicación de ello?

Para los grupos de matemáticas

Pregunta: ¿Cómo resolvieron ese problema?

Pregunta: ¿Hay algo que no entendieron de esta tarea?

Para los grupos de

3. Estaciones de aprendizaje

Los estudiantes deben trabajar en pares. Como grupo, deben pasar de una estación a la siguiente. Cada estación debe tener aproximadamente la misma duración.

- a. Distribuye las hojas de los estudiantes y repasa las instrucciones para cada estación. Luego, haz hincapié en los aspectos de seguridad de la estación de electroimán.
- b. Notas para el profesor en la estación de electroimán
Pon atención especial a los grupos en esta estación para tener certeza de que la pila no esté puesta en el portapilas cuando estén armando o desarmando el mecanismo. Los extremos expuestos de los alambres deben tocarse para que los estudiantes obtengan una corriente.
- c. Notas para el profesor en la estación de inducción
Recuerda a los estudiantes que los extremos de los cables deben estar descubiertos para obtener una lectura.

Pídeles cerciorarse de que la pinza esté en contacto con el metal del terminal. Pueden lograrlo poniendo la pinza en el agujero en la parte superior o aflojando la pieza plástica lo suficiente como para exponer el terminal metálico. Mira el video educativo si tienes dudas.

- d. Notas para el docente en la estación de matemáticas
En la carpeta de esta lección se incluye una guía de respuestas.
- e. Estación de lectura
Hay desacuerdo respecto de si la energía electromagnética se desplaza en forma de onda o partícula. Últimamente, hay una nueva teoría sobre la dualidad onda-partícula de este tipo de energía. Por ello, durante su paso por esta estación de lectura, los estudiantes deben leer la evidencia tanto sobre la naturaleza de onda como sobre la naturaleza de partícula de la energía electromagnética. Puede ser a partir de tu libro de texto o de la lectura proporcionada en la sección *Recursos para el docente* a continuación.

Tras leer las selecciones, los estudiantes deben escribir un ensayo argumentativo de una página que favorezca un modelo de ondas o uno de partículas. Dicho ensayo debe fundamentar su opción con evidencia proveniente de la lectura.



lectura

Pregunta: ¿De qué trataba lo que acaban de leer?

Pregunta: ¿Hay algo que no entendieran de lo que leyeron?

Mientras se desarrolla esta discusión, presta atención a los estudiantes que responden preguntas y los que escuchan.

¿Parecía que todos los estudiantes seguían la conversación? Si no fue así, pide a esos estudiantes que respondan una pregunta.

¿Las explicaciones de los estudiantes tenían sentido? Si los estudiantes no expresan el razonamiento correcto para fundamentar sus afirmaciones, haz una serie de preguntas para guiarlos hacia la evidencia correcta.

4. Discusión con toda la clase

Después de que los estudiantes hayan terminado con las estaciones de aprendizaje, examina el aprendizaje con ellos.

Pregunta: ¿Qué es lo más interesante que aprendieron con estas actividades?

Pregunta: ¿Les quedó alguna pregunta después de estas actividades?

Para las preguntas siguientes, pide a los estudiantes que expliquen sus respuestas si estas fueron muy escuetas. Además, permite que otros estudiantes complementen o cuestionen las respuestas de sus pares.

Pregunta: ¿Alguien puede describir lo que pasó durante la estación de electroimán? (Diles que te interesa el mecanismo que provocó el magnetismo).

Pregunta: ¿Qué hicieron para aumentar el magnetismo?
Ofrece a distintos grupos la posibilidad de responder.

Pregunta: ¿Alguien puede describir lo que pasó durante la estación de inducción? (Diles que te interesa el mecanismo).

Pregunta: ¿Cómo aumentaron el voltaje?
Ofrece a distintos grupos la posibilidad de responder.



Procura hacer pausas frecuentes durante este periodo para hacerles preguntas.

Una manera excelente de lograr la participación de los estudiantes durante la instrucción directa es detenerse y hacer que discutan sobre algo que acabas de decir con una persona de la clase.

Puedes recorrer el salón y escuchar las conversaciones mientras están en ello. Esta técnica te permite establecer si entendieron la información que compartiste.

Pregunta: ¿Cuál fue la parte más difícil de las matemáticas de onda? Procura que los estudiantes puedan superar estas dificultades y llevar a cabo la tarea. Dedicar tiempo a atender las preguntas e inquietudes de los estudiantes acerca de esta parte de la actividad de aprendizaje.

Pregunta: ¿Cuántos de ustedes apoyan la idea de que un campo electromagnético se desplaza en forma de ondas? Permite que uno o dos estudiantes expliquen por qué apoyan este modelo.

Pregunta: ¿Cuántos de ustedes apoyan la idea de que un campo electromagnético se desplaza en forma de partículas?

Permite que uno o dos estudiantes expliquen por qué apoyan este modelo.

Pregunta: ¿Alguien tiene otra opinión? Permite que los estudiantes compartan sus perspectivas sobre la forma en que se desplaza un campo electromagnético. Luego, pide que ofrezcan evidencia que respalde sus opiniones.

5. Instrucción directa sobre la creación y el movimiento de un campo electromagnético.

Presenta la información a tus estudiantes con el método que te resulte más cómodo. Incluye lo siguiente en tu lección:

Fuente de este campo: un campo eléctrico cambiante genera un campo magnético cambiante que, a su vez, genera un campo eléctrico cambiante. Este fenómeno continúa generando una onda que se aleja del punto inicial.

Una carga que oscila constantemente crea un campo eléctrico cambiante. Este campo cambiante puede generar un campo magnético cambiante.

Por otro lado, un campo magnético cambiante puede surgir a partir de una corriente en oscilación. Este campo, a su vez, puede generar un campo eléctrico.

Esta onda es similar a una onda física transversal, puesto que tiene una cresta, un valle, longitud de onda, amplitud y frecuencia. Por lo tanto, la ecuación de onda también es válida para estas ondas.

Esta onda difiere de las ondas físicas en que no necesita que exista un medio con partículas en las que la energía deba rebotar para desplazarse de un lugar a otro. Las ondas electromagnéticas pueden desplazarse en el vacío, donde lo único que se mueve son los campos eléctrico y magnético.

Los campos eléctrico y magnético se presentan en un ángulo de 90 grados entre sí (ver la hoja que tiene las imágenes que puedes usar en la lección).



Evaluaciones después de la actividad	Cierre
<p>Recorre el salón mientras los estudiantes crean sus modelos.</p> <p>Observa lo que hacen.</p> <p>Pregunta: ¿Cómo piensan hacer su modelo?</p> <p>Pregunta: ¿Por qué tomaron esa decisión?</p> <p>Pregunta: ¿Su modelo es realista? ¿Por qué sí o por qué no?</p> <p>Pregunta: Califiquen su modelo de 1 a 10, donde 1 no representa para nada una onda electromagnética y 10 la representa a la perfección. ¿Por qué calificaron su trabajo de esa manera?</p>	<p>Creación de un modelo de onda</p> <p>Para consolidar su conocimiento de las ondas electromagnéticas, los estudiantes deben terminar esta lección con la construcción de un modelo 3D de una onda electromagnética. Proporcionales los materiales indicados en la hoja para estudiantes y dales tiempo para crear una onda. Los estudiantes pueden construir modelos de distintas maneras, por lo que evita dar instrucciones específicas. Tendrán aproximadamente 20 minutos para crear los modelos.</p> <p>Cuando los estudiantes hayan terminado sus modelos, pídeles que expliquen la creación y el movimiento de una onda electromagnética a una persona de la clase. Deben usar el modelo como apoyo para su explicación. Los estudiantes deben sentirse motivados a hacer preguntas a sus pares si el modelo o la explicación no tiene sentido. Los estudiantes deben colaborar para desarrollar una comprensión cabal del fenómeno.</p>

Adaptaciones

Si no puedes usar la simulación PhET por falta de tecnología o acceso a Internet, puedes hacer un dibujo en el pizarrón. Revisa las instrucciones en la *Página de alternativa a la simulación PhET*.

Permite a los estudiantes con dominio limitado del inglés (ELL) usar software de traducción durante las actividades. Así, podrán entender lo que esperas de ellos en cuanto a logros.

Sigue todos los programas de educación individualizada (IEP). Haz las modificaciones necesarias a las actividades de aprendizaje.

Permite que los estudiantes ELL se integren en los grupos donde haya hablantes nativos. Esta interacción social les permitirá perfeccionar sus conocimientos.

Recursos para el docente

Lectura para la actividad de las estaciones

Teoría de ondas

<https://www.olympus-lifescience.com/es/microscope-resource/primer/java/doubleslitwavefronts/>
(último acceso, 07/08/2023)

Teoría de partículas

<https://openstax.org/books/physics/pages/21-2-einstein-and-the-photoelectric-effect> (disponible solo en inglés; último acceso, 07/08/2023)

Antecedentes

Puedes aprender sobre ondas electromagnéticas visitando estas páginas web.

<https://www.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/v/electromagnetic-waves-and-the-electromagnetic-spectrum> (disponible solo en inglés; último acceso, 07/08/2023)

<https://www.weather.gov/jetstream/electro> (disponible solo en inglés; último acceso, 07/08/2023)

https://scholar.harvard.edu/files/david-morin/files/waves_electromagnetic.pdf (disponible solo en inglés; último acceso, 07/08/2023)

Actividades optativas de extensión



Visualización de campos magnéticos con virutas de hierro

Pon una barra magnética sobre un trozo de papel blanco. Luego, esparce algunas virutas de hierro sobre la hoja. Sacude ligeramente el papel si las virutas no se alinean instantáneamente con las líneas del campo magnético.

Usa una cámara de documentos o haz que los estudiantes pasen por delante para ver el campo. Luego, pídeles dibujar en un papel lo que vieron.

Devuelve las virutas de hierro a su contenedor. Ahora coloca dos barras magnéticas sobre el trozo de papel. Los imanes deben formar una línea recta con sus polos opuestos enfrentados, pero mantenerse a suficiente distancia como para evitar que se muevan.

Repite el proceso de esparcir virutas de hierro alrededor de los imanes. Nuevamente, sacude ligeramente el papel si las virutas no se ordenan inmediatamente con las líneas del campo magnético.

Pide nuevamente a los estudiantes que dibujen lo que vieron tras observar la imagen proyectada o cuando pasaron por delante de ella.

Haz que los estudiantes predigan lo que le pasará al campo magnético si giras uno de los imanes hasta dejarlo perpendicular al otro imán.

Gira el imán y muestra el resultado a los estudiantes. Pídeles que dibujen lo que vieron y que escriban si su hipótesis estuvo correcta o incorrecta.

El siguiente artículo analiza el trabajo de un científico que buscaba volver invisibles a los objetos usando frecuencias electromagnéticas. Si bien la historia es interesante, estará por encima del nivel de lectura de muchos estudiantes. Por lo tanto, es recomendable que reescribas (o traduzcas) una parte para adaptarla a las necesidades de tus estudiantes.

<https://www.popularmechanics.com/technology/a10042/how-far-away-are-active-invisibility-cloaks-16466686/>
(disponible solo en inglés; último acceso, 07/08/2023)

Agradecimientos

Esta es la segunda de una serie de nueve lecciones que buscan ayudar a los estudiantes a mejorar su comprensión de las radiofrecuencias. Puedes usar solo esta lección, pero te recomendamos revisar las demás lecciones de esta serie si te interesa este tema.

Lección 1. Ondas mecánicas

Lección 2. Ondas electromagnéticas

Lección 3. Espectro electromagnético

Lección 4. Argumentación y ondas radiales

Lección 5. Investigación sobre usuarios del espectro



Lección 6. Aeronaves y la segunda ley del movimiento de Newton

Lección 7. Pronósticos del tiempo y ondas de radio

Lección 8. Satélites y sociedad

Lección 9. Administración del espectro

La creación de las lecciones de esta serie fue financiada por una generosa donación de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos (NSF). Las lecciones forman parte del proyecto de Zona Radiodinámica Nacional (NRDZ) del Observatorio Radioastronómico Nacional de Estados Unidos (NRAO).

