Guía docente: simulación de ondas

Ficha rápida

La simulación de ondas muestra cómo un foco hace vibrar una cuerda o un muelle y cómo la perturbación avanza por el medio. Distingue las ondas transversales de las longitudinales, mide en el propio dibujo la amplitud y la longitud de onda, y relaciona período, frecuencia y velocidad de propagación. Una partícula marcada deja ver que la onda transporta energía, pero no materia. Su uso principal es 4.º ESO; con la casilla «Bachillerato» sirve también para el movimiento ondulatorio de Física de 2.º de Bachillerato.

Dato	Detalle
Enlace	simulaciencia.es/simulaciones/ondas/
Cursos	4.º ESO y 2.º Bachillerato (Física)
Materia	Física y Química (4.º ESO) y Física (2.º Bachillerato)
Duración orientativa	15–20 minutos de explicación con la simulación proyectada
Material	Proyector o pizarra digital; funciona en navegador, también en móvil y tableta, sin instalar nada. En pantallas estrechas la simulación queda arriba y los controles debajo; para explicar es mejor una pantalla grande
Conocimientos previos	Para 4.º ESO, la velocidad como espacio entre tiempo y la energía cinética. Para 2.º Bachillerato, el movimiento armónico simple y la función seno
Accesibilidad	Tema oscuro, claro y de alto contraste (botón del engranaje). Velocidad de la simulación ×1, ×0,5 y ×0,25. Los cambios de modo y de nivel se leen en voz alta con lector de pantalla

Cómo funciona la simulación

La simulación tiene tres modos, «Transversal», «Longitudinal» y «Comparar», que se eligen arriba del panel izquierdo. Arriba del lienzo se ve el medio y, debajo, dos recuadros que cambian según el nivel. Los cambios en los deslizadores se ven al momento.

Modo	Qué se ve
Transversal	Una cuerda de 4 m con sus partículas. A la izquierda, un vibrador (el «foco») sube y baja el extremo. Las partículas se mueven arriba y abajo mientras la onda avanza hacia la derecha
Longitudinal	Un muelle dibujado como siete filas de partículas. Un pistón lo empuja y tira de él. Las partículas van y vienen en la dirección de propagación y forman zonas más juntas (compresiones, sombreadas en azul) y más separadas (enrarecimientos, en naranja)
Comparar	Las dos a la vez, con el mismo foco y el mismo medio: la cuerda arriba y el muelle abajo

Controles del panel, iguales en los tres modos:

- **Foco.** «Tipo de perturbación»: «Onda continua» o «Un pulso cada vez» (con el botón «〰 Emitir pulso»). «Amplitud (A)» de 0,05 a 0,30 m (empieza en 0,20 m) y «Frecuencia (f)» de 0,25 a 2,00 Hz (empieza en 1,00 Hz). Un cambio en el foco no cambia la onda que ya está en el medio: sale del foco y avanza, así que durante unos segundos conviven la onda antigua y la nueva.

- **Medio.** «Velocidad de propagación (v)» de 0,5 a 3,0 m/s (empieza en 1,50 m/s). Cambiarla es cambiar de medio, por ejemplo tensar la cuerda, y afecta a todo el medio a la vez.
- **Vista.** «Velocidad de la simulación» ×1, ×0,5 o ×0,25, y la casilla «Mostrar λ, A, crestas y valles». Pulsando una partícula del medio se marca como P.
- **Bachillerato.** La casilla «Ver la ecuación, las gráficas y la fase» cambia los recuadros de abajo y añade un segundo punto Q a una distancia Δx de P, con su deslizador (0 a 3 m) y los botones «Δx = λ/4», «Δx = λ/2» y «Δx = λ».

Arriba del lienzo están «⏸ Pausar» y «↺ Reiniciar». Reiniciar deja el medio en reposo y vuelve a lanzar la onda desde el foco, así se ve avanzar el frente (una línea discontinua amarilla con el rótulo «frente») hasta que llega al final del tramo.

Elementos del lienzo que sostienen la explicación:

- **Las cotas.** La longitud de onda se mide entre dos crestas consecutivas (o dos compresiones) y se rotula con su valor, por ejemplo «λ = 1,50 m». Una flecha roja marca la amplitud desde la línea de equilibrio hasta una cresta. En la cuerda se rotulan dos crestas y dos valles; en el muelle, dos compresiones y dos enrarecimientos.
- **La partícula P.** Va en rojo, con una línea discontinua que marca su recorrido (de −A a +A) y una flecha de «vibración». Siempre vuelve a su sitio.
- **ESO: «MAGNITUDES DE LA ONDA».** A, λ, T, f y v con sus unidades, y debajo las cuentas T = 1 / f, λ = v / f y la comprobación v = λ · f con los valores del momento.
- **ESO: «ENERGÍA, SÍ; MATERIA, NO».** Una barra con la energía que transporta la onda ($E \propto A^2 \cdot f^2$), expresada como un múltiplo de la de los valores iniciales («× 1,00» con A = 0,20 m y f = 1,00 Hz), y al lado lo que ha avanzado la onda frente a lo que se ha desplazado la partícula P.
- **Bachillerato: las gráficas.** «ELONGACIÓN – POSICIÓN», una foto de la onda en el instante actual con P, Q y la cota λ, y «ELONGACIÓN – TIEMPO DE P Y Q», los últimos 8 s de los dos puntos con la cota T.

El desplegable «Medidas de la onda» da A, f, T, λ, v y la energía relativa, con una frase que relaciona λ con v y f. En el nivel Bachillerato añade «Ecuación y fase»: la ecuación con números, por ejemplo «y(x, t) = 0,20 · sen(6,28 t − 4,19 x) (SI)», la pulsación, el número de onda, la velocidad máxima de vibración (A ω), la elongación y la velocidad de vibración de P en ese instante y el desfase Δφ = k Δx, con una frase que dice si P y Q están en fase, en oposición o cuánto se retrasa Q. «Fórmulas esenciales» reúne las relaciones de cada nivel y ejemplos de ondas transversales y longitudinales.

Uso en cada curso

En 4.º ESO la simulación trabaja las ondas como transporte de energía, los dos tipos de onda y las magnitudes que las describen. En 2.º de Bachillerato trabaja las gráficas de oscilación en función de la posición y del tiempo, la ecuación de onda, la diferencia entre velocidad de propagación y de vibración y la diferencia de fase. Los saberes y criterios citados son los del currículo LOMLOE de la Comunidad de Madrid.

4.º ESO: las ondas transportan energía

15–16 años · 10th grade en EE. UU. · Year 11 en Reino Unido

Saberes básicos. Bloque E: «Reconocimiento del transporte de energía mediante ondas mecánicas y electromagnéticas. La luz y el sonido como ondas que transfieren energía». Bloque A: «Uso del lenguaje

científico: manejo adecuado de distintos sistemas de unidades y sus símbolos. Utilización de herramientas matemáticas adecuadas en diferentes escenarios científicos y de aprendizaje».

Criterios de evaluación. 1.1 (comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas), 1.2 (resolver los problemas planteados mediante las leyes adecuadas, expresando los resultados con corrección), 2.2 (predecir respuestas que se puedan comprobar de forma experimental o deductiva) y 3.2 (utilizar adecuadamente las unidades y las herramientas matemáticas).

Objetivos. Explicar que una onda es una perturbación que transporta energía sin transportar materia. Distinguir ondas transversales y longitudinales y poner ejemplos. Identificar en un dibujo la amplitud, la longitud de onda, las crestas y los valles. Relacionar período, frecuencia, longitud de onda y velocidad con $T = 1 / f$ y $v = \lambda \cdot f$.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo «Transversal», tipo «Un pulso cada vez». Pulsar «〰 Emitir pulso» y marcar una partícula en el centro de la cuerda. Preguntar antes: ¿la partícula viajará con el pulso? El pulso pasa y la partícula sube, baja y vuelve a su sitio. Lo que viaja es la perturbación, y con ella la energía.
2. Pasar a «Onda continua» y pulsar «↺ Reiniciar». El frente avanza a 1,50 m/s y tarda unos 2,7 s en recorrer los 4 m. La fila «La partícula P se ha desplazado» marca valores entre −0,20 y +0,20 m, pero nunca avanza.
3. Leer las cotas: amplitud 0,20 m y longitud de onda 1,50 m, entre dos crestas. Contar con «×0,25» cuánto tarda P en hacer una oscilación completa: el período, 1,00 s. Con f = 1,00 Hz, una oscilación por segundo.
4. Subir la frecuencia a 2,00 Hz. El cambio sale del foco: la onda nueva, más apretada, avanza y empuja a la antigua. La cota pasa a $\lambda = 0{,}75$ m: al doble de frecuencia, la mitad de longitud de onda. Comprobar en el recuadro: $v = 0{,}75 \text{ m} \cdot 2{,}00 \text{ Hz} = 1{,}50$ m/s. La velocidad no ha cambiado porque el medio es el mismo.
5. Volver a 1,00 Hz y subir la velocidad a 3,0 m/s: $\lambda = 3{,}00$ m. Explicar que la velocidad depende del medio (una cuerda más tensa, el sonido en el aire o en el agua) y la frecuencia, del foco.
6. Energía: con A = 0,10 m la barra marca «× 0,25»; con A = 0,20 m, «× 1,00». Al doble de amplitud, cuatro veces más energía. Relacionarlo con un terremoto o con el volumen de un altavoz.
7. Modo «Longitudinal» y después «Comparar». Las partículas del muelle vibran en la misma dirección en que avanza la onda. Las crestas y valles de la cuerda se corresponden con compresiones y enrarecimientos del muelle, y la longitud de onda se mide igual, entre dos compresiones. Abrir «Fórmulas esenciales» y repasar los ejemplos: la luz es transversal; el sonido, longitudinal.

2.º Bachillerato (Física): movimiento ondulatorio

17–18 años · 12th grade en EE. UU. · Year 13 en Reino Unido

Saberes básicos. Bloque C, «Vibraciones y ondas»: «Movimiento ondulatorio: gráficas de oscilación en función de la posición y del tiempo, ecuación de onda que lo describe y relación con el movimiento armónico simple. Velocidad de propagación y de vibración. Diferencia de fase. Distintos tipos de movimientos ondulatorios en la naturaleza».

Criterios de evaluación. 1.2 (resolver problemas de manera experimental y analítica, utilizando principios, leyes y teorías de la física), 2.1 (analizar y comprender la evolución de los sistemas naturales utilizando modelos, leyes y teorías), 3.2 (utilizar con rigor las unidades y elaborar e interpretar gráficas que

relacionan variables físicas) y 5.2 (reproducir en laboratorios, reales o virtuales, procesos físicos modificando las variables que los condicionan).

Objetivos. Escribir la ecuación de una onda armónica a partir de A, f y v. Interpretar la gráfica y(x) como una foto de la onda y la gráfica y(t) como el movimiento armónico simple de un punto. Distinguir la velocidad de propagación de la velocidad de vibración. Calcular la diferencia de fase entre dos puntos y reconocer cuándo vibran en fase o en oposición.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Marcar la casilla «Ver la ecuación, las gráficas y la fase» con los valores iniciales (A = 0,20 m, f = 1,00 Hz, v = 1,50 m/s). Calcular en la pizarra $\omega = 2\pi f = 6{,}28$ rad/s, $\lambda = v / f = 1{,}50$ m y $k = 2\pi / \lambda = 4{,}19$ rad/m, y comprobarlo en «Ecuación y fase»: $y(x, t) = 0{,}20 \cdot \text{sen}(6{,}28\, t - 4{,}19\, x)$.
2. Comparar las dos gráficas. En «ELONGACIÓN – POSICIÓN» la distancia entre dos crestas es λ; en «ELONGACIÓN – TIEMPO» la distancia entre dos máximos de P es T. Cada punto del medio hace un movimiento armónico simple; la onda es ese movimiento repetido con retraso.
3. Velocidad de vibración: $A\,\omega = 1{,}26$ m/s, distinta de v = 1,50 m/s. Pausar y mirar «P ahora»: cuando P pasa por la posición de equilibrio su velocidad de vibración es máxima; en una cresta es cero. Subir la amplitud a 0,30 m: v no cambia, la velocidad máxima de vibración pasa a 1,88 m/s.
4. Diferencia de fase. Con $\Delta x = 0{,}75$ m (λ/2), $\Delta\varphi = 3{,}14$ rad y la frase dice «en oposición de fase»: en las dos gráficas P y Q van siempre al contrario. Pulsar «Δx = λ»: Δφ vuelve a 0 y las curvas se superponen. Con «Δx = λ/4», Q va un cuarto de período (0,25 s) por detrás de P.
5. Problema: ¿a qué distancia mínima están dos puntos en oposición si f = 2,00 Hz y v = 3,0 m/s? λ = 1,50 m y Δx = 0,75 m. Poner esos valores y comprobarlo con el botón «Δx = λ/2».
6. Modo «Longitudinal»: la gráfica pasa a llamarse «DESPLAZAMIENTO – POSICIÓN» y representa ξ, el desplazamiento a lo largo de la dirección de propagación. Las compresiones están donde ξ pasa por cero bajando. La misma ecuación describe los dos tipos de onda; lo que cambia es la dirección de la vibración.

Concepciones alternativas que ayuda a corregir

La simulación ataca sobre todo la idea de que la materia viaja con la onda y la confusión entre la velocidad de la onda y la de las partículas. Cada fila indica la idea previa frecuente y cómo desmontarla con la simulación.

Idea del alumnado	Idea correcta	Cómo mostrarlo
«Las partículas viajan con la onda»	Cada partícula oscila alrededor de su posición; viaja la perturbación y la energía	Marcar P y emitir un pulso: P sube, baja y vuelve a su sitio. La fila «La partícula P se ha desplazado» nunca supera A
«Si muevo el foco más rápido, la onda va más rápido»	La velocidad depende del medio; la frecuencia cambia la longitud de onda	Pasar de 1 a 2 Hz: v sigue en 1,50 m/s y λ baja de 1,50 a 0,75 m
«Una onda más alta va más rápido o es más larga»	La amplitud no cambia v ni λ; cambia la energía	Subir A de 0,10 a 0,30 m: λ y v iguales, la energía pasa de × 0,25 a × 2,25
«La velocidad de la onda y la de las partículas son la misma»	Son distintas: $v = \lambda f$; la vibración tiene velocidad máxima $A\,\omega$	Nivel Bachillerato: 1,50 m/s frente a 1,26 m/s, y la segunda cambia con A y la primera no

Idea del alumnado	Idea correcta	Cómo mostrarlo
«En una onda longitudinal no hay longitud de onda ni amplitud»	Tiene las mismas magnitudes: λ entre dos compresiones y A en la dirección de propagación	Modo «Comparar»: misma cota λ en la cuerda y en el muelle
«La gráfica y(x) es el camino que sigue una partícula»	y(x) es una foto de todo el medio; el movimiento de un punto es y(t)	Comparar las dos gráficas del nivel Bachillerato y mirar cómo se mueve P en el lienzo
«Si un cambio en el foco cambia toda la onda a la vez»	El cambio tarda en llegar a cada punto, porque viaja a la velocidad v	Cambiar la frecuencia con la onda en marcha: durante unos segundos conviven λ antigua y nueva

Simplificaciones que conviene conocer

La simulación prioriza que se vean con claridad las magnitudes de la onda. Para ello trata el medio como ideal y elige escalas que se puedan seguir con la vista. Conviene conocer estas licencias para no reforzar ideas incorrectas sin querer.

1. **Sin amortiguamiento ni reflexiones.** La onda no pierde energía al avanzar y el extremo derecho la absorbe por completo: no hay ondas reflejadas ni estacionarias. En una cuerda real la onda se atenúa y rebota en el extremo.
2. **Escalas de laboratorio lento.** Las frecuencias (0,25–2 Hz) y velocidades (0,5–3 m/s) se han elegido para seguir la onda con la vista. Son razonables para una cuerda o un muelle largos, pero el sonido en el aire va a unos 340 m/s y sus frecuencias audibles van de 20 a 20 000 Hz.
3. **Desplazamientos del muelle reducidos.** En el modo longitudinal, cuando A · k es grande, los desplazamientos se dibujan a escala reducida para que las partículas no se crucen, y el lienzo lo indica («Desplazamientos dibujados a escala × 0,72…»). Las cotas de λ siguen siendo exactas.
4. **La energía es relativa.** La barra usa $E \propto A^2 \cdot f^2$ y no da julios, porque la energía real depende también de la masa del medio y de la velocidad. La barra está en escala de raíz cuadrada para que se vean tanto × 0,25 como × 9 (el máximo, con A = 0,30 m y f = 2,00 Hz).
5. **Un cambio de velocidad afecta a todo el medio a la vez.** Representa cambiar de medio. En la realidad, una onda que pasa a otro medio cambia de velocidad y de longitud de onda solo a partir de la frontera.
6. **La ecuación solo describe la onda continua estacionaria.** Mientras conviven una onda antigua y otra nueva, o con pulsos sueltos, la ecuación del panel no describe todo el medio; la simulación lo avisa.
7. **No trata la naturaleza de la luz.** Las ondas electromagnéticas aparecen solo como ejemplo de onda transversal. La energía del fotón ($E = h f = h c / \lambda$), la dualidad onda-partícula y el efecto fotoeléctrico son de 2.º de Bachillerato y se trabajan con la simulación de espectros atómicos.

Ficha de actividades del alumnado

La ficha de actividades sigue el esquema predice, observa y explica. Cada actividad enlaza a la simulación ya preparada, así que funciona en el aula de informática, con tabletas o como tarea en casa. Se descarga en Word y LibreOffice para adaptarla.

Curso	Actividades	Duración orientativa
4.º ESO	Ficha completa salvo Para ampliar	Una sesión de 50–55 minutos, o dos si se hacen en clase los problemas

Curso	Actividades	Duración orientativa
2.º Bachillerato Física	Actividades 3 y 5 como repaso y Para ampliar	Una sesión

La tabla de «Antes de empezar» recoge cinco ideas previas sobre las ondas. Conviene no corregirla al principio: el alumnado vuelve a ella en «Revisa tus ideas». Al cambiar la frecuencia, la onda nueva tarda unos segundos en llenar la cuerda: conviene esperar a que llegue al final antes de leer λ en el dibujo.

Soluciones

Apartado	Solución
Antes de empezar	Todas falsas. a) Cada trozo de cuerda oscila y vuelve a su sitio (actividad 1). b) La velocidad depende del medio; al mover el foco más deprisa baja la longitud de onda (actividad 3). c) La amplitud no cambia la velocidad; cambia la energía (actividad 5). d) Tiene λ entre dos compresiones y amplitud a lo largo de la dirección de propagación (actividad 6). e) El agua sube y baja; lo que llega a la playa es la energía (actividad 1 y problema 4)
Actividad 1	P sube, baja y vuelve a su sitio; el desplazamiento nunca supera la amplitud. El pulso llega hasta el final de la cuerda. Viaja la perturbación y, con ella, la energía. Una onda es una perturbación que se propaga por un medio y transporta energía sin transportar materia
Actividad 2	A = 0,20 m (de la línea de equilibrio a una cresta); λ = 1,50 m (entre dos crestas); T = 1,00 s (una oscilación de P; con ×0,25 se ve en 4 s); f = 1,00 Hz; v = 1,50 m/s (el frente tarda unos 2,7 s en recorrer los 4 m). T = 1 / 1,00 = 1,00 s y v = 1,50 · 1,00 = 1,50 m/s. 1 Hz es una oscilación cada segundo
Actividad 3	0,50 Hz: T = 2,00 s, λ = 3,00 m. 1,00 Hz: T = 1,00 s, λ = 1,50 m. 2,00 Hz: T = 0,50 s, λ = 0,75 m. v = 1,50 m/s y λ · f = 1,50 m/s en los tres casos. La velocidad no cambia; a más frecuencia, menor longitud de onda. El cambio sale del foco y avanza a la velocidad de la onda, así que durante unos segundos conviven la onda antigua y la nueva
Actividad 4	λ = 1,00 m con 1,0 m/s, 1,50 m con 1,5 m/s y 3,00 m con 3,0 m/s. La frecuencia (y el período) la fija el foco; la velocidad, el medio; la longitud de onda depende de los dos. Ejemplos: el sonido al pasar del aire al agua va más rápido; la luz al pasar del aire al vidrio va más despacio; una ola que llega a aguas poco profundas
Actividad 5	v = 1,50 m/s en todos los casos. λ = 1,50 m con 1,00 Hz y 0,75 m con 2,00 Hz. Energía: × 0,25 con 0,10 m, × 1,00 con 0,20 m, × 2,25 con 0,30 m y × 4,00 con 2,00 Hz. La amplitud no cambia v ni λ: cambia la energía, que es proporcional a $A^2 \cdot f^2$. Al duplicar la amplitud, la energía se multiplica por cuatro: un altavoz más fuerte mueve más el aire; un terremoto de mayor amplitud destruye mucho más
Actividad 6	Cuerda: las partículas vibran arriba y abajo, perpendiculares al avance de la onda. Muelle: vibran adelante y atrás, en la misma dirección en que avanza la onda. Las crestas se corresponden con compresiones (partículas juntas) y los valles con enrarecimientos (separadas). λ = 1,50 m en los dos. Sonido: longitudinal. Luz: transversal. Cuerda de saltar: transversal. Muelle que se estira y se comprime: longitudinal
Aplica lo aprendido	1) T = 1 / 5 = 0,20 s; v = 0,40 · 5 = 2,0 m/s. 2) λ = 340 / 440 ≈ 0,77 m. 3) f = 10 / 20 s = 0,5 Hz; T = 2 s; v = 3 · 0,5 = 1,5 m/s. 4) La ola es una perturbación que transporta energía, no agua: el barco, como cada partícula de agua, sube y baja alrededor de su posición
Para ampliar	1) ω = 2π · 1 = 6,28 rad/s; λ = 1,50 m; k = 2π / 1,50 = 4,19 rad/m; y(x, t) = 0,20 · sen(6,28 t − 4,19 x) (SI). 2) A · ω = 0,20 · 6,28 = 1,26 m/s, distinta de v = 1,50 m/s. Con A = 0,30 m, A · ω = 1,88 m/s y v no cambia. 3) Δx = λ/2: Δφ = π rad = 3,14 rad, en oposición de fase, curvas opuestas. Δx = λ: Δφ = 2π (equivale a 0), en fase, curvas superpuestas

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. Guía publicada bajo licencia CC BY-SA 4.0: puedes adaptarla y compartirla citando la autoría y con la misma licencia. Versión actualizada y simulación en simulaciencia.es/guias/ondas/.