Guía docente: simulación de ondas

Ficha rápida

A simulación de ondas mostra como un foco fai vibrar unha corda ou un resorte e como a perturbación avanza polo medio. Distingue as ondas transversais das lonxitudinais, mide no propio debuxo a amplitude e a lonxitude de onda, e relaciona período, frecuencia e velocidade de propagación. Unha partícula marcada deixa ver que a onda transporta enerxía, pero non materia. En Galicia o seu uso principal é en 4.º de ESO; coa caixa «Bacharelato» serve tamén para o movemento ondulatorio de Física de 2.º de Bacharelato.

Dato	Detalle
Ligazón	simulaciencia.es/gl/simulacions/ondas/
Cursos	4.º de ESO e 2.º de Bacharelato (Física)
Materia	Física e Química (4.º de ESO) e Física (2.º de Bacharelato)
Duración orientativa	15–20 minutos de explicación coa simulación proxectada
Material	Proxector ou encerado dixital; funciona no navegador, tamén no móbil e na tableta, sen instalar nada. En pantallas estreitas a simulación queda arriba e os controis debaixo; para explicar é mellor unha pantalla grande
Coñecementos previos	Para 4.º de ESO, a velocidade como espazo entre tempo e a enerxía cinética. Para 2.º de Bacharelato, o movemento harmónico simple e a función seno
Accesibilidade	Tema escuro, claro e de alto contraste (botón da roda dentada). Velocidade da simulación ×1, ×0,5 e ×0,25. Os cambios de modo e de nivel lense en voz alta co lector de pantalla

Como funciona a simulación

A simulación ten tres modos, «Transversal», «Lonxitudinal» e «Comparar», que se escollen enriba do panel esquerdo. Na parte de arriba do lenzo vese o medio e, debaixo, dous recadros que cambian segundo o nivel. Os cambios nos controis deslizantes vense no momento.

Modo	Que se ve
Transversal	Unha corda de 4 m coas súas partículas. Á esquerda, un vibrador (o «foco») sobe e baixa o extremo. As partículas móvense arriba e abaixo mentres a onda avanza cara á dereita
Lonxitudinal	Un resorte debuxado como sete filas de partículas. Un pistón empúxao e tira del. As partículas van e veñen na dirección de propagación e forman zonas máis xuntas (compresións, sombreadas en azul) e máis separadas (rarefaccións, en laranxa)
Comparar	As dúas á vez, co mesmo foco e o mesmo medio: a corda arriba e o resorte abaixo

Controis do panel, iguais nos tres modos:

- **Foco.** «Tipo de perturbación»: «Onda continua» ou «Un pulso cada vez» (co botón «〰 Emitir un pulso»). «Amplitude (A)» de 0,05 a 0,30 m (empeza en 0,20 m) e «Frecuencia (f)» de 0,25 a 2,00 Hz (empeza en 1,00 Hz). Un cambio no foco non cambia a onda que xa está no medio: sae do foco e avanza, así que durante uns segundos conviven a onda antiga e a nova.

- **Medio.** «Velocidade de propagación (v)» de 0,5 a 3,0 m/s (empeza en 1,50 m/s). Cambiala é cambiar de medio, por exemplo tensar a corda, e afecta a todo o medio á vez.
- **Vista.** «Velocidade da simulación» ×1, ×0,5 ou ×0,25, e a caixa «Amosar λ, A, cristas e vales». Premendo nunha partícula do medio márcase como P.
- **Bacharelato.** A caixa «Ver a ecuación, as gráficas e a fase» cambia os recadros de abaixo e engade un segundo punto Q a unha distancia Δx de P, co seu control (0 a 3 m) e os botóns «Δx = λ/4», «Δx = λ/2» e «Δx = λ».

Enriba do lenzo están «⏸ Pausar» e «↺ Reiniciar». Reiniciar deixa o medio en repouso e volve lanzar a onda desde o foco; así vese avanzar a fronte (unha liña descontinua amarela co rótulo «fronte») ata que chega ao final do tramo.

Elementos do lenzo que sosteñen a explicación:

- **As cotas.** A lonxitude de onda mídese entre dúas cristas consecutivas (ou dúas compresións) e rotúlase co seu valor, por exemplo «λ = 1,50 m». Unha frecha vermella marca a amplitude desde a liña de equilibrio ata unha crista. Na corda rotúlanse dúas cristas e dous vales; no resorte, dúas compresións e dúas rarefaccións.
- **A partícula P.** Vai en vermello, cunha liña descontinua que marca o seu percorrido (de −A a +A) e unha frecha de «vibración». Sempre volve ao seu sitio.
- **ESO: «MAGNITUDES DA ONDA».** A, λ, T, f e v coas súas unidades e, debaixo, as contas T = 1 / f, λ = v / f e a comprobación v = λ · f cos valores do momento.
- **ESO: «ENERXÍA, SI; MATERIA, NON».** Unha barra coa enerxía que transporta a onda ($E \propto A^2 \cdot f^2$), expresada como un múltiplo da dos valores iniciais («× 1,00» con A = 0,20 m e f = 1,00 Hz), e ao lado o que avanzou a onda fronte ao que se desprazou a partícula P.
- **Bacharelato: as gráficas.** «ELONGACIÓN – POSICIÓN», unha foto da onda no instante actual con P, Q e a cota λ, e «ELONGACIÓN – TEMPO DE P E Q», os últimos 8 s dos dous puntos coa cota T.

O despregable «Medidas da onda» dá A, f, T, λ, v e a enerxía relativa, cunha frase que relaciona λ con v e f. No nivel Bacharelato engade «Ecuación e fase»: a ecuación con números, por exemplo «y(x, t) = 0,20 · sen(6,28 t − 4,19 x) (SI)», a pulsación, o número de onda, a velocidade máxima de vibración (A ω), a elongación e a velocidade de vibración de P nese instante e o desfase Δφ = k Δx, cunha frase que di se P e Q están en fase, en oposición ou canto se atrasa Q. «Fórmulas esenciais» reúne as relacións de cada nivel e exemplos de ondas transversais e lonxitudinais.

Uso en cada curso

En 4.º de ESO a simulación traballa as ondas como transporte de enerxía, os dous tipos de onda e as magnitudes que as describen. En 2.º de Bacharelato traballa as gráficas de oscilación en función da posición e do tempo, a función de onda, a diferenza entre velocidade de propagación e de vibración e a diferenza de fase. Os contidos e os criterios de avaliación citados son os do currículo de Galicia (Decreto 156/2022, DOG do 26 de setembro de 2022, para ESO; Decreto 157/2022, da mesma data, para Bacharelato), que organiza cada curso en bloques.

En Galicia as ondas só aparecen en 4.º de ESO, dentro das transferencias de enerxía; 2.º e 3.º non as tratan.

4.º de ESO: as ondas transportan enerxía

15–16 anos · 10th grade nos EUA · Year 11 no Reino Unido

Contidos. Bloque 3: «Transferencias de enerxía: o traballo e a calor como formas de transferencia de enerxía entre sistemas relacionados coas forzas ou a diferenza de temperatura. A luz e o son como ondas que transfiren enerxía». Bloque 1: «A linguaxe científica: manexo adecuado de distintos sistemas de unidades e os seus símbolos. Ferramentas matemáticas adecuadas en diferentes escenarios científicos e de aprendizaxe» e «Diversas contornas e recursos de aprendizaxe científica, como os laboratorios ou as contornas virtuais».

Criterios de avaliación. CA3.1 (comprender e explicar con rigor fenómenos cotiáns sobre as formas e as transferencias de enerxía), CA3.2 (resolver problemas sobre a enerxía e os seus procesos de intercambio, expresando os resultados con corrección), CA1.2 (predicir respostas que se poidan comprobar de forma experimental ou dedutiva) e CA1.4 (utilizar adecuadamente as unidades e as ferramentas matemáticas).

O currículo galego non nomea a amplitude, a lonxitude de onda nin os tipos de onda; entran ao explicar «a luz e o son como ondas que transfiren enerxía».

Obxectivos. Explicar que unha onda é unha perturbación que transporta enerxía sen transportar materia. Distinguir ondas transversais e lonxitudinais e poñer exemplos. Identificar nun debuxo a amplitude, a lonxitude de onda, as cristas e os vales. Relacionar período, frecuencia, lonxitude de onda e velocidade con $T = 1 / f$ e $v = \lambda \cdot f$.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo «Transversal», tipo «Un pulso cada vez». Premer «〰 Emitir un pulso» e marcar unha partícula no centro da corda. Preguntar antes: a partícula viaxará co pulso? O pulso pasa e a partícula sobe, baixa e volve ao seu sitio. O que viaxa é a perturbación e, con ela, a enerxía.
2. Pasar a «Onda continua» e premer «↺ Reiniciar». A fronte avanza a 1,50 m/s e tarda uns 2,7 s en percorrer os 4 m. A fila «A partícula P desprazouse» marca valores entre −0,20 e +0,20 m, pero nunca avanza.
3. Ler as cotas: amplitude 0,20 m e lonxitude de onda 1,50 m, entre dúas cristas. Contar con «×0,25» canto tarda P en facer unha oscilación completa: o período, 1,00 s. Con f = 1,00 Hz, unha oscilación por segundo.
4. Subir a frecuencia a 2,00 Hz. O cambio sae do foco: a onda nova, máis apertada, avanza e empuxa a antiga. A cota pasa a $\lambda = 0{,}75$ m: ao dobre de frecuencia, a metade de lonxitude de onda. Comprobar no recadro: $v = 0{,}75 \text{ m} \cdot 2{,}00 \text{ Hz} = 1{,}50$ m/s. A velocidade non cambiou porque o medio é o mesmo.
5. Volver a 1,00 Hz e subir a velocidade a 3,0 m/s: $\lambda = 3{,}00$ m. Explicar que a velocidade depende do medio (unha corda máis tensa, o son no aire ou na auga) e a frecuencia, do foco.
6. Enerxía: con A = 0,10 m a barra marca «× 0,25»; con A = 0,20 m, «× 1,00». Ao dobre de amplitude, catro veces máis enerxía. Relacionalo cun terremoto ou co volume dun altofalante.
7. Modo «Lonxitudinal» e despois «Comparar». As partículas do resorte vibran na mesma dirección en que avanza a onda. As cristas e os vales da corda correspóndense con compresións e rarefaccións do resorte, e a lonxitude de onda mídese igual, entre dúas compresións. Abrir «Fórmulas esenciais» e repasar os exemplos: a luz é transversal; o son, lonxitudinal.

2.º de Bacharelato (Física): movemento ondulatorio

17–18 anos · 12th grade nos EUA · Year 13 no Reino Unido

Contidos. Bloque 4, «Vibracións e ondas»: «Movemento ondulatorio. – Movemento oscilatorio: variables cinemáticas e dinámicas dun corpo oscilante e conservación da enerxía nestes sistemas. – Movemento ondulatorio: gráficas de oscilación en función da posición e do tempo, función de onda que o describe e relación co movemento harmónico simple. Distintos tipos de movementos ondulatorios na natureza...».

Bloque 1: «Emprego de instrumentos básicos para o estudo da física: linguaxe lóxico-matemática, ferramentas matemáticas, representacións gráficas e sistemas de unidades».

Criterios de avaliación. CA4.1 (resolver problemas sobre osciladores harmónicos e física ondulatoria de xeito experimental e analítico), CA4.2 (analizar e comprender a evolución de sistemas naturais oscilantes coa física ondulatoria e dos osciladores harmónicos), CA1.1 (utilizar con rigor as unidades e elaborar e interpretar gráficas que relacionan variables físicas) e CA1.6 (reproducir en laboratorios, reais ou virtuais, procesos físicos modificando as variables que os condicionan).

O currículo galego non nomea a velocidade de vibración nin a diferenza de fase; entran na «función de onda» e na súa «relación co movemento harmónico simple».

Obxectivos. Escribir a ecuación dunha onda harmónica a partir de A, f e v. Interpretar a gráfica y(x) como unha foto da onda e a gráfica y(t) como o movemento harmónico simple dun punto. Distinguir a velocidade de propagación da velocidade de vibración. Calcular a diferenza de fase entre dous puntos e recoñecer cando vibran en fase ou en oposición.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Marcar a caixa «Ver a ecuación, as gráficas e a fase» cos valores iniciais (A = 0,20 m, f = 1,00 Hz, v = 1,50 m/s). Calcular no encerado $\omega = 2\pi f = 6{,}28$ rad/s, $\lambda = v / f = 1{,}50$ m e $k = 2\pi / \lambda = 4{,}19$ rad/m, e comprobalo en «Ecuación e fase»: $y(x, t) = 0{,}20 \cdot \operatorname{sen}(6{,}28\, t - 4{,}19\, x)$.
2. Comparar as dúas gráficas. En «ELONGACIÓN – POSICIÓN» a distancia entre dúas cristas é λ; en «ELONGACIÓN – TEMPO» a distancia entre dous máximos de P é T. Cada punto do medio fai un movemento harmónico simple; a onda é ese movemento repetido con atraso.
3. Velocidade de vibración: A ω = 1,26 m/s, distinta de v = 1,50 m/s. Pausar e mirar «P agora»: cando P pasa pola posición de equilibrio a súa velocidade de vibración é máxima; nunha crista é cero. Subir a amplitude a 0,30 m: v non cambia, a velocidade máxima de vibración pasa a 1,88 m/s.
4. Diferenza de fase. Con $\Delta x = 0{,}75$ m ($\lambda/2$), $\Delta\varphi = 3{,}14$ rad e a frase di «en oposición de fase»: nas dúas gráficas P e Q van sempre ao contrario. Premer «$\Delta x = \lambda$»: $\Delta\varphi$ volve a 0 e as curvas superpóñense. Con «$\Delta x = \lambda/4$», Q vai un cuarto de período (0,25 s) por detrás de P.
5. Problema: a que distancia mínima están dous puntos en oposición se f = 2,00 Hz e v = 3,0 m/s? $\lambda = 1{,}50$ m e $\Delta x = 0{,}75$ m. Poñer eses valores e comprobalo co botón «$\Delta x = \lambda/2$».
6. Modo «Lonxitudinal»: a gráfica pasa a chamarse «DESPRAZAMENTO – POSICIÓN» e representa ξ, o desprazamento ao longo da dirección de propagación. As compresións están onde ξ pasa por cero baixando. A mesma ecuación describe os dous tipos de onda; o que cambia é a dirección da vibración.

Concepcións alternativas que axuda a corrixir

A simulación ataca sobre todo a idea de que a materia viaxa coa onda e a confusión entre a velocidade da onda e a das partículas. Cada fila indica a idea previa frecuente e como desmontala coa simulación.

Idea do alumnado	Idea correcta	Como mostralo
«As partículas viaxan coa onda»	Cada partícula oscila arredor da súa posición; viaxa a perturbación e a enerxía	Marcar P e emitir un pulso: P sobe, baixa e volve ao seu sitio. A fila «A partícula P desprazouse» nunca supera A
«Se movo o foco máis rápido, a onda vai máis rápido»	A velocidade depende do medio; a frecuencia cambia a lonxitude de onda	Pasar de 1 a 2 Hz: v segue en 1,50 m/s e λ baixa de 1,50 a 0,75 m

Idea do alumnado	Idea correcta	Como mostralo
«Unha onda máis alta vai máis rápido ou é máis longa»	A amplitude non cambia v nin λ; cambia a enerxía	Subir A de 0,10 a 0,30 m: λ e v iguais, a enerxía pasa de × 0,25 a × 2,25
«A velocidade da onda e a das partículas son a mesma»	Son distintas: v = λ f; a vibración ten velocidade máxima A ω	Nivel Bacharelato: 1,50 m/s fronte a 1,26 m/s, e a segunda cambia con A e a primeira non
«Nunha onda lonxitudinal non hai lonxitude de onda nin amplitude»	Ten as mesmas magnitudes: λ entre dúas compresións e A na dirección de propagación	Modo «Comparar»: a mesma cota λ na corda e no resorte
«A gráfica y(x) é o camiño que segue unha partícula»	y(x) é unha foto de todo o medio; o movemento dun punto é y(t)	Comparar as dúas gráficas do nivel Bacharelato e mirar como se move P no lenzo
«Un cambio no foco cambia toda a onda á vez»	O cambio tarda en chegar a cada punto, porque viaxa á velocidade v	Cambiar a frecuencia coa onda en marcha: durante uns segundos conviven a λ antiga e a nova

Simplificacións que convén coñecer

A simulación prioriza que se vexan con claridade as magnitudes da onda. Para iso trata o medio como ideal e escolle escalas que se poidan seguir coa vista. Convén coñecer estas licenzas para non reforzar ideas incorrectas sen querer.

1. **Sen amortecemento nin reflexións.** A onda non perde enerxía ao avanzar e o extremo dereito absórbea por completo: non hai ondas reflectidas nin estacionarias. Nunha corda real a onda aténuase e rebota no extremo.
2. **Escalas de laboratorio lento.** As frecuencias (0,25–2 Hz) e as velocidades (0,5–3 m/s) escolléronse para seguir a onda coa vista. Son razoables para unha corda ou un resorte longos, pero o son no aire vai a uns 340 m/s e as súas frecuencias audibles van de 20 a 20 000 Hz.
3. **Desprazamentos do resorte reducidos.** No modo lonxitudinal, cando A · k é grande, os desprazamentos debúxanse a escala reducida para que as partículas non se crucen, e o lenzo indícao («Desprazamentos debuxados a escala × 0,72…»). As cotas de λ seguen sendo exactas.
4. **A enerxía é relativa.** A barra usa $E \propto A^2 \cdot f^2$ e non dá joules, porque a enerxía real depende tamén da masa do medio e da velocidade. A barra está en escala de raíz cadrada para que se vexan tanto × 0,25 como × 9 (o máximo, con A = 0,30 m e f = 2,00 Hz).
5. **Un cambio de velocidade afecta a todo o medio á vez.** Representa cambiar de medio. Na realidade, unha onda que pasa a outro medio cambia de velocidade e de lonxitude de onda só a partir da fronteira.
6. **A ecuación só describe a onda continua estable.** Mentres conviven unha onda antiga e outra nova, ou con pulsos soltos, a ecuación do panel non describe todo o medio; a simulación avísao.
7. **Non trata a natureza da luz.** As ondas electromagnéticas aparecen só como exemplo de onda transversal. A enerxía do fotón ($E = h f = h c / \lambda$), a dualidade onda-corpúsculo e o efecto fotoeléctrico son do bloque 5 de Física de 2.º de Bacharelato e trabállanse coa simulación de espectros atómicos.

Ficha de actividades do alumnado

A ficha de actividades segue o esquema predí, observa e explica. Cada actividade leva unha ligazón á simulación xa preparada, así que funciona na aula de informática, con tabletas ou como tarefa na casa. Descárgase en Word e LibreOffice para adaptala.

Curso	Actividades	Duración orientativa
4.º de ESO	Ficha completa salvo Para ampliar	Unha sesión de 50–55 minutos, ou dúas se se fan na clase os problemas
2.º de Bacharelato Física	Actividades 3 e 5 como repaso e Para ampliar	Unha sesión

A táboa de «Antes de comezar» recolle cinco ideas previas sobre as ondas. Convén non corrixila ao principio: o alumnado volve a ela en «Revisa as túas ideas». Ao cambiar a frecuencia, a onda nova tarda uns segundos en encher a corda: convén esperar a que chegue ao final antes de ler λ no debuxo.

Solucións

Apartado	Solución
Antes de comezar	Todas falsas. a) Cada anaco de corda oscila e volve ao seu sitio (actividade 1). b) A velocidade depende do medio; ao mover o foco máis rápido baixa a lonxitude de onda (actividade 3). c) A amplitude non cambia a velocidade; cambia a enerxía (actividade 5). d) Ten λ entre dúas compresións e amplitude ao longo da dirección de propagación (actividade 6). e) A auga sobe e baixa; o que chega á praia é a enerxía (actividade 1 e problema 4)
Actividade 1	P sobe, baixa e volve ao seu sitio; o desprazamento nunca supera a amplitude. O pulso chega ata o final da corda. Viaxa a perturbación e, con ela, a enerxía. Unha onda é unha perturbación que se propaga por un medio e transporta enerxía sen transportar materia
Actividade 2	A = 0,20 m (da liña de equilibrio a unha crista); λ = 1,50 m (entre dúas cristas); T = 1,00 s (unha oscilación de P; con ×0,25 vese en 4 s); f = 1,00 Hz; v = 1,50 m/s (a fronte tarda uns 2,7 s en percorrer os 4 m). T = 1 / 1,00 = 1,00 s e v = 1,50 · 1,00 = 1,50 m/s. 1 Hz é unha oscilación cada segundo
Actividade 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 e λ · f = 1,50 m/s nos tres casos. A velocidade non cambia; a máis frecuencia, menor lonxitude de onda. O cambio sae do foco e avanza á velocidade da onda, así que durante uns segundos conviven a onda antiga e a nova
Actividade 4	λ = 1,00 m con 1,0 m/s, 1,50 m con 1,5 m/s e 3,00 m con 3,0 m/s. A frecuencia (e o período) fíxaa o foco; a velocidade, o medio; a lonxitude de onda depende dos dous. Exemplos: o son ao pasar do aire á auga vai máis rápido; a luz ao pasar do aire ao vidro vai máis amodo; unha onda de mar que chega a augas pouco profundas
Actividade 5	v = 1,50 m/s en todos os casos. λ = 1,50 m con 1,00 Hz e 0,75 m con 2,00 Hz. Enerxía: × 0,25 con 0,10 m, × 1,00 con 0,20 m, × 2,25 con 0,30 m e × 4,00 con 2,00 Hz. A amplitude non cambia v nin λ: cambia a enerxía, que é proporcional a $A^2 \cdot f^2$. Ao duplicar a amplitude, a enerxía multiplícase por catro: un altofalante máis forte move máis o aire; un terremoto de maior amplitude destrúe moito máis
Actividade 6	Corda: as partículas vibran arriba e abaixo, perpendiculares ao avance da onda. Resorte: vibran adiante e atrás, na mesma dirección en que avanza a onda. As cristas correspóndense con compresións (partículas xuntas) e os vales con rarefaccións (separadas). λ = 1,50 m nos dous. Son: lonxitudinal. Luz: transversal. Corda de saltar: transversal. Resorte que se estira e se comprime: lonxitudinal
Aplica o 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) A onda é unha perturbación que transporta enerxía, non auga: o barco, como cada partícula de auga, sobe e baixa arredor da súa 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 e v non cambia. 3) Δx = λ/2: Δφ = π rad = 3,14 rad, en oposición de fase, curvas opostas. Δx = λ: Δφ = 2π (equivale a 0), en fase, curvas superpostas

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. Guía publicada baixo licenza CC BY-SA 4.0: podes adaptala e compartila citando a autoría e coa mesma licenza. Versión actualizada e simulación en simulaciencia.es/gl/guias/ondas/.