Guía docente: simulación de cambios de estado

Ficha rápida

La simulación calienta o enfría una sustancia y muestra a la vez el recipiente, sus partículas y la curva temperatura–tiempo, con un segundo modo para el diagrama de fases del agua, del CO_2 y del yodo. Su uso principal es 2.º y 3.º ESO, con el diagrama de fases como recurso para 4.º ESO.

Dato	Detalle
Enlace	simulaciencia.es/simulaciones/cambios-estado/
Cursos	2.º ESO y 3.º ESO (uso principal), 4.º ESO; repaso puntual en 1.º Bachillerato y 2.º Bachillerato Química
Materia	Física y Química
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. El punto del diagrama se puede arrastrar con el dedo
Conocimientos previos	Estados de agregación a nivel intuitivo, temperatura en °C, lectura de una gráfica. En 4.º ESO, presión en atm
Accesibilidad	Tema oscuro, claro y de alto contraste (botón del engranaje). Los mensajes de la franja superior se leen con lector de pantalla

Cómo funciona la simulación

La simulación tiene dos modos, «Calentar y enfriar» (curva de calentamiento) y «Presión y temperatura» (diagrama de fases), que se eligen arriba del panel izquierdo. En el primero se ven tres paneles: «LO QUE VEMOS» (recipiente, placa y termómetro), «LO QUE NO VEMOS» (64 partículas y una leyenda de estados) y «LA GRÁFICA». En el segundo se ven el diagrama, la ventana de partículas y el panel «PIENSA Y COMPRUEBA». En ambos, una franja superior explica con una frase lo que está pasando.

Modo	Qué controla el docente	Qué muestra
Calentar y enfriar	Sustancia (Agua, Alcohol (etanol), Nitrógeno, Hierro, Hielo seco (CO_2)). Barra sobre la simulación: «Reiniciar», placa «❄ Enfriar», «Apagar» o «🔥 Calentar» y velocidad ×1, ×2 o ×4. En el panel, potencia de la placa de −100 % (enfriar) a +100 % (calentar) en pasos de 5; empieza en +50 %. «Apagar» deja la temperatura fija con las partículas en movimiento, para explicar con calma. Tecla R para reiniciar	El recipiente con sólido, líquido, burbujas o gotas en la tapa. El termómetro con las marcas de fusión y ebullición (de sublimación en el hielo seco). La gráfica temperatura–tiempo con cada meseta rotulada. Las tarjetas Temperatura, Tiempo, Placa y «Estado de la sustancia»

Modo	Qué controla el docente	Qué muestra
Calentar y enfriar, vista de partículas	Casillas «Mostrar las atracciones entre partículas» y «Mostrar la velocidad (estelas)»	Las mismas 64 partículas en todos los estados: red de 16 × 4 que vibra en el fondo, partículas que se deslizan o partículas libres. El agua se dibuja como molécula H_2O, el nitrógeno como N_2 y el hielo seco como CO_2; el alcohol y el hierro, como esferas. Las moléculas oscilan en el sólido y giran en el líquido y en el gas. Las uniones son fuertes en el sólido, débiles en el líquido y no existen en el gas
Presión y temperatura, agua	Temperatura de −40 a 160 °C. Presión de 0,003 a 5 atm en escala logarítmica. Ejemplos «Nivel del mar», «Cima del Everest», «Olla a presión» y «Punto triple». También se arrastra el punto	Las regiones SÓLIDO, LÍQUIDO y GAS, la línea de 1 atm con «funde a 0 °C» y «hierve a 100 °C», y el punto triple. La tarjeta «A esta presión, la sustancia…» da las temperaturas de cambio a esa presión
Presión y temperatura, CO_2	Temperatura de −120 a 30 °C. Presión de 0,30 a 100 atm. Ejemplos «Hielo seco», «Aire libre», «Extintor de CO_2» y «Punto triple»	El mismo diagrama para el CO_2, con su punto triple a 5,11 atm y −57 °C. A 1 atm marca «sublima a −78 °C»
Presión y temperatura, yodo	Temperatura de 20 a 220 °C. Presión de 0,0003 a 5 atm. Ejemplos «En el laboratorio», «Con poca presión», «Yodo fundido» y «Punto triple»	El diagrama del yodo, con su punto triple a 0,12 atm y 113,5 °C. A 1 atm funde a 114 °C y hierve a 184 °C; por debajo de 0,12 atm sublima

Cuatro elementos sostienen la explicación:

- **La meseta de la gráfica.** Durante la fusión y la ebullición la curva se queda plana y aparece el rótulo «temperatura constante». El termómetro se detiene a la vez.
- **La barra de energía.** La tarjeta «¿En qué se ha gastado la energía aportada?» tiene dos partes: «Subir la temperatura» y «Separar las partículas». Cuenta solo la energía que ha entrado desde «Reiniciar», así que empieza en 0 %. Durante una meseta solo crece la segunda. Si se ha retirado más energía de la que entró, pasa a «¿De dónde ha salido la energía retirada?».
- **La doble vista.** Lo que pasa en el recipiente aparece a la vez en las partículas. La barra de composición bajo la placa y la leyenda dan el porcentaje de sólido, líquido y gas.
- **El punto del diagrama.** Al cruzar una línea, la franja nombra el cambio (FUSIÓN, VAPORIZACIÓN, SUBLIMACIÓN…). También dice si ha sido por calentar o por cambiar la presión. Sobre una línea indica qué estados conviven.

El desplegable «Conceptos clave» resume los seis cambios de estado y tres ideas: temperatura constante durante el cambio, temperaturas propias de cada sustancia y partículas que no cambian. En el modo diagrama, «Cómo leer un diagrama de fases» explica regiones, líneas, punto triple y la escala comprimida.

Uso en cada curso

En 2.º ESO la simulación sirve para introducir los estados y los cambios de estado con la teoría cinética; en 3.º ESO, para profundizar en el modelo cinético-molecular y en la energía de los cambios; en 4.º ESO, para relacionar los cambios de estado con la presión. Los saberes citados son los del currículo LOMLOE de la Comunidad de Madrid para Física y Química.

2.º ESO: estados y cambios de estado

13–14 años · 8th grade en EE. UU. · Year 9 en Reino Unido

Saberes básicos. Bloque A: «Representación gráfica de resultados» y «el laboratorio y los entornos virtuales». Bloque B: «Introducción a la teoría cinética-molecular. Estados de agregación de la materia». Bloque E: «Temperatura. Escalas de temperatura. Concepto de calor» y «Efectos del calor sobre la materia: cambios de estado y dilataciones».

Objetivos. Describir sólido, líquido y gas con el modelo de partículas. Nombrar los seis cambios de estado. Reconocer que la temperatura no cambia durante la fusión y la ebullición. Asociar cada sustancia a sus temperaturas de fusión y ebullición.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo Calentar y enfriar con agua (configuración inicial). Pulsar «Apagar»: hielo a unos −20 °C. Mostrar la lupa: partículas ordenadas que vibran en su sitio. Leer la leyenda «SÓLIDO».
2. Elegir velocidad ×2, subir la placa a +50 % y pulsar «Reiniciar»: el hielo vuelve a −20 °C y el tiempo a 0. Preguntar qué marcará el termómetro mientras el hielo se funde. A los 5 min de la tarjeta Tiempo llega a 0 °C.
3. Señalar la meseta: la temperatura sigue en 0 °C hasta los 33 min. En la lupa las partículas abandonan la red; en el recipiente el hielo flota y se hace pequeño.
4. El líquido se calienta hasta 100 °C a los 85 min; en la gráfica sube más despacio que el hielo. Preguntar qué son las burbujas. La lupa muestra que son las mismas partículas, ahora separadas. La meseta dura hasta los 137 min.
5. Dejar que el vapor siga calentándose por encima de 100 °C: la temperatura vuelve a subir. Al llegar a 250 °C, el tope del termómetro, la placa se apaga sola y aparece «LÍMITE». Poner la placa a −50 %: gotas en la tapa (condensación) y luego solidificación. Abrir «Conceptos clave» y nombrar los seis cambios.
6. Cambiar a Alcohol (funde a −114 °C, hierve a 78 °C) y a Nitrógeno (−210 °C y −196 °C). La curva tiene los mismos tramos y sus mesetas duran lo mismo; lo que cambia son las temperaturas. Concluir que son propiedades características.

3.º ESO: modelo cinético-molecular y energía de los cambios

14–15 años · 9th grade en EE. UU. · Year 10 en Reino Unido

Saberes básicos. Bloque A: «Registro de datos y resultados empleando tablas, gráficos y expresiones matemáticas». Bloque B: «Profundización en el modelo cinético-molecular de la materia y su relación con los cambios de estado» y «Modelo cinético-molecular de la materia. Cambios de estado de la materia».

Objetivos. Explicar con el modelo de partículas por qué la temperatura no cambia en una meseta. Distinguir la energía que sube la temperatura de la que separa partículas. Interpretar una curva de calentamiento y una de enfriamiento. Reconocer la sublimación.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Agua, placa a +100 %, velocidad ×2 y «Reiniciar». Activar las dos casillas de la vista de partículas. Relacionar la vibración del sólido y la rapidez del líquido con la temperatura.
2. Al terminar la fusión, leer la barra de energía: 16 % «Subir la temperatura» y 84 % «Separar las partículas». Al terminar la ebullición marca 41 % y 59 %. La vaporización necesita más energía que la fusión: la meseta de 100 °C es casi el doble de larga que la de 0 °C.
3. Poner la placa a +50 %, pulsar «Reiniciar» y repetir. La fusión dura 28 min en vez de 14, pero sigue a 0 °C. Más potencia acorta la meseta; no sube la temperatura de cambio.

4. A mitad de la fusión, pulsar «Apagar». El estado pasa a «Sólido y líquido a la vez» y la franja a EQUILIBRIO. Sin intercambio de energía, la proporción no cambia.
5. Calentar hasta el gas a 140 °C, poner la placa a −100 % y comentar la curva de enfriamiento: mismas mesetas, ahora CONDENSACIÓN y SOLIDIFICACIÓN. Cambiar a Nitrógeno y leer en la gráfica sus temperaturas para identificarlo.
6. Pasar a Presión y temperatura, CO_2, ejemplo «Hielo seco» (1 atm, −100 °C). Subir la temperatura: hacia −78 °C el sólido pasa directamente a gas. La franja dice SUBLIMACIÓN. También se puede ver en la curva: Calentar y enfriar con «Hielo seco (CO_2)» tiene una sola meseta, a −78 °C, rotulada SUBLIMACIÓN, sin tramo de líquido.

4.º ESO: cambios de estado y presión

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

Saberes básicos. Bloque D: «Concepto de Presión. Presión hidrostática. Presión atmosférica» y «Física de la atmósfera». Bloque E: «Transferencias de energía: el trabajo y el calor como formas de transferencia de energía entre sistemas relacionados con las fuerzas o la diferencia de temperatura» y «Efecto del calor sobre los cuerpos».

Objetivos. Leer un diagrama de fases. Explicar que la temperatura de ebullición depende de la presión. Justificar la olla a presión y la cocción en alta montaña. Situar el punto triple y la sublimación del hielo seco.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo Presión y temperatura, agua, ejemplo «Nivel del mar» (1 atm, 20 °C): estado Líquido. Señalar la línea de 1 atm, «funde a 0 °C» y «hierve a 100 °C». Avisar de que la escala de presión está comprimida.
2. Plegar «Lectura del diagrama», que daría la respuesta. Ejemplo «Cima del Everest» (0,33 atm). Preguntar a qué temperatura hervirá. Subir la temperatura con el deslizador: entre 70 y 73 °C el estado es «Líquido + gas». La franja confirma que hierve a 72 °C.
3. Ejemplo «Olla a presión» (2 atm). La tarjeta «A esta presión, la sustancia…» dice que hierve a 121 °C. Relacionar más presión con más temperatura de cocción.
4. Volver a «Nivel del mar» y bajar solo la presión. Hacia 0,023 atm el agua hierve a 20 °C. La franja dice «¡Al bajar la presión, el líquido hierve sin calentarlo!».
5. Ejemplo «Punto triple» (0,006 atm y 0 °C): conviven los tres estados. Por debajo de esa presión no hay líquido; a 0,005 atm el hielo sublima a −2 °C.
6. Cambiar a CO_2. «Aire libre» (1 atm, 20 °C) es gas. «Extintor de CO_2» (65 atm) es líquido y hervirá a 26 °C. A 1 atm el CO_2 nunca es líquido.
7. Cambiar a Yodo. «En el laboratorio» (1 atm, 80 °C) es sólido y a 1 atm fundiría a 114 °C. «Con poca presión» (0,01 atm, 80 °C) es gas: por debajo de 0,12 atm el yodo sublima. Preguntar por qué al calentar yodo en un tubo abierto se ven vapores violetas sin líquido: el vapor se dispersa en el aire y la presión del yodo se mantiene muy baja.

1.º Bachillerato: repaso puntual

16–17 años · 11th grade en EE. UU. · Year 12 en Reino Unido

La simulación encaja como repaso al tratar «El calor como mecanismo de transferencia de energía entre dos cuerpos» y «Energía interna de un sistema. Primer principio de la termodinámica» (bloque F). Durante una meseta entra calor y la temperatura no cambia: la barra de energía permite discutir que aumenta la

energía interna. La casilla de atracciones sirve de puente hacia «Fuerzas intermoleculares» (bloque A), comparando los 100 °C del agua con los −196 °C del nitrógeno.

2.º Bachillerato Química: repaso puntual

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

En el diagrama, sobre cualquier línea o en el punto triple, las partículas intercambian su estado cada 0,65 s y se marcan con un anillo. Ilustra «El equilibrio químico como proceso dinámico» (bloque B) sin necesidad de una reacción. Las temperaturas de ebullición del agua, el etanol y el nitrógeno sirven de entrada a «Propiedades macroscópicas de elementos y compuestos moleculares» (bloque A).

Concepciones alternativas que ayuda a corregir

La simulación ataca sobre todo la idea de que las partículas cambian al cambiar de estado y la confusión entre calor y temperatura. Cada fila indica la idea previa frecuente y cómo desmontarla con la simulación.

Idea del alumnado	Idea correcta	Cómo mostrarlo
«Si sigo calentando, el agua que hierve sigue subiendo de temperatura»	Durante la ebullición la temperatura se mantiene constante	Agua a +50 %: el termómetro se queda en 100 °C de los 85 a los 137 min y la gráfica rotula «temperatura constante»
«Con más fuego el agua hierve a más temperatura»	La potencia acorta la meseta, pero no cambia la temperatura de ebullición	Repetir con +100 %: la ebullición dura 26 min en vez de 52 y sigue a 100 °C
«Las burbujas del agua hirviendo son aire»	Son la misma sustancia en estado gaseoso	Mirar la lupa durante la EBULLICIÓN: las partículas del líquido escapan como gas. El recipiente está cerrado y no hay otras partículas
«Al fundirse o evaporarse, las partículas se dilatan, se ablandan o cambian»	Las partículas son las mismas; cambian su orden, su separación y su movimiento	Recorrer la curva del agua: siempre hay las mismas 64 moléculas de H_2O. Leer «Conceptos clave»
«En un sólido las partículas están quietas»	Las partículas del sólido vibran en torno a su posición, más cuanto más caliente	Pulsar «Apagar» con el hielo a −40 °C y después a −5 °C, y comparar la vibración en la lupa: con la placa apagada la temperatura no cambia y las partículas siguen vibrando
«Entre las partículas de un gas hay aire»	Entre las partículas solo hay vacío	Vapor de agua a 120 °C: la ventana de partículas está vacía entre ellas
«Al calentar un sólido, siempre se funde antes de pasar a gas»	Hay sustancias que, a 1 atm, pasan directamente de sólido a gas	Hielo seco (CO_2) en Calentar y enfriar: una sola meseta a −78 °C, SUBLIMACIÓN, y nunca aparece líquido en el recipiente
«Enfriar es añadir frío»	Enfriar es sacar energía	Placa a −50 %: el rótulo dice «ENFRÍA 50 % · sale energía» y las flechas salen del recipiente
«El agua siempre hierve a 100 °C»	La temperatura de ebullición depende de la presión	Diagrama del agua: «Cima del Everest» hierve a 72 °C y «Olla a presión» a 121 °C

Simplificaciones que conviene conocer

La simulación prioriza que se vean bien las mesetas y el modelo de partículas, y para ello escala energías y tiempos. Conviene conocer estas licencias para no reforzar ideas incorrectas sin querer.

1. **Energías iguales para todas las sustancias.** La fusión absorbe 14 unidades y la vaporización 26 en todas las sustancias con líquido; en el hielo seco, la sublimación absorbe las dos juntas, 40. Los tres tramos de calentamiento se reparten 36 unidades según lo que sube la temperatura en cada uno. Las temperaturas sí son reales; en la realidad cada sustancia tiene sus propios calores específicos y latentes.
2. **Las proporciones entre tramos no son reales.** La vaporización absorbe 26 unidades frente a 14 de la fusión, unas 1,9 veces más. En el agua real es unas 6,8 veces más (2257 frente a 334 J/g). Basta con decir «más energía».
3. **El líquido siempre necesita el doble por grado.** En las sustancias con líquido, este necesita el doble de energía por grado que el sólido y el gas, así que su tramo de la curva es menos inclinado. Es el caso del agua (4,18 frente a unos 2 J/g·°C), pero en el alcohol, el nitrógeno o el hierro la proporción real es otra. Las pendientes se pueden comparar dentro del agua, no entre sustancias.
4. **El tiempo no es real.** Cada «min» de la tarjeta Tiempo es un segundo real a ×1. Con el agua a +50 %, la curva completa dura 147 min. Las cifras de tiempo solo sirven para comparar tramos entre sí.
5. **Una tapa móvil mantiene 1 atm.** El recipiente está cerrado con una tapa que se mueve libremente, así que la presión no cambia y las mesetas son las de 1 atm. En un recipiente rígido la presión subiría al formarse vapor y no habría meseta a 100 °C; la pista y el rótulo del recipiente lo indican. Además, no aparece gas hasta la temperatura de ebullición: la evaporación por debajo de ella no se representa. Conviene matizarlo al hablar de la ropa tendida.
6. **La agitación no depende de la temperatura absoluta.** Cada estado reparte su agitación dentro de su propio rango de temperaturas. La vibración del sólido va de 0,8 a 3,2 px y la rapidez del gas, de 3,2 a 4,6. El nitrógeno gas a −190 °C se mueve igual que el vapor de agua a 120 °C. Para comparar sustancias, usar el termómetro, no la lupa.
7. **La red del sólido es una figura de 16 × 4.** Es ancha y baja, como el líquido, para que al solidificar las partículas se ordenen en el fondo. En el hielo las partículas quedan a 20 px y el sólido ocupa algo más que el agua líquida, que las junta a 18 px; en las demás sustancias la red es compacta (17,5 px). En la lupa el sólido siempre está en el fondo; en el recipiente, en cambio, el hielo flota. Las moléculas de agua, nitrógeno, CO_2 y yodo tienen la forma real, pero los tamaños de los átomos son orientativos, y el alcohol se dibuja como esfera para no recargar la vista.
8. **El diagrama de fases es esquemático.** La presión va en escala logarítmica. La línea de fusión del agua tiene la pendiente real (−0,0075 °C/atm), pero a 5 atm solo baja a −0,03 °C y parece vertical. No sirve para mostrar esa anomalía. El CO_2 no tiene punto crítico: su curva acaba a 30 °C y 71,5 atm. En el yodo, las curvas se ajustan a su punto triple, a su ebullición a 1 atm y a su presión de vapor a 25 °C (0,0004 atm); la pendiente de la línea de fusión es aproximada.
9. **Las líneas tienen grosor.** El punto está sobre una línea si queda a menos de 5 px, y en el punto triple a menos de 12 px. Por eso «Líquido + gas» aparece en un intervalo, de 70 a 73 °C en el Everest. Sobre la línea se reparten las partículas a partes iguales, cuando en la realidad la proporción depende de la energía aportada.

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
2.º ESO	Antes de empezar, actividades 1, 2, 4 y 5, Aplica lo aprendido, Revisa tus ideas y Autoevaluación	Una sesión de 50–55 minutos
3.º ESO	Actividades 1 a 6 (la 3 con la barra de energía) y Aplica lo aprendido	Una o dos sesiones
4.º ESO	Actividades 1 y 3 como repaso y Para ampliar, con el diagrama de fases	Una sesión

La tabla de «Antes de empezar» recoge seis de las ideas previas de la tabla de concepciones alternativas. Conviene no corregirla al principio: el alumnado vuelve a ella en «Revisa tus ideas». Los tiempos dependen de la potencia y de cuándo se pulse «Reiniciar»; los de las soluciones son con la placa a +50 %.

Soluciones

Apartado	Solución
Antes de empezar	Todas falsas. a) y b) La temperatura se queda en 100 °C mientras hierve, con cualquier potencia (actividades 1 y 3). c) Son vapor de agua (actividad 2). d) Las partículas son las mismas; cambian su orden, su separación y su movimiento (actividad 2). e) Vibran en torno a su posición (actividad 2). f) Depende de la presión (Para ampliar)
Actividad 1	Empieza a fundirse hacia los 5 min a 0 °C y termina hacia los 33 min, a 0 °C; empieza a hervir hacia los 85 min a 100 °C y termina hacia los 137 min. La gráfica tiene dos tramos planos (mesetas): la temperatura no cambia durante la fusión ni durante la ebullición. La ebullición dura casi el doble que la fusión
Actividad 2	Sólido: ordenadas en red, vibran en su sitio, uniones fuertes. Líquido: juntas pero desordenadas, se deslizan, uniones débiles. Gas: muy separadas, se mueven rápido y en línea recta, sin uniones. Las partículas no cambian; cambian su orden, su separación y su movimiento. Las burbujas son la propia agua en estado gaseoso. Entre las partículas del gas hay vacío
Actividad 3	Hierve a 100 °C con las dos potencias. La ebullición dura unos 52 min con +50 % y unos 26 min con +100 %. Más potencia acorta la meseta, pero no sube la temperatura: durante la ebullición la energía se gasta en separar las partículas, no en subir la temperatura
Actividad 4	Condensación a 100 °C (gotas en la tapa) y solidificación a 0 °C (se forma hielo). Enfriar no es añadir frío: es sacar energía, y las flechas salen del recipiente
Actividad 5	Agua: 0 y 100 °C, líquida a 20 °C. Alcohol: −114 y 78 °C, líquido. Nitrógeno: −210 y −196 °C, gas. Hierro: 1538 y 2862 °C, sólido. Son propias de cada sustancia y no dependen de la cantidad, así que sirven para identificar sustancias
Actividad 6	Una sola meseta, a −78 °C (en la simulación, −78,5 °C): SUBLIMACIÓN. No aparece líquido. A presión atmosférica el CO_2 sólido pasa directamente a gas, así que enfría sin mojar
Aplica lo aprendido	1) Fusión, vaporización y sublimación: hay que dar energía. Solidificación, condensación y sublimación inversa: hay que quitarla. 2) Gas que baja de 120 a 100 °C, meseta de condensación a 100 °C, líquido de 100 a 0 °C, meseta de solidificación a 0 °C, sólido de 0 a −20 °C. 3) Alcohol (etanol); a 0 °C es líquido. 4) Las dos están a 100 °C; la de fuego fuerte se evapora antes
Para ampliar	1) Hacia 72 °C: el agua hierve a menos temperatura y la pasta se cuece peor. 2) 121 °C: el agua líquida alcanza más temperatura y cocina antes. 3) Hacia 0,023 atm

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/cambios-estado/.