# Guia docent: simulació de canvis d'estat

## Fitxa ràpida

La simulació escalfa o refreda una substància i mostra alhora el recipient, les seves partícules i la corba temperatura–temps, amb un segon mode per al diagrama de fases de l'aigua, del $CO_2$ i del iode. A Catalunya el seu ús principal és al bloc de 1r a 3r d'ESO, on el currículum situa la teoria cineticomolecular, els canvis d'estat i els gràfics de temperatura–temps. El diagrama de fases és un recurs per a 4t d'ESO.

| Dada | Detall |
|---|---|
| Enllaç | simulaciencia.es/ca/simulacions/cambios-estado/ |
| Cursos | 1r a 3r d'ESO (ús principal), 4t d'ESO; repàs puntual a Física de 1r de Batxillerat i a Química de 2n de Batxillerat |
| Matèria | Física i Química; Física i Química al batxillerat |
| Durada orientativa | 15–20 minuts d'explicació amb la simulació projectada |
| Material | Projector o pissarra digital; funciona al navegador, també al mòbil i a la tauleta, sense instal·lar res. El punt del diagrama es pot arrossegar amb el dit |
| Coneixements previs | Estats d'agregació a nivell intuïtiu, temperatura en °C, lectura d'una gràfica. A 4t d'ESO, pressió en atm |
| Accessibilitat | Tema fosc, clar i d'alt contrast (botó de la roda dentada). Els missatges de la franja superior es llegeixen amb lector de pantalla |

## Com funciona la simulació

La simulació té dos modes, «Escalfar i refredar» (corba d'escalfament) i «Pressió i temperatura» (diagrama de fases), que es trien a dalt del tauler esquerre. En el primer es veuen tres plafons: «EL QUE VEIEM» (recipient, placa i termòmetre), «EL QUE NO VEIEM» (64 partícules i una llegenda d'estats) i «LA GRÀFICA». En el segon es veuen el diagrama, la finestra de partícules i el plafó «PENSA I COMPROVA». En tots dos, una franja superior explica amb una frase què està passant.

| Mode | Què controla el docent | Què mostra |
|---|---|---|
| Escalfar i refredar | Substància (Aigua, Alcohol (etanol), Nitrogen, Ferro, Gel sec ($CO_2$)). Barra sobre la simulació: «Reinicia», placa «❄ Refredar», «Apaga» o «🔥 Escalfa» i velocitat ×1, ×2 o ×4. Al tauler, potència de la placa de −100 % (refredar) a +100 % (escalfar) en passos de 5; comença a +50 %. «Apaga» deixa la temperatura fixa amb les partícules en moviment, per explicar amb calma. Tecla R per reiniciar | El recipient amb sòlid, líquid, bombolles o gotes a la tapa. El termòmetre amb les marques de fusió i ebullició (de sublimació al gel sec). La gràfica temperatura–temps amb cada replà retolat. Les targetes Temperatura, Temps, Placa i «Estat de la substància» |

| Mode | Què controla el docent | Què mostra |
|---|---|---|
| Escalfar i refredar, vista de partícules | Caselles «Mostra les atraccions entre partícules» i «Mostra la velocitat (esteles)» | Les mateixes 64 partícules en tots els estats: xarxa de 16 × 4 que vibra al fons, partícules que llisquen o partícules lliures. L'aigua es dibuixa com a molècula $H_2O$, el nitrogen com a $N_2$ i el gel sec com a $CO_2$; l'alcohol i el ferro, com a esferes. Les molècules oscil·len al sòlid i giren al líquid i al gas. Les unions són fortes al sòlid, febles al líquid i no existeixen al gas |
| Pressió i temperatura, aigua | Temperatura de −40 a 160 °C. Pressió de 0,003 a 5 atm en escala logarítmica. Exemples «Nivell del mar», «Cim de l'Everest», «Olla a pressió» i «Punt triple». També es pot arrossegar el punt | Les regions SÒLID, LÍQUID i GAS, la línia d'1 atm amb «fon a 0 °C» i «bull a 100 °C», i el punt triple. La targeta «A aquesta pressió, la substància…» dona les temperatures de canvi a aquesta pressió |
| Pressió i temperatura, $CO_2$ | Temperatura de −120 a 30 °C. Pressió de 0,30 a 100 atm. Exemples «Gel sec», «Aire lliure», «Extintor de $CO_2$» i «Punt triple» | El mateix diagrama per al $CO_2$, amb el seu punt triple a 5,11 atm i −57 °C. A 1 atm marca «sublima a −78 °C» |
| Pressió i temperatura, iode | Temperatura de 20 a 220 °C. Pressió de 0,0003 a 5 atm. Exemples «Al laboratori», «Amb poca pressió», «Iode fos» i «Punt triple» | El diagrama del iode, amb el seu punt triple a 0,12 atm i 113,5 °C. A 1 atm es fon a 114 °C i bull a 184 °C; per sota de 0,12 atm sublima |

Quatre elements sostenen l'explicació:

- **El replà de la gràfica.** Durant la fusió i l'ebullició la corba queda plana i apareix el rètol «temperatura constant». El termòmetre s'atura alhora.
- **La barra d'energia.** La targeta «En què s'ha gastat l'energia aportada?» té dues parts: «Pujar la temperatura» i «Separar les partícules». Només compta l'energia que ha entrat des de «Reinicia», així que comença a 0 %. Durant un replà només creix la segona. Si s'ha retirat més energia de la que ha entrat, passa a «D'on ha sortit l'energia retirada?».
- **La doble vista.** El que passa al recipient apareix alhora a les partícules. La barra de composició sota la placa i la llegenda donen el percentatge de sòlid, líquid i gas.
- **El punt del diagrama.** En creuar una línia, la franja anomena el canvi (FUSIÓ, VAPORITZACIÓ, SUBLIMACIÓ…). També diu si ha estat per escalfar o per canviar la pressió. Sobre una línia indica quins estats conviuen.

El desplegable «Conceptes clau» resumeix els sis canvis d'estat i tres idees: temperatura constant durant el canvi, temperatures pròpies de cada substància i partícules que no canvien. Al mode diagrama, «Com es llegeix un diagrama de fases» explica regions, línies, punt triple i l'escala comprimida.

## Ús a cada curs

Al bloc de 1r a 3r d'ESO la simulació serveix per introduir els estats i els canvis d'estat amb la teoria cineticomolecular i per analitzar l'energia dels canvis amb la gràfica temperatura–temps; a 4t d'ESO, per relacionar els canvis d'estat amb la pressió.

Els sabers i els criteris d'avaluació citats són els del currículum de Catalunya: Decret 175/2022 (DOGC núm. 8762, de 29 de setembre de 2022) per a l'ESO i Decret 171/2022 (DOGC núm. 8758, de 22 de setembre de 2022) per al batxillerat. A l'ESO, els sabers de 1r, 2n i 3r formen un sol bloc i cada centre decideix en quin curs treballa cada saber; 4t té el seu propi bloc. Al batxillerat, Física i Química són matèries separades des de 1r. Està previst que a partir del curs 2026-27 la Física i la Química de 1r de

Batxillerat es fusionin en una sola matèria, «Física i Química»; quan se'n publiqui el currículum caldrà revisar l'apartat de 1r.

La seqüència de 1r a 3r té dues parts: la primera presenta els estats i els canvis, i la segona, l'energia. El centre pot fer-les al mateix curs o en cursos diferents.

### 1r a 3r d'ESO: estats, canvis d'estat i energia dels canvis

*12–15 anys · 7th–9th grade als EUA · Year 8–10 al Regne Unit*

**Sabers.** La matèria: «Aplicació del model cinètic de la matèria i la teoria cineticomolecular a partir d'observacions sobre la matèria per explicar-ne les propietats, els estats d'agregació i els canvis d'estat, i la formació de barreges i dissolucions». L'energia: «Representació i interpretació de gràfics de temperatura, temps en processos d'escalfament i refredament i en els canvis d'estat», «Raonament dels aspectes energètics associats a canvis físics i els canvis químics i la seva identificació en fenòmens quotidians» i «Anàlisi i aplicació dels mecanismes i efectes de la transferència i conducció de calor sobre els sistemes materials (fluids i sòlids)...». Habilitats científiques bàsiques: «Ús de diversos entorns i recursos d'aprenentatge científic, com ara el laboratori o els entorns virtuals...».

**Criteris d'avaluació.** 1.1 (analitzar conceptes, fenòmens i processos interpretant informació en diferents formats, com gràfics i models), 1.2 (interpretar i predir el comportament de fenòmens quotidians relacionant-lo amb models i teories) i 3.1 (generar i usar dades de formats diversos per interpretar i comunicar informació sobre un procés físic).

La sublimació no s'anomena: és un dels canvis d'estat.

**Objectius.** Primera part: descriure sòlid, líquid i gas amb el model de partícules, anomenar els sis canvis d'estat, reconèixer que la temperatura no canvia durant la fusió i l'ebullició i associar cada substància a les seves temperatures de fusió i ebullició. Segona part: explicar amb el model de partícules per què la temperatura no canvia en un replà, distingir l'energia que puja la temperatura de la que separa partícules, interpretar una corba d'escalfament i una de refredament i reconèixer la sublimació.

**Seqüència d'explicació, primera part: estats i canvis d'estat (15–20 min).**

1. Mode Escalfar i refredar amb aigua (configuració inicial). Prémer «Apaga»: gel a uns −20 °C. Mostrar la lupa: partícules ordenades que vibren al seu lloc. Llegir la llegenda «SÒLID».
2. Triar velocitat ×2, pujar la placa a +50 % i prémer «Reinicia»: el gel torna a −20 °C i el temps a 0. Preguntar què marcarà el termòmetre mentre el gel es fon. Als 5 min de la targeta Temps arriba a 0 °C.
3. Assenyalar el replà: la temperatura es manté a 0 °C fins als 33 min. A la lupa les partícules abandonen la xarxa; al recipient el gel sura i es fa petit.
4. El líquid s'escalfa fins a 100 °C als 85 min; a la gràfica puja més a poc a poc que el gel. Preguntar què són les bombolles. La lupa mostra que són les mateixes partícules, ara separades. El replà dura fins als 137 min.
5. Deixar que el vapor continuï escalfant-se per sobre de 100 °C: la temperatura torna a pujar. En arribar a 250 °C, el límit del termòmetre, la placa s'apaga sola i apareix «LÍMIT». Posar la placa a −50 %: gotes a la tapa (condensació) i després solidificació. Obrir «Conceptes clau» i anomenar els sis canvis.
6. Canviar a Alcohol (es fon a −114 °C, bull a 78 °C) i a Nitrogen (−210 °C i −196 °C). La corba té els mateixos trams i els seus replans duren el mateix; el que canvia són les temperatures. Concloure que són propietats característiques.

**Seqüència d'explicació, segona part: energia dels canvis (15–20 min).**

1. Aigua, placa a +100 %, velocitat ×2 i «Reinicia». Activar les dues caselles de la vista de partícules. Relacionar la vibració del sòlid i la rapidesa del líquid amb la temperatura.
2. En acabar la fusió, llegir la barra d'energia: 16 % «Pujar la temperatura» i 84 % «Separar les partícules». En acabar l'ebullició marca 41 % i 59 %. La vaporització necessita més energia que la fusió: el replà de 100 °C és gairebé el doble de llarg que el de 0 °C.
3. Posar la placa a +50 %, prémer «Reinicia» i repetir. La fusió dura 28 min en lloc de 14, però continua a 0 °C. Més potència escurça el replà; no puja la temperatura de canvi.
4. A mitja fusió, prémer «Apaga». L'estat passa a «Sòlid i líquid alhora» i la franja a EQUILIBRI. Sense intercanvi d'energia, la proporció no canvia.
5. Escalfar fins al gas a 140 °C, posar la placa a −100 % i comentar la corba de refredament: els mateixos replans, ara CONDENSACIÓ i SOLIDIFICACIÓ. Canviar a Nitrogen i llegir a la gràfica les seves temperatures per identificar-lo.
6. Passar a Pressió i temperatura, $CO_2$, exemple «Gel sec» (1 atm, −100 °C). Pujar la temperatura: cap a −78 °C el sòlid passa directament a gas. La franja diu SUBLIMACIÓ. També es pot veure a la corba: Escalfar i refredar amb «Gel sec ($CO_2$)» té un sol replà, a −78 °C, retolat SUBLIMACIÓ, sense tram de líquid.

## 4t d'ESO: canvis d'estat i pressió

*15–16 anys · 10th grade als EUA · Year 11 al Regne Unit*

**Sabers.** La matèria: «Argumentació i predicció de les propietats macroscòpiques de diverses substàncies (estat, conductivitat, densitat, temperatura d'ebullició i de fusió...) amb relació al tipus de substància i la seva estructura». La interacció: «Valoració dels efectes de les forces aplicades en líquids i gasos, i especialment del concepte de pressió, i els seus efectes en diferents situacions». L'energia: «Reconeixement dels diferents processos de transferència d'energia en què estan implicats forces o diferències de temperatura...».

**Criteris d'avaluació.** 1.2 (interpretar i predir el comportament de fenòmens quotidians argumentant-lo amb models, lleis i teories) i 3.1 (generar i usar dades de formats diversos, com diagrames, per interpretar i comunicar informació).

El currículum no anomena la pressió atmosfèrica ni els diagrames de fases; l'efecte de la pressió sobre els canvis d'estat encaixa en els efectes de la pressió en líquids i gasos.

**Objectius.** Llegir un diagrama de fases. Explicar que la temperatura d'ebullició depèn de la pressió. Justificar l'olla a pressió i la cocció a alta muntanya. Situar el punt triple i la sublimació del gel sec.

**Seqüència d'explicació (15–20 min).**

1. Mode Pressió i temperatura, aigua, exemple «Nivell del mar» (1 atm, 20 °C): estat Líquid. Assenyalar la línia d'1 atm, «fon a 0 °C» i «bull a 100 °C». Avisar que l'escala de pressió està comprimida.
2. Plegar «Lectura del diagrama», que donaria la resposta. Exemple «Cim de l'Everest» (0,33 atm). Preguntar a quina temperatura bullirà. Pujar la temperatura amb el lliscador: entre 70 i 73 °C l'estat és «Líquid i gas alhora». La franja confirma que bull a 72 °C.
3. Exemple «Olla a pressió» (2 atm). La targeta «A aquesta pressió, la substància...» diu que bull a 121 °C. Relacionar més pressió amb més temperatura de cocció.
4. Tornar a «Nivell del mar» i baixar només la pressió. Cap a 0,023 atm l'aigua bull a 20 °C. La franja diu «En baixar la pressió, el líquid bull sense escalfar-lo!».

5. Exemple «Punt triple» (0,006 atm i 0 °C): conviuen els tres estats. Per sota d'aquesta pressió no hi ha líquid; a 0,005 atm el gel sublima a −2 °C.
6. Canviar a $CO_2$. «Aire lliure» (1 atm, 20 °C) és gas. «Extintor de $CO_2$» (65 atm) és líquid i bullirà a 26 °C. A 1 atm el $CO_2$ mai no és líquid.
7. Canviar a Iode. «Al laboratori» (1 atm, 80 °C) és sòlid i a 1 atm es fondria a 114 °C. «Amb poca pressió» (0,01 atm, 80 °C) és gas: per sota de 0,12 atm el iode sublima. Preguntar per què, en escalfar iode en un tub obert, es veuen vapors violetes sense líquid: el vapor es dispersa a l'aire i la pressió del iode es manté molt baixa.

### Física de 1r de Batxillerat: repàs puntual

*16–17 anys · 11th grade als EUA · Year 12 al Regne Unit*

La simulació encaixa com a repàs en tractar l'«Anàlisi de les variables termodinàmiques d'un sistema en funció de les condicions: determinació de les variacions de temperatura que experimenta i les transferències d'energia que es produeixen amb el seu entorn» (Energia). Durant un replà entra calor i la temperatura no canvia: la barra d'energia permet discutir que augmenta l'energia interna. A Química de 1r, la casella d'atraccions serveix de pont cap a l'«Aplicació de teories sobre l'estabilitat dels àtoms i dels ions...», comparant els 100 °C de l'aigua amb els −196 °C del nitrogen.

### Química de 2n de Batxillerat: repàs puntual

*17–18 anys · 12th grade als EUA · Year 13 al Regne Unit*

Al diagrama, sobre qualsevol línia o al punt triple, les partícules intercanvien el seu estat cada 0,65 s i es marquen amb un anell. Il·lustra l'«Aplicació i conceptualització de l'equilibri químic com a procés dinàmic...» (Reaccions químiques › Equilibri químic) sense necessitat d'una reacció. Les temperatures d'ebullició de l'aigua, de l'etanol i del nitrogen serveixen d'entrada a les «Relacions entre forces intermoleculars i propietats macroscòpiques de compostos moleculars...» (Enllaç químic i estructura de la matèria › Enllaç químic i forces intermoleculars).

## Concepcions alternatives que ajuda a corregir

La simulació ataca sobretot la idea que les partícules canvien en canviar d'estat i la confusió entre calor i temperatura. Cada fila indica la idea prèvia freqüent i com desmuntar-la amb la simulació.

| Idea de l'alumnat | Idea correcta | Com mostrar-ho |
|---|---|---|
| «Si continuo escalfant, l'aigua que bull continua pujant de temperatura» | Durant l'ebullició la temperatura es manté constant | Aigua a +50 %: el termòmetre queda a 100 °C dels 85 als 137 min i la gràfica retola «temperatura constant» |
| «Amb més foc l'aigua bull a més temperatura» | La potència escurça el replà, però no canvia la temperatura d'ebullició | Repetir amb +100 %: l'ebullició dura 26 min en lloc de 52 i continua a 100 °C |
| «Les bombolles de l'aigua que bull són aire» | Són la mateixa substància en estat gasós | Mirar la lupa durant l'EBULLICIÓ: les partícules del líquid escapen com a gas. El recipient és tancat i no hi ha altres partícules |
| «En fondre's o evaporar-se, les partícules es dilaten, s'alenteixen o canvien» | Les partícules són les mateixes; canvien el seu ordre, la seva separació i el seu moviment | Recórrer la corba de l'aigua: sempre hi ha les mateixes 64 molècules d'$H_2O$. Llegir «Conceptes clau» |

| Idea de l'alumnat | Idea correcta | Com mostrar-ho |
|---|---|---|
| «En un sòlid les partícules estan quietes» | Les partícules del sòlid vibren al voltant de la seva posició, més com més calent és | Prémer «Apaga» amb el gel a −40 °C i després a −5 °C, i comparar la vibració a la lupa: amb la placa apagada la temperatura no canvia i les partícules continuen vibrant |
| «Entre les partícules d'un gas hi ha aire» | Entre les partícules només hi ha buit | Vapor d'aigua a 120 °C: la finestra de partícules és buida entre elles |
| «En escalfar un sòlid, sempre es fon abans de passar a gas» | Hi ha substàncies que, a 1 atm, passen directament de sòlid a gas | Gel sec ($CO_2$) a Escalfar i refredar: un sol replà a −78 °C, SUBLIMACIÓ, i mai no apareix líquid al recipient |
| «Refredar és afegir fred» | Refredar és treure energia | Placa a −50 %: el rètol diu «REFREDA 50 % · surt energia» i les fletxes surten del recipient |
| «L'aigua sempre bull a 100 °C» | La temperatura d'ebullició depèn de la pressió | Diagrama de l'aigua: al «Cim de l'Everest» bull a 72 °C i a l'«Olla a pressió», a 121 °C |

## Simplificacions que convé conèixer

La simulació prioritza que es vegin bé els replans i el model de partícules i, per això, escala energies i temps. Convé conèixer aquestes llicències per no reforçar idees incorrectes sense voler.

1. **Energies iguals per a totes les substàncies.** La fusió absorbeix 14 unitats i la vaporització 26 en totes les substàncies amb líquid; al gel sec, la sublimació absorbeix les dues juntes, 40. Els tres trams d'escalfament es reparteixen 36 unitats segons el que puja la temperatura en cadascun. Les temperatures sí que són reals; en la realitat cada substància té les seves pròpies calors específiques i latents.
2. **Les proporcions entre trams no són reals.** La vaporització absorbeix 26 unitats davant de 14 de la fusió, unes 1,9 vegades més. A l'aigua real són unes 6,8 vegades més (2257 davant de 334 J/g). N'hi ha prou de dir «més energia».
3. **El líquid sempre necessita el doble per grau.** A les substàncies amb líquid, aquest necessita el doble d'energia per grau que el sòlid i el gas, així que el seu tram de la corba és menys inclinat. És el cas de l'aigua (4,18 davant d'uns 2 J/g·°C), però a l'alcohol, al nitrogen o al ferro la proporció real és una altra. Els pendents es poden comparar dins de l'aigua, no entre substàncies.
4. **El temps no és real.** Cada «min» de la targeta Temps és un segon real a ×1. Amb l'aigua a +50 %, la corba completa dura 147 min. Les xifres de temps només serveixen per comparar trams entre si.
5. **Una tapa mòbil manté 1 atm.** El recipient és tancat amb una tapa que es mou lliurement, així que la pressió no canvia i els replans són els d'1 atm. En un recipient rígid la pressió pujaria en formar-se vapor i no hi hauria replà a 100 °C; la pista i el rètol del recipient ho indiquen. A més, no apareix gas fins a la temperatura d'ebullició: l'evaporació per sota d'aquesta temperatura no es representa. Convé matisar-ho en parlar de la roba estesa.
6. **L'agitació no depèn de la temperatura absoluta.** Cada estat reparteix la seva agitació dins del seu propi interval de temperatures. La vibració del sòlid va de 0,8 a 3,2 px i la rapidesa del gas, de 3,2 a 4,6. El nitrogen gasós a −190 °C es mou igual que el vapor d'aigua a 120 °C. Per comparar substàncies, cal fer servir el termòmetre, no la lupa.
7. **La xarxa del sòlid és una figura de 16 × 4.** És ampla i baixa, com el líquid, perquè en solidificar les partícules s'ordenin al fons. Al gel les partícules queden a 20 px i el sòlid ocupa una mica més que l'aigua líquida, que les ajunta a 18 px; a les altres substàncies la xarxa és compacta (17,5 px). A la lupa

el sòlid sempre és al fons; al recipient, en canvi, el gel sura. Les molècules d'aigua, nitrogen, $CO_2$ i iode tenen la forma real, però les mides dels àtoms són orientatives, i l'alcohol es dibuixa com una esfera per no recarregar la vista.

8. **El diagrama de fases és esquemàtic.** La pressió va en escala logarítmica. La línia de fusió de l'aigua té el pendent real (−0,0075 °C/atm), però a 5 atm només baixa a −0,03 °C i sembla vertical. No serveix per mostrar aquesta anomalia. El $CO_2$ no té punt crític: la seva corba acaba a 30 °C i 71,5 atm. Al iode, les corbes s'ajusten al seu punt triple, a la seva ebullició a 1 atm i a la seva pressió de vapor a 25 °C (0,0004 atm); el pendent de la línia de fusió és aproximat.
9. **Les línies tenen gruix.** El punt és sobre una línia si queda a menys de 5 px, i al punt triple a menys de 12 px. Per això «Líquid i gas alhora» apareix en un interval, de 70 a 73 °C a l'Everest. Sobre la línia les partícules es reparteixen a parts iguals, quan en realitat la proporció depèn de l'energia aportada.

## Fitxa d'activitats de l'alumnat

La fitxa d'activitats segueix l'esquema prediu, observa i explica. Cada activitat porta un enllaç a la simulació ja preparada, de manera que funciona a l'aula d'informàtica, amb tauletes o com a tasca a casa. Es descarrega en Word i LibreOffice per adaptar-la.

| Curs | Activitats | Durada orientativa |
|---|---|---|
| 1r a 3r d'ESO, primera part | Abans de començar, activitats 1, 2, 4 i 5, Aplica el que has après, Revisa les teves idees i Autoavaluació | Una sessió de 50–55 minuts |
| 1r a 3r d'ESO, segona part | Activitats 1 a 6 (la 3 amb la barra d'energia) i Aplica el que has après | Una o dues sessions |
| 4t d'ESO | Activitats 1 i 3 com a repàs i Per ampliar, amb el diagrama de fases | Una sessió |

La taula d'«Abans de començar» recull sis de les idees prèvies de la taula de concepcions alternatives. Convé no corregir-la al principi: l'alumnat hi torna a «Revisa les teves idees». Els temps depenen de la potència i de quan es premi «Reinicia»; els de les solucions són amb la placa a +50 %.

### Solucions

| Apartat | Solució |
|---|---|
| Abans de començar | Totes falses. a) i b) La temperatura queda a 100 °C mentre bull, amb qualsevol potència (activitats 1 i 3). c) Són vapor d'aigua (activitat 2). d) Les partícules són les mateixes; canvien el seu ordre, la seva separació i el seu moviment (activitat 2). e) Vibren al voltant de la seva posició (activitat 2). f) Depèn de la pressió (Per ampliar) |
| Activitat 1 | Comença a fondre's cap als 5 min a 0 °C i acaba cap als 33 min, a 0 °C; comença a bullir cap als 85 min a 100 °C i acaba cap als 137 min. La gràfica té dos trams plans (replans): la temperatura no canvia durant la fusió ni durant l'ebullició. L'ebullició dura gairebé el doble que la fusió |
| Activitat 2 | Sòlid: ordenades en xarxa, vibren al seu lloc, unions fortes. Líquid: juntes però desordenades, llisquen, unions febles. Gas: molt separades, es mouen ràpid i en línia recta, sense unions. Les partícules no canvien; canvien el seu ordre, la seva separació i el seu moviment. Les bombolles són la mateixa aigua en estat gasós. Entre les partícules del gas hi ha buit |
| Activitat 3 | Bull a 100 °C amb les dues potències. L'ebullició dura uns 52 min amb +50 % i uns 26 min amb +100 %. Més potència escurça el replà, però no puja la temperatura: durant l'ebullició l'energia es gasta a separar les partícules, no a pujar la temperatura |
| Activitat 4 | Condensació a 100 °C (gotes a la tapa) i solidificació a 0 °C (es forma gel). Refredar no és afegir fred: és treure energia, i les fletxes surten del recipient |

| Apartat | Solució |
|---|---|
| Activitat 5 | Aigua: 0 i 100 °C, líquida a 20 °C. Alcohol: −114 i 78 °C, líquid. Nitrogen: −210 i −196 °C, gas. Ferro: 1538 i 2862 °C, sòlid. Són pròpies de cada substància i no depenen de la quantitat, així que serveixen per identificar substàncies |
| Activitat 6 | Un sol replà, a −78 °C (a la simulació, −78,5 °C): SUBLIMACIÓ. No apareix líquid. A pressió atmosfèrica el $CO_2$ sòlid passa directament a gas, així que refreda sense mullar |
| Aplica el que has après | 1) Fusió, vaporització i sublimació: cal donar energia. Solidificació, condensació i sublimació inversa: cal treure'n. 2) Gas que baixa de 120 a 100 °C, replà de condensació a 100 °C, líquid de 100 a 0 °C, replà de solidificació a 0 °C, sòlid de 0 a −20 °C. 3) Alcohol (etanol); a 0 °C és líquid. 4) Totes dues són a 100 °C; la de foc fort s'evapora abans |
| Per ampliar | 1) Cap a 72 °C: l'aigua bull a menys temperatura i la pasta es cou pitjor. 2) 121 °C: l'aigua líquida arriba a més temperatura i cuina abans. 3) Cap a 0,023 atm |

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. Guia publicada amb llicència CC BY-SA 4.0: la pots adaptar i compartir citant-ne l'autoria i amb la mateixa llicència. Versió actualitzada i simulació a simulaciencia.es/ca/guies/cambios-estado/.