

Práctica: la curva de enfriamiento del ácido láurico

Práctica de laboratorio para registrar la curva de enfriamiento de una sustancia pura, identificar la meseta de solidificación, obtener su temperatura con incertidumbre y explicarla con el modelo cinético-molecular.

DURACIÓN

2 sesiones de 55 min

AGRUPACIÓN

grupos de 3

UNIDAD 2

Sistemas materiales: estados de agregación, modelo de partículas y clasificación

MATERIALES

- Ácido láurico (ácido dodecanoico) sólido, unos 5 g por grupo, en un tubo de ensayo grande
- Vaso de precipitados de 400 mL con agua caliente (60-70 °C) del hervidor o de una placa calefactora
- Vaso de precipitados de 250 mL con agua a temperatura ambiente
- Termómetro digital o sonda de temperatura (resolución 0,1 °C); si solo hay termómetro de vidrio, anota su resolución
- Soporte, nuez y pinza para sujetar el tubo
- Cronómetro o el del móvil
- Gafas de seguridad (una por persona) y guantes de nitrilo
- Hoja de cálculo u hoja milimetrada

ENCAJE CURRICULAR · Saberes B.1, B.2 · Comp. específicas CE1, CE2 · Comp. clave STEM, CCL, CD, CPSAA

Criterios: 1.2, 2.1, 2.3

Objetivo

Registrar la curva de enfriamiento de una sustancia pura, identificar en ella el cambio de estado y obtener su temperatura de solidificación con su incertidumbre. Explicar con el modelo cinético-molecular por qué la temperatura se mantiene constante mientras la sustancia solidifica, aunque siga cediendo energía.

Planteamiento

El ácido láurico es un ácido graso presente en el aceite de coco. A temperatura ambiente es un sólido blanco y funde por encima de 40 °C, así que su cambio de estado se puede estudiar con agua caliente, sin llama.

Antes de medir, cada grupo dibuja cómo cree que será la gráfica temperatura-tiempo mientras el ácido láurico líquido se enfría hasta solidificar, y lo justifica en una frase. Al final se compara la predicción con los datos.

Normas de seguridad específicas

- **Gafas de seguridad obligatorias durante toda la práctica.** El ácido láurico puede causar lesiones oculares graves (clasificación de peligro H318 en su ficha de PubChem). Guantes de nitrilo al manipular el sólido.

- Nunca se calienta el tubo directamente con una llama ni en la placa: solo en el baño de agua caliente. El agua no debe superar los 70 °C; no hace falta más para fundirlo.
- El vaso con agua caliente se coloca en el centro de la mesa, lejos del borde y de los cables. El tubo se sujeta siempre con la pinza del soporte, no con la mano.
- No se remueve con el termómetro de vidrio, si lo hay: se mueve el tubo con suavidad.
- El ácido láurico no se tira por el desagüe: al solidificar lo obstruye. El tubo se guarda tal cual, con el sólido dentro, para volver a usarlo. Al terminar, lavado de manos.

Procedimiento

- 1. Fundir.** Sujetad el tubo con el ácido láurico en el soporte e introducidlo en el baño de agua caliente hasta que todo el sólido se haya fundido. Introducid la sonda en el líquido, en el centro del tubo y sin tocar el fondo.
- 2. Esperar.** Dejad el tubo en el baño hasta que la temperatura del líquido supere los 55 °C.
- 3. Preparar la medida.** Poned en marcha el cronómetro y, en ese mismo instante, pasad el tubo al vaso con agua a temperatura ambiente. Anotad la temperatura inicial ($t = 0$ s).
- 4. Registrar.** Anotad la temperatura cada 30 s durante al menos 12 minutos, o hasta que la temperatura esté 2 °C por debajo de la meseta. Moved la sonda arriba y abajo con suavidad mientras el ácido aún sea líquido; cuando empiece a solidificar, dejadla quieta.
- 5. Observar.** Anotad en la tabla en qué momento aparecen los primeros cristales y en qué momento todo el contenido está sólido.
- 6. Repetir.** Si da tiempo, volved a fundir el tubo en el baño y repetid la medida; así podréis comparar las dos mesetas.
- 7. Gráfica.** Representad la temperatura (eje vertical) frente al tiempo (eje horizontal). Marcad el tramo de la meseta.
- 8. Tratamiento.** Con las lecturas de la meseta, calculad el valor medio, la incertidumbre tipo A ($u_A = s/\sqrt{n}$), la tipo B ($u_B = 0,1 \text{ °C}/\sqrt{12}$) y la combinada, como en la unidad 1.

Tabla de datos

T (s)	T (°C)	OBSERVACIONES (LÍQUIDO / PRIMEROS CRISTALES / SÓLIDO)
0		
30		
60		
90		
120		
...		
720		
RESULTADO		VALOR
Lecturas que forman la meseta (°C)		
Valor medio de la meseta (°C)		
u_A , u_B y u (°C)		
Temperatura de solidificación: $(T \pm u)$ °C		

Cuestiones

1. Describid la forma de vuestra curva en tres tramos. ¿Coincide con vuestra predicción? Si no, ¿qué esperabais y por qué?
2. Durante la meseta, el tubo sigue cediendo energía al agua, que está más fría. ¿Por qué no baja la temperatura del ácido láurico? Explicadlo con el modelo de partículas.
3. ¿Qué demuestra esta práctica sobre la diferencia entre calor y temperatura?
4. Un compañero dice: «En la meseta las moléculas se están solidificando». Corregid la frase con lo que dice el modelo cinético-molecular.
5. Comparad vuestro resultado con el valor de referencia (en torno a 43-44 °C). Si la diferencia es mayor que vuestra incertidumbre, proponed una causa concreta: ¿calibración del termómetro?, ¿impurezas? ¿Cómo sería la curva de una mezcla?
6. Redactad el informe con la estructura de la unidad 1: objetivo e hipótesis, material, procedimiento, resultados (tabla y gráfica), análisis y conclusiones.

Alternativa virtual

Si no hay laboratorio disponible, la parte cualitativa puede hacerse con la simulación [Estados de la materia de PhET](#) (Universidad de Colorado, en español): se elige una sustancia, se enfría poco a poco y se observa a la vez el termómetro y la disposición de las partículas al pasar de líquido a sólido. La simulación no produce una curva con incertidumbre real, así que la cuestión 5 y el tratamiento de datos se hacen con los datos de ejemplo que facilite el profesorado.

Rúbrica

CRITERIO	INSUFICIENTE (1)	SUFICIENTE (2)	NOTABLE (3)	EXCELENTE (4)
Trabajo experimental y seguridad (1.2)	Incumple las normas o no completa la toma de datos	Completa la toma de datos con recordatorios de seguridad	Toma datos completos y cumple las normas sin recordatorios	Además, controla la posición de la sonda y anota observaciones útiles
Representación de los datos (2.1)	Sin gráfica o gráfica no interpretable	Gráfica con ejes, pero sin unidades o con escala inadecuada	Gráfica correcta con unidades y la meseta identificada	Gráfica correcta y comentada, con el subenfriamiento señalado si aparece
Resultado con incertidumbre (2.1)	Sin valor de la meseta	Valor de la meseta sin incertidumbre	$(T \pm u)$ °C con cifras correctas	Además, discute qué incertidumbre domina y el papel de la calibración
Explicación con el modelo de partículas (2.3)	Atribuye a las moléculas propiedades macroscópicas	Explica la meseta de forma incompleta	Explica la meseta con atracciones y agitación de las partículas	Distingue con claridad calor y temperatura y relaciona la meseta con la pureza

Solución orientativa

Para el profesorado: pasos de la resolución del ejercicio.

1. Forma de la curva: la temperatura baja deprisa desde unos 60 °C, se estabiliza durante varios minutos en una meseta y después vuelve a bajar hacia la temperatura del agua. Justo antes de la meseta puede verse un pequeño descenso por debajo de ella seguido de una subida (subenfriamiento): es normal y no invalida la medida.
2. Temperatura de la meseta esperada: en torno a 43-44 °C. PubChem (CID 3893) recoge como punto de fusión 43,8 °C (y $111\text{ °F} \approx 43,9\text{ °C}$); la temperatura de solidificación de una sustancia pura coincide con la de fusión. Un valor de grupo entre 42 °C y 45 °C es un buen resultado; si la meseta sale claramente más baja e inclinada, el ácido láurico puede estar contaminado (una mezcla solidifica en un intervalo).
3. Incertidumbre de la meseta (ejemplo con seis lecturas de la meseta: 43,6; 43,7; 43,7; 43,6; 43,8; 43,7 °C): media 43,68 °C; $s = 0,075\text{ °C}$; $u_A = 0,075 / \sqrt{6} = 0,031\text{ °C}$; $u_B = 0,1 / \sqrt{12} = 0,029\text{ °C}$; $u = \sqrt{(0,031)^2 + (0,029)^2} = 0,042\text{ °C} \approx 0,04\text{ °C}$. Resultado: $(43,68 \pm 0,04)\text{ °C}$. Esta incertidumbre solo recoge la dispersión y la resolución; la exactitud que el fabricante declara para el termómetro (consúltase su ficha técnica) suele ser bastante mayor que 0,04 °C y domina, y es la primera explicación si el valor difiere del de PubChem en más de 1 °C.
4. Cuestión 2 (energía en la meseta): la temperatura no baja porque, al solidificar, las partículas pasan a posiciones fijas y se refuerzan las atracciones entre ellas; ese proceso cede energía (el calor latente de solidificación) que compensa la que el tubo pierde hacia el agua. La agitación media de las partículas, que es lo que mide la temperatura, no cambia mientras coexisten sólido y líquido.
5. Cuestión 3 (temperatura frente a calor): durante la meseta el tubo cede calor al agua continuamente, pero su temperatura no cambia. Prueba directa de que calor y temperatura son magnitudes distintas.
6. Cuestión 4 (modelo de partículas): en el líquido, las moléculas se desplazan unas sobre otras; en el sólido, vibran alrededor de posiciones fijas. Las moléculas de ácido láurico no se solidifican ni se endurecen individualmente: lo que cambia es su disposición y su movimiento.
7. Cuestión 5 (pureza): una sustancia pura da una meseta horizontal; una mezcla (por ejemplo, ácido láurico con un poco de otro ácido graso) solidifica a lo largo de un intervalo de temperatura y la meseta sale inclinada y más baja. Por eso la temperatura de fusión se usa para comprobar la pureza.