



# Movimiento Atómico/Molecular 2: Su relación con la temperatura

## Resumen:

Los estudiantes observarán el efecto de la temperatura en la tasa de difusión, interpretarán los resultados y sacarán una conclusión acerca de la relación entre la temperatura y el movimiento atómico/molecular. Además, iniciando con agua helada y una entrada constante de energía calorífica, ellos medirán, registrarán y graficarán la información de temperatura a través del tiempo conforme el hielo se derrite, el agua se calienta y bulle. Mediante la interpretación de las gráficas, ellos extenderán su entendimiento a situaciones que involucran cambios entre estados sólidos, líquidos y gaseosos. Esto les permitirá describir cualquier cambio de temperatura y/o estado en términos de entradas y salidas de calor y su efecto en el movimiento atómico/molecular. El concepto de medir cantidades de energía en términos de calorías y el significado de las calorías alimenticias también es incluido.

## Tiempo requerido:

- Parte 1. Efecto de la temperatura en la difusión (test experimental e interpretación de resultados, observaciones periódicas cortas repartidas durante varias horas e interpretación, 15-30 minutos).
- Parte 2. El calor y el cambio de estado (tomar y graficar información sobre el transcurso de un experimento más una discusión interpretativa, 1-2 horas).
- Parte 3. La medición de la energía calorífica, calorías (discusión de preguntas y respuestas, 30-40 minutos).

## Resultados:

A través de este ejercicio los estudiantes serán capaces de:

1. Describir la prueba que muestra cómo la tasa de difusión depende de la temperatura. Interpretar resultados en términos del movimiento atómicos/molecular.
2. Describir qué significa un experimento controlado y decir cómo la prueba (1 arriba) fue controlada.
3. Ilustrar con diagramas o describir de cualquier otra manera cómo los cambios en la temperatura son siempre un asunto de calor (energía) fluyendo hacia dentro o hacia fuera.
4. Al tener una sartén de agua helada colocada sobre un calor constante, dibujar una

gráfica burda que describa cómo se espera que su temperatura cambie a través del tiempo conforme el hielo se derrite, el agua llega a bullir y la ebullición continúa.

5. Interpretar la gráfica (4 arriba) en términos de calor y movimiento atómico/molecular. En particular, explicar por qué la temperatura permanece constante mientras el hielo se derrite y mientras está ocurriendo la ebullición.
6. El hielo se derrite por sí mismo sin añadir calor de un quemador. Explicar por qué/cómo esto ocurre.
7. El agua se evapora muy abajo de la temperatura de ebullición. Explicar por qué/cómo esto ocurre. Citar una experiencia común que demuestre que el calor está siendo absorbido en la evaporación.
8. Describir el flujo de calor (energía) que ocurre durante la condensación, el enfriamiento y el congelamiento.
9. Nombrar y definir una unidad común de energía calorífica. Explicar cómo todas las formas de energía pueden ser medidas en términos de calorías.
10. Relacionar las calorías alimenticias a las unidades de energía, el alza y la pérdida de peso.
11. Dar el contraste de las cantidades relativas de energía requeridas para derretir el hielo, alzar la temperatura del agua en cierta medida y convertirla en vapor.
12. Para cualquier cambio dado en la temperatura o estado del agua, indicar si éste involucra un flujo hacia dentro o hacia fuera de energía calorífica.

### Antecedentes requeridos:

- Lección A-11. Movimiento atómico/molecular 1

### Materiales:

#### Parte 1. Efecto de la temperatura en la difusión

- Dos vasos anchos de plástico o vidrio transparente
- Tinte para comida (u otra sustancia coloreada soluble en agua)
- Acceso a un refrigerador

#### Parte 2. El calor y el cambio de estado

- Un quemador de estufa o plato caliente
- Una sartén mediana
- Hielo
- Un termómetro con un rango que vaya desde los 0 hasta 100° C
- Papel para graficar
- Alcohol

#### Parte 3. La medición de la energía calorífica, calorías

- Paquetes de alimentos con etiquetas nutricionales

### Oportunidades de enseñanza:

En el transcurso de un repaso de la lección previa, movimiento atómico/molecular 1, lleve a los estudiantes a reflexionar en las preguntas indicadas abajo.

## Métodos y procedimientos:

### Parte 1. Efecto de la temperatura en la difusión

En el transcurso del repaso de la lección 11 (movimiento atómico/molecular 1), plantee la siguiente pregunta: ¿el movimiento atómico/molecular es afectado por la temperatura? Sin importar cómo respondan los estudiantes, persiga el cuestionamiento con la siguiente pregunta: ¿cómo podríamos ganar evidencia de la respuesta mediante experimentación? Deje que ellos mediten y hagan sugerencias conforme lo deseen y discuta la factibilidad y practicidad de cada prueba sugerida.

Si es necesario, dé claves para alentar el razonamiento: la difusión es una función del movimiento atómico/molecular; por lo tanto, si éste es más rápido a temperaturas mayores, entonces debemos observar una difusión más rápida a mayores temperaturas y más lenta a temperaturas inferiores. Los alumnos reconocerán que esto puede ser fácilmente probado mediante el monitoreo de la difusión a dos temperaturas distintas.

Para esto, haga que coloquen un vaso de agua corriente en un refrigerador donde pueda permanecer sin ser molestada y otro a temperatura ambiente. Después de darle suficiente tiempo a los vasos para alcanzar la temperatura de su entorno (al menos 30 minutos), añada una gota de colorante de alimentos (u otro compuesto teñido) a cada uno y periódicamente observe y registre las tasas relativas de difusión como se hizo en la lección 11 (movimiento atómico/molecular 1).

Nota: para poner a punto este experimento, usted puede llevar a cabo una discusión del porqué es importante asegurarnos que los vasos, las

cantidades de agua y el tinte añadido sean iguales, de manera que la temperatura sea la única variable (lo único que sea distinto). Lleve a los estudiantes a reconocer que si dos o más cosas son distintas, o peor aún, si no se tiene nada con qué compararlas, uno no sabrá a qué variable atribuir los resultados. Añada que poner a punto un experimento, de manera que haya solamente una comparación de una variable, es conocido como un experimento controlado.

Los estudiantes descubrirán que, de hecho, la difusión procede más despacio a una temperatura inferior y más rápida a una temperatura más templada. Ellos podrían desear probar si esta relación es válida para temperaturas adicionales. Mientras sea práctico, facilíteles hacerlo, ya que descubrirán que existe una relación directa entre la tasa de difusión y la temperatura: entre más cálida sea ésta, más rápida será la tasa de difusión. ¿Cuál es la conclusión? (Tiempo para pensar). Ellos deberán llegar a la conclusión de que la tasa de movimiento atómico/molecular está directamente relacionada con la temperatura. De hecho, esta idea puede ser extendida hasta decir que lo que realmente estamos midiendo como temperatura es la tasa relativa de movimiento atómico/molecular. Ayude a los estudiantes a visualizarlo: añadir calor acelera el movimiento atómico/molecular y es visto como un alza en la temperatura; el enfriamiento lo desacelera y es visto como una baja en la temperatura.

Enfatice un obvio, pero muy importante, aspecto de este proceso preguntando: ¿en qué dirección viaja el calor? Los niños probablemente no habrán pensado en términos del calor viajando, por lo tanto esta pregunta les podría parecer tonta. Sin embargo, persígala citando ejemplos

simples y utilizando una discusión de preguntas y respuestas.

Por ejemplo, uno siempre observa cómo una taza de chocolate caliente se enfría; esto es, el calor va desde la taza hacia los alrededores más fríos. Para calentarla se pudo haber requerido una estufa, de manera que el calor se moviera desde el quemador más caliente hacia el agua más fría (o en un microondas, que es otro método de poner energía calorífica en el agua). Uno nunca observa el calor del cuarto yendo hacia la taza y calentándola. Haga que los estudiantes den ejemplos adicionales de calentamiento y/o enfriamiento desde su experiencia. En análisis, cada caso puede ser visto como energía calorífica que se mueve desde un lugar más caliente hacia uno más frío; nunca al revés. Cuando un objeto alcanza la misma temperatura que su entorno, el movimiento calorífico puede continuar, pero se equilibrará con las mismas cantidades entrando y saliendo, de manera que la temperatura permanecerá constante.

La consistencia absoluta de esta observación ha llevado a los científicos a describirla como una ley natural: es la base de la segunda ley de termodinámica. Sin embargo, siempre haga notar que las cosas no se comportan en una cierta manera debido a las leyes naturales; es la observación de que las cosas se comportan de una manera la que lleva a nuestra definición de esos comportamientos como leyes naturales.

Reté a los estudiantes a hacer diagramas o ilustrar de cualquier otra forma la relación entre el movimiento atómico/molecular y la temperatura conforme el calor entra o sale. Haga que los estudiantes muestren/expliquen sus productos y ayúdeles a reconocer y realizar correcciones de cualquier malentendido que puedan haber descubierto.

## Parte 2. El calor y el cambio de estado

Cuando los estudiantes han dominado la conexión entre el calor que entra o sale y el resultante incremento o decremento en el movimiento atómico/molecular y la temperatura, plantee una pregunta adicional: ¿qué sucede cuando un cambio de estado o fase se ve involucrado; esto es, un cambio de sólido a líquido, de líquido a vapor, o viceversa? Sin importar sus respuestas, invítelos a discutir la manera en que ellos podrían determinar la respuesta mediante experimentación.

Un método a sugerir, si los estudiantes no lo traen a colación por sí mismos, es monitorear la temperatura conforme el hielo se derrite o el agua alcanza un punto de ebullición y se convierte en vapor mediante el hervor continuo. El razonamiento es: un quemador de estufa (plato caliente) a una graduación determinada representará una tasa constante de entrada de calor aun cuando no tengamos manera de realmente medirla. Entonces, monitorear la temperatura a través del tiempo nos dará una medición relativa de qué tanto calor se requiere para cada fase del proceso.

**PRECAUCION:** ya que esta demostración involucra monitorear la temperatura conforme usted lleva el agua a un punto de ebullición sobre un quemador, se requieren obvias precauciones de seguridad. Permita y facilite a los estudiantes su participación conforme usted lo considere prudente.

Inicie haciendo que preparen una tabla y/o gráfica para registrar los datos. La gráfica debe tener un rango de temperatura (que vaya desde los 0°C hasta los 110°C) en el eje vertical y de tiempo (intervalos de un minuto) en el eje horizontal. Luego proceda:

1. Coloque cerca de una taza de agua con

hielo molido en una sartén mediana y colóquela en un quemador a temperatura media/baja (si se utiliza un plato caliente, asegúrese de que ha estado prendido por unos pocos minutos de manera que haya alcanzado su temperatura antes de iniciar).

2. Gentilmente bata antes de que cada medición sea realizada para asegurarnos de que el calor está distribuido balanceadamente.
3. Mida la temperatura en intervalos de un minuto durante el tiempo que le lleve al hielo derretirse. Después se debe hacer que el agua llegue a ebullición y dejarla bullir durante 10 minutos aproximadamente. Ponga particular atención e indique el tiempo cuando se haya derretido lo último del hielo y el tiempo cuando comenzó a bullir.
4. Grafique los resultados de la temperatura contra el tiempo.

Mientras los alumnos ven sus gráficas, notarán que la temperatura permanece cerca de los 0°C mientras el hielo está presente (podría no ser exacto debido a un batimiento desigual, una falta de precisión en la medición y otros factores). Luego, la temperatura comienza un alza más o menos uniforme y constante hacia el punto de ebullición (100° C). Muy probablemente puede curvarse a un incremento más lento conforme alcanza el punto ebullición, debido a que la pérdida de calor se hace más grande a temperaturas mayores. También, la temperatura de ebullición probablemente no sea exacta por las razones anotadas a continuación. En cualquier caso, los estudiantes observarán que después de que el agua comienza a bullir, ya no existe un aumento en la temperatura.

Nota: estoy asumiendo que los alumnos sabrán que la ebullición es un proceso mediante el que el agua se convierte en vapor. Probablemente sea impráctico hervir el agua hasta que se seque la sartén (convertir toda el agua en vapor), pero ellos pueden estimar qué tanto tiempo se llevaría para que eso sucediera o, de hecho, hacerlo si el tiempo y el interés lo permiten.

Pida a los estudiantes que interpreten sus resultados en términos de entrada de calor, incremento en el movimiento atómico/molecular y la temperatura. En particular solicíteles que razonen por qué, a pesar de la entrada de calor, la temperatura permanece cerca del punto de congelamiento mientras el hielo está presente. ¿Por qué la temperatura no se alza más allá conforme la ebullición ocurre?

Si fuese necesario, guíelos para que recuerden que en el estado sólido (hielo) las moléculas de agua permanecen juntas en una estructura rígida; en el agua, éstas son libres de deslizarse las unas sobre las otras, mientras aún se mantienen sujetas por un lazo de hidrógeno. Por lo tanto, al pasar del estado sólido al líquido hay un gran incremento en la habilidad de las moléculas para moverse. En otras palabras, se produce un considerable aumento en el movimiento que las moléculas pueden y van a ejercer. Entonces, guíe a los alumnos para que razonen que el calor añadido al agua helada pasa a incrementar el movimiento atómico/molecular como antes; sin embargo, ese incremento involucra cambiar el agua desde su estado sólido hasta el líquido. Así, mientras el hielo esté presente y la mezcla sea batida de manera balanceada, el calor añadido será absorbido por el proceso de derretimiento y la temperatura permanecerá constante en el punto de congelamiento.

Algunos estudiantes pueden objetar que el hielo se derrite por sí mismo, que no es necesario añadir calor. Haga que observen que esto depende de la temperatura del aire circundante: el hielo no se derretirá si la temperatura del aire se encuentra por debajo del punto de congelamiento, pero cuando ésta se encuentra por arriba, el calor fluirá desde el aire que lo rodea hacia adentro del hielo. Entonces, derretir el hielo es un asunto de añadir energía calorífica.

Entonces, cuando se derrite el hielo, las gráficas mostrarán un alza más o menos uniforme en la temperatura. Esto es, cada minuto de calor resultará en el mismo número de alza en grados en la temperatura, hasta que llegemos cerca del punto de ebullición.

Cuando el agua empieza a bullir, los estudiantes observarán que ya no hay un alza mayor en su temperatura. ¿Por qué no? (Tiempo para pensar). Llévelos a recordar que en el estado gaseoso (vapor) las moléculas no están unidas en lo más mínimo; sino que tienen completa libertad de movimiento, pero para ejercitar el mayor movimiento debe existir una energía añadida; por lo tanto, el razonamiento es igual que en el caso de hielo que se derrite: energía añadida se dirige para separar las moléculas del estado líquido y las coloca en el estado gaseoso. Conforme la energía añadida se utiliza para causar este cambio de fase, no existe un alza en la temperatura. Una vez que el cambio ha ocurrido, la temperatura del vapor resultante puede ser alzada indefinidamente, aunque no intentaremos medirla aquí.

Pregunta a los estudiantes: “¿podemos llevar al agua a una temperatura mayor a su punto ebullición? (Tiempo para pensar). Suponga que fuésemos a poner una cubierta en la olla, de manera

que la expansión involucrada para pasar de líquido a gas no pudiese ocurrir. Esto mantendría el agua en su estado líquido. Instruya a los alumnos en que cuando esto se hace, la temperatura del agua se alza sobre el punto ebullición, PERO también la presión que se necesita para contenerlo. Esto es la esencia de los calentadores de vapor que son utilizados para hacer funcionar las turbinas y las máquinas de vapor (google: máquinas de vapor).

PRECAUCION: prevenga que este tipo de cosas no deben ser intentadas en casa, ya que calentar agua en un contenedor sellado puede fácilmente generar una presión tan grande que haga explotar el contenedor causando lesiones y la muerte (google: explosiones de calderas, si usted desea ver algunos ejemplos alarmantes).

### Enfriamiento por evaporación

Permita que los alumnos consideren que la ebullición no es el único lugar en donde observamos cómo el agua pasa de un estado líquido a un estado de vapor. ¿Qué tal la evaporación? Cuando uno se encuentra acalorado y sudoroso, ¿por qué la brisa tiene un efecto tan refrescante? Usted puede conducir una breve demostración dejando que un estudiante aplique algo de alcohol en su brazo, sople sobre éste y reporte la sensación refrescante. ¿Qué está sucediendo en tales casos? El punto a resaltar es que convertir el agua (u otro líquido) en vapor no requiere temperaturas de ebullición, pero sí requiere la misma entrada de energía calorífica. Por lo tanto, conforme el agua (u otro líquido) se evapora, ésta absorbe la energía calorífica de su entorno, causando un enfriamiento. Un ejemplo interesante y sorprendente son los animales, incluyendo

a los humanos, que toman ventaja de este principio. ¿Por qué uno suda cuando está acalorado? (Tiempo para pensar). La respuesta es que el sudor en la piel absorbe el calor del cuerpo conforme éste se evapora; una brisa simplemente acelera esta evaporación. Esto es llamado “enfriamiento por evaporación”.

Nota: los estudiantes deben notar que los perros no sudan; ellos jadean. Señale que ésta es otra manera de tomar ventaja del enfriamiento por evaporación: al jadear, el perro está evaporando agua adicional de las superficies internas.

Sus alumnos pueden observar la evaporación en términos del flujo de energía calorífica, que es similar al hielo que se derrite; es decir, requiere una entrada de energía para proceder, que puede ser simplemente absorbida de los entornos, de manera que lo que percibimos es un efecto refrescante.

Nota: hay muchas interacciones entre presión y temperatura, punto de ebullición, entre otras cuestiones. Éstas serán vistas más tarde en la lección A-13 (movimiento atómico/molecular 3). Por ahora, estamos asumiendo que la presión es constante.

### La liberación de calor en la condensación, el enfriamiento y el congelamiento

Haga que los estudiantes consideren los procesos de cómo el vapor de agua se condensa, se enfría y se congela. ¿Qué podríamos esperar experimentar acerca del flujo de calor en estos procesos?

Es obvio para los estudiantes que el agua caliente (o cualquier otro objeto caliente) despiden calor conforme se enfría. ¿Pero qué tanto calor? (Tiempo para pensar). En mediciones muy cuida-

dosas, se ha notado que está lejos de ser una cantidad al azar: exactamente la misma cantidad de calor sale al enfriarse que la que entró durante el calentamiento (si los estudiantes notan que cuando usamos una estufa parece como si mucho más calor estuviera siendo usado para calentar, explique que mucho del calor del quemador simplemente se va hacia el aire alrededor de la sartén, en vez de entrar al agua). Con esta equivalencia de la manera en que el calor entra y sale en el calentamiento y el enfriamiento, haga que consideren que es lógico que también exista una equivalencia en cómo el calor entra y sale en la evaporación, en la condensación e, igualmente, en el derretimiento y la congelación.

Anteriormente, los alumnos observaron la relativa gran cantidad de calor requerida para derretir hielo. Inversamente, la gran cantidad de calor emitida desde el agua, conforme ésta se congela, puede ser fácilmente demostrada si tenemos a la mano un congelador. Para ello, simplemente coloque un contenedor plástico cerca de una taza de agua caliente en el congelador y monitoree la temperatura en intervalos de 10 minutos, conforme se enfría y se congele. Grafique los resultados (la temperatura en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal). Los alumnos observarán que el agua se enfría, desde la temperatura inicial hasta el punto de congelación, en más o menos una línea descendente recta. Conforme el congelamiento inicia, sin embargo, la línea se nivela en el punto de congelación y permanece allí hasta que el congelamiento se ha terminado, el cual puede tardar varias horas.

Muchos estudiantes caerán en el malentendido de que el congelador está haciendo que las cosas se enfríen de alguna manera, al introducir frío en cualquier objeto que se haya colocado en él. Usted tendrá que enfatizar repetidamente que

cambiar la temperatura es siempre un asunto de meter o sacar calor: no existe nada tal como el frío; es simplemente una ausencia de calor. Entonces, el congelador solamente provee un medio ambiente de baja temperatura (la manera en que funciona un congelador o refrigerador será incluido en la lección A-13). El enfriamiento resulta de la salida del calor del agua hacia los entornos más fríos. El hecho de que el agua permanezca a  $0^{\circ}\text{C}$  conforme el congelamiento ocurre, muestra que hay una considerable cantidad de calor saliendo mientras cambia de líquido a sólido. De nuevo, es un asunto de cómo entra la energía y de una gran desaceleración en el movimiento atómico/molecular, conforme las moléculas de agua pasan de un estado líquido a uno sólido.

Guíe a los estudiantes para que razonen que el mismo principio aplica para la condensación del agua. De nuevo, mediciones sofisticadas muestran que la misma cantidad de calor es emitida en la condensación que la que entró durante la evaporación o la ebullición. Desafortunadamente, no conozco una manera simple de demostrar la gran cantidad de calor emitida en la condensación. Pero si usted tiene un frasco de ebullición con un tubo, puede direccionar el vapor a un tazón de hielo molido, en el cual éste se condensará. Es bastante asombroso cómo el vapor derrite el hielo rápidamente. Esto es indicativo de que una gran cantidad de calor es emitida en la condensación, la misma que entró durante la ebullición.

### Parte 3. La medición de la energía calorífica, calorías

Nota: en niveles superiores de estudio, el estándar internacional (SI) de unidad de energía es un joule. Éste tiene la ventaja de permitir medi-

ciones más precisas y es mucho más complejo para definir y visualizar. Por otra parte, la CALORÍA es la unidad de energía utilizada ampliamente en el campo de la nutrición y los alumnos, invariablemente, la habrán confrontado ahí. Además, una caloría es una unidad de energía que es relativamente fácil de visualizar y comprender. Por lo tanto, mantengo la siguiente discusión en términos de calorías.

Haga que los estudiantes observen que las actividades y razonamientos conducidos hasta ahora en esta lección nos han dado solamente ideas generales y conceptos. Llévelos a reflexionar: ¿no tendríamos un mejor comando si pudiéramos medir las unidades de energía calorífica que entran y salen? Los científicos de antaño debieron haberse enfrentado al mismo problema. ¿Qué hicieron?

Ellos decidieron determinar con precisión la cantidad de calor requerida para alzar la temperatura de un gramo de agua a un grado centígrado. Con equipo especial y mediciones muy cuidadosas, el resultado fue que la cantidad de calor requerida es la misma sin importar la temperatura inicial del agua. Los científicos resolvieron definir esta cantidad de energía calorífica como una caloría. Diciéndolo de otra manera, la definición de una caloría es la cantidad de calor requerida para alzar la temperatura de un gramo de agua a un grado centígrado.

Un gramo es definido como la masa de un mililitro de agua a  $4^{\circ}\text{C}$ , la temperatura en la cual el agua alcanza su punto más denso. El agua se expande con temperaturas sobre  $4^{\circ}\text{C}$  y bajo éstos; por lo tanto, la equivalencia de un gramo de agua con un mililitro no es exacta a temperaturas mayores o menores, pero es lo suficientemente cercana para la mayoría de los propósitos.

## Hilo de discusión A



1 caloría = cantidad de calor requerida para alzar la temperatura de 1 gramo de agua en 1° Celsius

Usted puede profundizar en la historia de cómo se llegó a esta decisión conforme lo vea conveniente (google: historia de la caloría).

Ahora, lleve a los estudiantes a considerar que todo tipo de energía puede ser convertida en calor.

Energía motriz a través de fricción para detenerla	calor
Energía eléctrica a través de la resistencia	calor
Energía de luz al ser absorbida	calor
Energía química en la combustión	calor

Por lo tanto, una cantidad de energía, sin importar su forma, puede ser medida y especificada en calorías. Sin embargo, el problema que surge es que la cantidad de calor requerido para alzar la temperatura de 1 gramo de agua a 1°C es bastante pequeña, por ello, si quisiéramos medir cantidades mayores de energía, esto nos llevaría a números demasiado grandes; por esta razón, los científicos empezaron a hablar de kilocalorías, unidades de 1000 calorías; esto quiere decir, la cantidad de calor requerida para alzar un kilogramo de agua (un litro de agua a 4°C) a 1°C. Desafortunadamente, el uso común hizo a un lado la parte de “kilos” y utilizó simplemente “caloría(s)” para expresar la unidad más grande también. Esto creó una confusión obvia con la cual parecemos destinados a vivir. Así que cuando existe alguna duda, uno necesita preguntar al interlocutor: “¿estás hablando de las ‘calorías grandes’ o de las ‘calorías pequeñas?’”

Con respecto a lo anterior, muchos estudiantes estarán familiarizados con las calorías de la comida, que son siempre calorías grandes, y con sus implicaciones en la nutrición (si no lo están, llame su atención a la etiqueta nutricional de

cualquier empaque de alimentos). Sí, el conteo de calorías de cualquier comida o bebida es una medida de su contenido energético y es determinado sacándolo primero y luego quemándolo para determinar su emisión de calor. La idea básica es que consumir calorías en exceso de los requerimientos energéticos del cuerpo, resulta en un aumento de peso; consumir menos calorías que las que el cuerpo requiere, tiene como consecuencia una pérdida de peso. ¿Cuántas calorías requiere tu cuerpo? (Tiempo para pensar). Haga que sus alumnos noten que todo esto depende, en mayor medida, de nuestro nivel de actividad física. Si cualquier estudiante desea proseguir con este tema, puede revisar enlaces en internet (google: calorías requeridas para \_\_\_\_\_). Este tópico será visto más específicamente en la lección B-26).

Dirija la atención de los estudiantes de regreso a sus gráficas, para que consideren el ingreso de energía calorífica requerida para derretir hielo y, aún más, para convertir el agua en vapor. Plantee la pregunta: ¿podrían estas cantidades de calor ser medidas en términos de calorías? (Tiempo para pensar). La respuesta es que pueden serlo;

solamente se requiere de equipo sofisticado, pero los científicos lo han hecho, con los siguientes resultados: se requieren 80 calorías pequeñas para derretir 1 gramo de hielo y 540 calorías, también pequeñas, para cambiar 1 gramo de agua a vapor. Inversamente, la condensación de 1 gramo de vapor para producir 1 gramo de agua genera 540 calorías pequeñas y 1 gramo de agua, cambiado a hielo, emite 80 calorías pequeñas. ¿Se debe uno sorprender porque requirió cerca de la misma cantidad de calor (tiempo en el quemador) para derretir el hielo como para alzar la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$  (llevar el agua a un punto de ebullición)? Entonces, se llevaría cinco veces hervirla hasta dejarla seca (convertir toda el agua a vapor) si hubiéramos elegido hacerlo.

### Puntos adicionales que pueden ser sacados a colación en el transcurso de esta lección:

Existen un número de puntos adicionales relevantes en esta lección. Sin embargo, para mantener a los estudiantes enfocados en ganar el entendimiento básico concerniente a las interacciones entre energía calorífica y movimiento atómico/molecular y no sobrecargarlos con demasiada información, he decidido dejarlos fuera. Pero podrían surgir en las preguntas de los estudiantes o en las discusiones. Enlisto estos puntos y breves respuestas aquí. Claro que usted puede profundizar en estos tópicos a más detalle, si lo elige.

1.- La presión es otro gran actor en la interacción entre el calor y el movimiento atómico/molecular. Por ejemplo, los puntos de ebullición son incrementados al aumentar la presión. Vere-

mos esto con más detalle en la lección A-13.

2.- Las impurezas en el agua influyen tanto para los puntos de congelación como para los de ebullición. Éste es el principio por el cual echamos sal sobre los caminos y las banquetas para derretir el hielo.

3.- El descubrimiento de que el movimiento atómico/molecular se desacelera conforme la temperatura se reduce, ha permitido que los científicos calculen que se debería alcanzar un “nivel cero” a la temperatura (redondeada) de  $-273^{\circ}\text{C}$  ( $-459^{\circ}\text{F}$ ). Ya que la temperatura está siempre relacionada con el movimiento atómico/molecular, esto significa que es prácticamente imposible obtener ninguna temperatura abajo de  $273^{\circ}\text{C}$ ; por lo tanto,  $-273^{\circ}\text{C}$  es conocido como el CERO ABSOLUTO. Los científicos han trabajado para reducir temperaturas hasta alcanzar el cero absoluto y se han acercado, pero aún no lo han logrado (google: cero absoluto. Note que el calor solamente fluye hacia un lugar más frío. Si nada puede ser más frío que el cero absoluto, no hay ningún lugar hacia el cual el calor podría fluir. Entonces, se hace esencialmente imposible enfriar cosas hasta el cero absoluto y, mucho menos, debajo de éste).

4.- En esta lección hemos mantenido el enfoque en el agua. Haga que los estudiantes noten que los principios sacados a colación son relevantes para todas las sustancias que tengan estados sólidos, líquidos y gaseosos. Es decir, cada una tiene un punto específico de congelamiento/derretimiento y un punto específico de ebullición/condensación, aun cuando éstos puedan estar mucho más arriba o abajo que los del agua. Considere los puntos de congelación y ebullición del oxígeno por ejemplo (google: punto de ebullición y de congelamiento del oxígeno o \_\_\_\_\_).

5.- El calor se mueve por radiación así como por conducción. Por ejemplo, usted puede sentir el calor de una estufa caliente aun cuando la temperatura del aire que la rodea sea baja. Esto se debe a que el calor está irradiando de la estufa y siendo absorbido por su cuerpo. Inversamente, usted podría sentir frío al pararse junto a una ventana fría, aun cuando la temperatura del aire sea templada. Esto es el resultado de la irradiación del calor desde su cuerpo hacia el frío exterior. Todo esto nos lleva a decir que las cosas pueden ser calentadas de dos maneras: la olla sobre la estufa está siendo calentada por conducción, ya que está en contacto directo con el quemador y el calor del quemador caliente está siendo conducido a través de la olla hacia el agua. Los objetos en microondas, por otra parte, están siendo calentados por radiación: el elemento de microonda emite una energía calorífica irradiante, que es absorbida por los artículos dentro del horno.

6.- Los incrementos/decrementos en el movimiento atómico/molecular discutidos en esta lección no son reacciones químicas, porque no involucran ningún tipo de reorganización de los átomos para formar diferentes compuestos. Los mismos químicos o compuestos continúan existiendo; sólo que el movimiento relativo de los átomos/moléculas cambia. Sin embargo, el movimiento incrementado, causado por temperaturas más altas, puede iniciar una reacción química. Por ejemplo, calentar el papel lo suficiente causa que se prenda. Esto es, el calor incrementa el movimiento atómico/molecular hasta el punto en que las moléculas del papel comienzan a desbaratarse, combinándose con oxígeno y, así, inicia la versión química de la combustión.

### Preguntas/discusiones/actividades para repasar, reforzar, expandir y evaluar aprendizaje:

Los estudiantes deben registrar en sus libretas de ciencias:

- a. Diagramas/descripciones que muestren cómo la temperatura afecta la tasa de difusión e interpretación de resultados.
- b. Una gráfica que muestre el cambio de la temperatura a través del tiempo, conforme una sartén con agua helada se derrite sobre un calor constante, alcanza el punto de ebullición y es hervida por un tiempo. Interpretación, en términos del movimiento atómico/molecular, de por qué la temperatura no se alza durante el derretimiento y el hervor.
- c. Diagramas que muestren la dirección en las que fluye el calor en los procesos de derretimiento, congelamiento, calentamiento, enfriamiento, evaporación y condensación.
- d. El nombre y definición de una unidad común de energía calorífica y cómo puede ser utilizada para medir cantidades de cualquier forma de energía.
- e. El significado de calorías en términos de nutrición.

Haga que los estudiantes creen y expliquen diagramas que muestren la entrada o salida de calor, en relación a calentamiento-enfriamiento, congelamiento-descongelamiento y vaporización-condensación. Expresé la cantidad relativa de calor necesario emitido en cada etapa.

Permita que sus alumnos conciben y desarrollen obras representativas de la relación entre el movimiento atómico/molecular y la temperatura, incluyendo los cambios de estado.

Cree juegos/concursos que requieran que los estudiantes citen la entrada o salida de calor y cómo la temperatura y/o el estado del agua se modifica.

Cualquier número de preguntas rápidas pueden ser elaboradas acerca de si un cambio de temperatura o estado involucra una entrada o salida de calor. También puede ser incluido comparar diferentes situaciones en términos de cantidades relativas del calor involucrado.

Enliste los atributos necesarios de un experimento controlado.

### En pequeños grupos plantee y discuta preguntas como las siguientes:

Se dice que el movimiento atómico/molecular es mayor a temperaturas más altas. ¿Cuál es una prueba sencilla que provee evidencia de esta aseveración?

¿Por qué la difusión debe ser más lenta a temperaturas menores?

Señalando una gráfica realizada en esta lectura, pregunte: ¿cómo explicamos el hecho de que, a pesar de las entradas de calor, la temperatura no se alza mientras que el hielo se está derritiendo? ¿Cómo explicamos que, a pesar de los ingresos de calor, la temperatura no se incrementa mientras el agua está hirviendo? ¿Hacia dónde se va la entrada de calor?

Se requieren entradas de calor para derretir, calentar y vaporizar. ¿Ocurre lo mismo en rever-

sa? Esto es, ¿se ven salidas de calor en la condensación, el enfriamiento y el congelamiento? Cite evidencias que apoyen cada respuesta.

Cuando nos acaloramos, tendemos a sudar. ¿Cuál es el valor de adaptación de esta respuesta fisiológica?

El número de calorías se enlistan en la etiqueta nutricional de la mayoría de los productos alimenticios. ¿Qué significa “calorías”? ¿Por qué las calorías son significativas?

### A los padres de familia y otros proveedores de apoyo:

Facilite que los niños conduzcan pruebas adicionales para determinar las tasas de difusión relativas de diferentes sustancias solubles en agua a diferentes temperaturas.

Haga que los niños actúen la relación entre la temperatura y el movimiento atómico/molecular.

En el transcurso de la cocina, discuta: ¿si algo se encuentra hirviendo en la estufa, lo podemos calentar aún más y cocinar más rápido subiendo la llama? ¿Después de que ha empezado a hervir, por qué tiene sentido bajar la llama para hacerla hervir a fuego lento?

Una olla de agua que es dejada sobre el quemador hervirá hasta secarse, pero esto toma un tiempo relativamente largo comparado con el tiempo que le toma llegar a un hervor. Discuta por qué éste es el caso.

Discuta la dirección en la cual el calor fluye cuando uno coloca algo en el refrigerador o en el congelador.

Ya que ejemplos de calentamiento, enfriamiento, congelamiento, descongelamiento, eva-

poración o condensación son experimentados en nuestra vida diaria, tómese tiempo para discutirlos en términos de cómo fluye el calor y cómo cambia su movimiento atómico/molecular.

Con sus niños, examine las etiquetas nutricionales y discuta el significado de “calorías” y su implicación en la nutrición.

### **Conexiones con otras lecciones y seguimiento a niveles superiores:**

- Lección A-13. Movimiento atómico/molecular 3
- Lección A-17. Calor, volumen y densidad
- Lección A-18. Corriente de convección: observación e interpretación
- Lección D-14. Clima y condiciones climatológicas 2