

Características de los gases , Líquidos y sólidos

9. Luego de haber visto todos estos fenómenos, vamos a tratar de resumir las características de los gases y compararlas con las de sólidos y líquidos.

Forma. ¿Tienen forma propia los gases o adoptan la de su recipiente? Mencionen claramente la evidencia que lleva a afirmar esto.

Volumen. ¿Tienen los gases un volumen definido? ¿De qué depende? Mencionen claramente la evidencia que lleva a afirmar esto.

Fluir. ¿Pueden fluir los gases? De nuevo, escriban claramente la evidencia que lleva a afirmar esto.

10. Completen la siguiente tabla con las características de los tres estados de la materia.

Propiedad	Sólidos	Líquidos	Gases
Forma			
Volumen			
Fluidez			
Compresibilidad			

Sustancias y cambios de estado

Analizamos tres sustancias: sal, galio y nitrógeno

1. Cuando la sal líquida deja de estar tan caliente se solidifica. ¿Qué es lo que la enfría?
2. Teniendo esto en cuenta, ¿la sal líquida se vuelve sólida a una temperatura menor, igual o mayor que la temperatura a la que se congela el agua?
3. A partir del video sobre el galio, ¿Todos los metales se derriten a la misma temperatura? ¿Puede existir mercurio sólido? ¿A temperatura menor, igual o mayor que la temperatura ambiente?
4. Observen el video del nitrógeno hirviendo. ¿Por qué está hirviendo?
5. ¿Estará ese nitrógeno hirviendo frío o caliente?
6. A partir de los videos de la sal y del galio ya sabemos que si los ponemos en un freezer, ambos estarían en estado sólido. ¿En qué estado se imaginan que estará el nitrógeno en un freezer? Dato: La temperatura aproximadamente en un freezer es de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pueden buscar a qué temperaturas se producen los cambios de estado del nitrógeno, de sólido a líquido y de líquido a gaseoso.

Sublimación

Observen detenidamente el video de iodo gaseoso.

1. ¿En qué estado se encuentra el iodo al inicio del proceso?
2. ¿Por qué se vuelve gaseoso?
3. En este caso, de acuerdo a lo que se ve en el video, ¿el iodo pasa por el estado líquido?

A modo de síntesis

1. ¿Qué hay que hacerle a una muestra de líquido para que pase a estado gaseoso?
2. ¿Qué hay que hacerle a una muestra de líquido para que pase a estado sólido?
3. ¿Qué pasa si se enfría mucho un gas? ¿Cuántos cambios de estado se pueden producir? Indagá a qué temperaturas cambia de estado el oxígeno.
4. Hacé un esquema que muestre todos los estados y cambios de estado con sus nombres oficiales. Indicá en cada caso si el cambio se produce por aumento o disminución de la temperatura.

Videos:

Fusión de la sal: <https://www.youtube.com/watch?v=9QZ5In6P-A4>

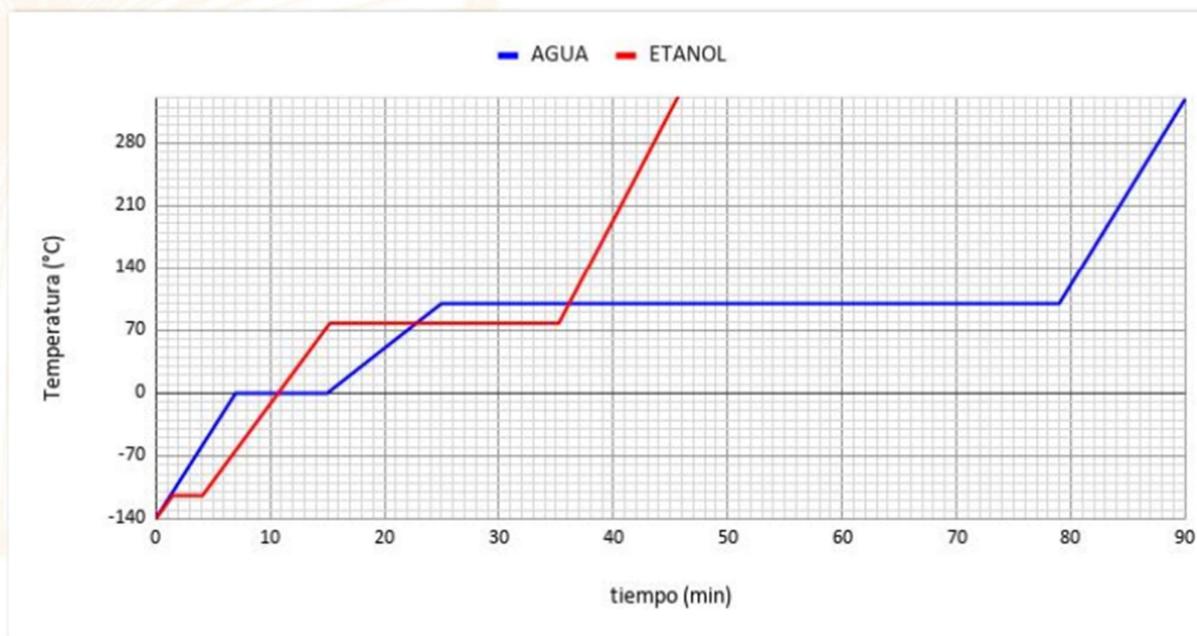
Fusión del galio: <https://www.youtube.com/watch?v=ZLtm4JBFkY>

Ebullición del nitrógeno: https://www.youtube.com/watch?v=_9MI5BvOmLk

Iodo gaseoso: <https://www.fenomenautas.org/paginas/clase/113>

Análisis de gráficos

El siguiente gráfico muestra las curvas de calentamiento de dos sustancias diferentes: agua (color azul) y etanol (color rojo). Estas curvas se obtienen experimentalmente de manera muy similar a la que usaron ustedes para construir gráficos de calentamiento y enfriamiento de agua. Se coloca la sustancia en contacto con una fuente de calor constante (puede ser un mechero o un baño termostatzado) y se toma nota de la temperatura.



A partir del gráfico, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Siempre que una sustancia se calienta aumenta su temperatura?
2. ¿En qué estado se encuentra cada una de estas sustancias a -70°C ?
3. ¿En qué estado se encuentra cada sustancia a 50°C ? ¿Y a 90°C ?
4. ¿Cuánto tiempo tarda el cambio de estado de líquido a gaseoso para el etanol?
5. Cada curva tiene dos segmentos donde la temperatura se mantiene constante. ¿Cuál corresponde al cambio de estado de líquido a gaseoso? ¿Cómo sabés?
6. Escribí una definición de punto de fusión. ¿Cuál es aproximadamente el punto de fusión del etanol? ¿Cómo sabés?
7. ¿En qué rango de temperaturas el etanol está en estado líquido?
8. ¿Qué aspecto tendrá una curva de enfriamiento de etanol? ¿Cómo se compara con la curva de calentamiento de esa sustancia?

Temperatura y partículas

Actividad 1. Esa cosa llamada calor

Las siguientes preguntas deben ser contestadas en base a la información e ideas de la viñeta fenomenal titulada "¿Es el calor una cosa?"

1. ¿Cómo explican la dilatación de los objetos con el aumento de temperatura la idea de "calor como sustancia" y la idea de "calor como movimiento"?
2. ¿Qué observaciones nos hacen pensar que el calor puede ser una sustancia? ¿Qué observaciones son más consistentes con la idea de calor como movimiento?
3. De acuerdo a la idea de calor como movimiento de partículas, ¿en qué sistema las partículas se están moviendo más rápido: en un gas caliente o un gas frío?
4. ¿Cómo explica la idea de calor como movimiento que cuando un objeto caliente está en contacto con un medio frío, el objeto se enfría y el medio se calienta?

Actividad 2. Estados de la materia y partículas en movimiento

Actualmente existe una enorme cantidad de evidencia consistente con la idea de que las partículas de un sistema están en constante agitación y que lo que nosotros percibimos como la temperatura de un objeto es producido por ese movimiento: en los objetos más calientes la agitación es más violenta.

La idea de calor como movimiento encaja muy bien con la idea de que todo está hecho de partículas, por supuesto.

1. Repasemos lo que sabemos de gases. ¿Cómo nos imaginamos en un gas la distancia entre las partículas? ¿Cómo describirían el movimiento de las partículas en un gas? ¿En qué difiere un gas frío del mismo gas cuando está más caliente (a mayor temperatura)?

2. ¿Cómo es la distancia entre partículas en un líquido y en un gas? ¿Cuál es la diferencia en términos de partículas entre un gas y un líquido? Basándose en eso, ¿cómo piensan que es el movimiento de las partículas en un líquido y en un sólido? ¿En qué se diferencia un sólido caliente del mismo sólido más frío en términos del movimiento de sus partículas?
3. ¿Qué se imaginan que sucede con el movimiento de las partículas de un sólido a medida que baja la temperatura del mismo? ¿Qué pasa si bajamos la temperatura al punto en que las partículas ya no se mueven nada? ¿Cómo sería entonces una temperatura más baja que esa?

Actividad 3. Cambios de estado: pegote versus movimiento

Imaginemos un sólido a escala microscópica para visualizar en nuestras mentes las partículas que supuestamente lo componen. Estas partículas conservan las posiciones exactas respecto de sus vecinas todo el tiempo, aun cuando tironeemos de un trozo del sólido. Es lógico pensar entonces que esas partículas están unidas unas con otras por algún tipo de fuerza inter-partículas.

Imaginemos ahora que calentamos un poco este sólido.

1. ¿Qué sucederá con el movimiento de sus partículas?
2. ¿Será suficiente el movimiento de las partículas como para vencer las fuerzas inter-partículas?

Podemos imaginarnos, pues, que existen dos tendencias contrapuestas en una sustancia. Por un lado el “pegote” entre partículas, las fuerzas inter-partículas, que fuerza a las partículas a permanecer en su lugar quietitas. Y por otro, la tendencia a salirse de su lugar debido al movimiento o agitación propios. A medida que aumenta la temperatura la agitación se hace más violenta.

En un líquido las fuerzas que mantienen pegoteadas a las partículas y la agitación térmica de las mismas es más o menos equivalente. En esta situación, podemos imaginarnos que las conexiones entre partículas se están creando y destruyendo rápidamente todo el tiempo.

3. ¿Cómo podemos explicar las características de un líquido mediante esta rápida sucesión de conexiones que se hacen y deshacen?
4. ¿Cómo piensan que se comparan el “pegote” y el “movimiento” en el caso de un sólido? ¿Por qué creen eso?
5. Las fuerzas inter-partícula pueden ser de diferente intensidad en diferentes sustancias. Vuelvan al gráfico de calentamiento de dos sustancias de la clase anterior. ¿Cuál de las dos sustancias les parece que tiene fuerzas inter-partículas más intensas?
6. Lo que aquí llamamos “fuerza inter-partícula” los científicos denominan más técnicamente “fuerzas intermoleculares” o en ocasiones “uniones intermoleculares”. ¿Cuál te parece que será la relación entre el punto de fusión de una sustancia y la intensidad de sus fuerzas intermoleculares? ¿Serán mayores las fuerzas intermoleculares en una sustancia con alto punto de fusión o bajo punto de fusión?

Viñeta fenomenal

¿Es el calor una cosa?

A finales de 1700 Escocia era un hervidero intelectual. En un mismo pub podían estar tomando cerveza grandes luminarias, como Adam Smith (quizá el más influyente pensador en economía y autor de *La riqueza de las naciones*) y el médico Joseph Black, a quien le debemos las primeras ideas rigurosas y concebidas con claridad acerca del calor.

Black hizo explícito y evidente algo que quizás hoy nos parezca obvio: las cosas tienden hacia la misma temperatura; los objetos calientes se enfrían y los fríos se calientan. Si dejamos una gaseosa bien fría sobre la mesa, la mesa y el aire a su alrededor se enfriarán. Para Black esto era evidencia de que los objetos intercambian algo, una cosa que él llamó “calor”. Pero cuando dos objetos están a la misma temperatura, no intercambian calor, y él los imaginaba en un estado de equilibrio térmico. A raíz de esto se planteaba una enorme cantidad de preguntas. ¿Qué es esa cosa que llamamos “calor”? ¿De qué está hecho? ¿Dónde está alojado dentro de las cosas? ¿Es un fluido, está hecho de átomos, ocupa espacio, tiene peso? ¿Cómo pasa de un objeto a otro? ¿Será posible aislar el calor en estado puro, fuera de los objetos? ¿Cómo podemos medirlo?

Black no podía ocuparse de resolver todos estos interrogantes, muchos de ellos muy difíciles. Decidió sí, que podía atacar el último: cómo medir el calor. Para eso se concentró primero en mezclas de agua a diferentes temperaturas. Las mezcló en recipientes bien aislados del entorno (como los termos) para que los intercambios de calor ocurriesen sólo entre las dos masas de agua. Luego realizó estos mismos experimentos con mezclas de diferentes materiales. Black encontró una fórmula para computar con exactitud la cantidad de calor y, en todos los casos, el calor perdido por un objeto era igual al calor ganado por el otro. En otras palabras, el calor (medido con su fórmula) no aparecía de la

nada ni se esfumaba en la nada, sino que migraba de un objeto al otro. Pronto Black extendió estas observaciones a situaciones en las cuales un material se derretía, se evaporaba, se condensaba, en suma, cuando había cambios de estado. En estas circunstancias no hay cambio de temperatura, pero Black mostró que sí hay intercambios de calor, y una vez más demostró convincentemente que en estos casos el calor no se crea ni se destruye.

Esto llevó a varios pensadores a postular que el calor es, en realidad, una sustancia o fluido que puede migrar de un objeto a otro, dado que la materia no se crea ni se destruye (la idea de energía todavía no había sido concebida). La llamaron "calórico" e imaginaron que esta sustancia podía formar una "atmósfera" alrededor de los átomos de las sustancias materiales comunes. A mayor temperatura, un objeto tendría entonces una atmósfera más gruesa de calórico alrededor de sus átomos. Esto podía explicar por qué los materiales tienden a dilatarse cuando se los calienta: sus átomos se separan más para acomodar sus atmósferas de calórico más gruesas. La idea era muy seductora y pronto consiguió seguidores de alto calibre intelectual. Pero no era la única imaginable. A muchos otros científicos se les ocurrió que el calor podía ser el efecto de la vibración microscópica de las partículas constituyentes de la materia (quizás átomos o moléculas). En efecto, el movimiento también puede transferirse de un objeto a otro, porque las partículas al vibrar chocan con sus vecinas, transfiriéndoles una parte de su movimiento (y perdiendo otra). ¿Era entonces el calor una sustancia o un tipo de movimiento? ¿Cómo resolver el dilema?

La idea de calor como sustancia se ajustaba bien a los experimentos de Black en los que un objeto se calienta y otro se enfría, y el calor total permanece constante, tan solo migrando de un objeto al otro. El mayor problema con esto es que hay muchísimas instancias en las que el calor sí se crea o destruye aparentemente de la nada. Por ejemplo, si comprimimos un gas adentro de un pistón (como cuando inflamos una bicicleta), el gas se calienta, a veces muchísimo. Y sin embargo, ninguna otra cosa se enfría. ¿Estamos creando calórico de la nada? "En absoluto", decían los defensores del calórico: lo que sucede en esos casos es que al comprimir el gas, apretamos sus partículas y en efecto "exprimimos" algo de sus atmósferas de calórico (sí, como con el jugo de las naranjas).

Otro caso de creación de calor de la nada ocurre cuando frotamos con fuerza un objeto: el objeto se calienta sin que ninguna otra cosa se enfríe. Los defensores del calórico aducían que la fricción arrancaba cantidades diminutas de calórico de la superficie de los objetos. "Pero entonces", decían sus detractores, "¿por qué parece inagotable?". "Es que hay mucho", decían los otros, "y en algún momento sí se va a acabar". "Ah, qué conveniente", respondía el otro bando. Los que sostenían que el calor es una forma de movimiento microscópico señalaban justamente que la fricción es un tipo de movimiento y que lo que hace es transferir parte de ese movimiento a las partículas.

Varios seguidores de la concepción del calórico elaboraron esta idea de manera matemática y la usaron con enorme éxito para refinar, por ejemplo, nuestra comprensión del sonido y su propagación (tal como hizo Pierre-Simon Laplace) o el funcionamiento de las máquinas de vapor (como hizo Nicolas Sadi Carnot, quien a partir de esto desarrolló la Segunda Ley de la Termodinámica). El calórico parecía un gol de media cancha. Pero más tarde se demostró que las ecuaciones ideadas por estos dos físicos también eran válidas si se asumía que el calor es una forma de movimiento, con lo cual... ¡el gol era para ambos equipos! Ambas ideas anotaban por igual en el marcador.

Quizá la disputa más fuerte entre las dos visiones del calor pasaba por el peso. Si en verdad el calor es una sustancia, tendría que tener peso, porque toda la materia pesa. En eso estaban todos de acuerdo. Esto condujo a muchos investigadores a realizar diversos experimentos para comparar el peso de un objeto cuando está frío y cuando está caliente. Estos experimentos son difíciles de ejecutar y la mayoría de ellos daban resultados confusos e imposibles de interpretar. Hasta que un investigador conocido como el Conde Rumford diseñó una manera de resolver todos esos escollos; sus métodos eran tan buenos que sus resultados eran prácticamente irrefutables. Y lo que encontró fue que los objetos pesan lo mismo calientes o fríos. "Ahá", dijeron los partidarios del calor como movimiento, "¿Han visto? El calor no pesa, o sea que no es una sustancia". "Momentito", dijeron los otros, "lo que pasa es que pesa tan poco que no es detectable con estas técnicas".

La discusión siguió por mucho tiempo. Durante la segunda mitad del siglo XIX vieron la luz ideas muy importantes para la física, como la de energía, sus formas de transferencia y de transformación. Y también se desarrolló una mejor comprensión del movimiento de los átomos y las moléculas, lo que permitió convencer a todos de que eso que Black llamaba "calor" era un tipo de movimiento microscópico. Pero para ese entonces la palabra "calor" ya se usaba para denominar otra cosa que no vamos a contar, porque si no la historia se volvería aún más complicada de lo que es. Baste decir que las ideas que emergieron de todo esto conforman hoy el campo de la termodinámica, una de las ramas más importantes de la física.

— Esta viñeta fue tomada de Gellon, Gabriel (2019) *Del sistema solar al ADN. Contar historias para enseñar teorías científicas en la escuela. Siglo XXI.*