

Tema 9. Densidad, cambios de estado y temperatura

9.0. Guión de trabajo del tema (Este tema está pensado para 6 horas de clase, que se corresponden con dos semanas)

Lee y resume, en tu cuaderno, los apartados del 9.1 al 9.4.

La tabla de densidades que aparece en el apartado 9.2 es obligatorio tenerla copiada en el cuaderno.

Si tienes alguna duda sobre algún concepto o término, puedes preguntar al profesor por email.

Vemos el siguiente vídeo sobre los efectos de la temperatura y la presión en el interior de la corteza terrestre:

<https://www.youtube.com/watch?v=nWUB7aS2OgM>

¿En qué estado se encuentra el núcleo del planeta Tierra? Razona tu respuesta usando los contenidos explicados en el vídeo.

Lee y resume, en tu cuaderno, el apartado 9.5.

Realiza las actividades del apartado 9.6. Si tienes dudas, o deseas que el profesor corrija lo que has hecho, envía una foto de tu cuaderno por email para su revisión.

Una vez la situación del coronavirus se normalice, si Dios quiere, en el laboratorio del colegio realizaremos el experimento del apartado 9.7 y el correspondiente informe cuando regresemos al ritmo normal de clases.

¡Ánimo!

9.1. ¿Qué es materia?

La materia es todo aquello que ocupa una masa y un volumen, es decir, lo que constituye a todos los cuerpos del universo. La materia presenta una serie de propiedades, las cuales pueden clasificarse en:

- Generales (las cuales son comunes a todos los cuerpos): Masa y volumen.
- Características (permiten identificar sustancias): Densidad, punto de ebullición, punto de fusión, estado de agregación, conductividad eléctrica, conductividad térmica, magnetismo, etc.

9.2. ¿Qué es densidad?

Si colocamos una esfera de hierro y otra de madera del mismo tamaño sobre cada uno de los platillos de una balanza, se observa que, aunque las esferas tengan igual volumen, la esfera de hierro tiene mayor masa que la de la madera. Esto se debe a que el hierro es más denso que la madera, es decir, mayor cantidad de materia por unidad de volumen. La magnitud que relaciona la masa y el volumen se denomina densidad.

La **densidad (d)** de un cuerpo es la masa que contiene cada unidad de volumen: $d = \frac{m}{V}$. Su unidad en el Sistema Internacional es el kg/m^3 , aunque también es bastante común expresar la densidad como g/cm^3 .

Imagen: tabla de valores característicos de densidades (el agua destilada se toma como referencia)

Sustancia	Densidad en kg/m^3	Densidad en g/c.c.
Agua	1000	1
Agua con Sal	1047	1.04
Gasolina	680	0,68
Hielo	920	0.9
Alcohol	780	0.7
Mercurio	13600	13,6
Sangre	1480-1600	1.4-1.6
Aire	1,3	0,0013
Butano	2,6	0,026
Dióxido de carbono	1,8	0,018
Aceite	920	0.92

9.3. Cambios de estado provocados por el cambio de temperatura y por el cambio de presión

Los estados de la materia son **sólido, líquido, gaseoso y plasma**.

En el estado sólido, la materia ocupa un volumen fijo.

En el líquido, la materia ocupa la forma del recipiente que lo contiene.

En el gaseoso, la materia tiende a ocupar el máximo espacio del recipiente contenedor.

Mientras que el estado de plasma es un estado “parecido” al gaseoso, pero donde la materia está tremendamente cargada eléctrica y magnéticamente (se dice que está ionizada).

Un cambio de estado es un proceso físico por el que una sustancia pasa de un estado de agregación a otro, sin que se altere la naturaleza de la sustancia. Es decir, podemos tener agua en estado sólido (hielo), líquido, gaseoso o plasma sin que deje de ser agua.

En los cambios de estado influyen **la presión y la temperatura**.

Por ejemplo, si metemos una botella de agua líquida en el congelador, al cabo de un tiempo se habrá

convertido en hielo. Si sacamos el hielo del congelador, al cabo de un tiempo pasará a estado líquido. Y si calentamos agua líquida en una cocina, hervirá y pasará a estado gaseoso. Cambiando la temperatura de una sustancia, puede cambiarse su estado de agregación.

Este cambio de estado o de agregación también puede provocarse por la presión, que es la fuerza por unidad de superficie que siente un objeto. Es una magnitud derivada y su unidad es el N/m^2 , que se denomina Pascal (Pa).

Para que te hagas una idea de la importancia de la presión, nosotros vivimos dentro de un fluido llamado atmósfera que ejerce una fuerza sobre nuestro cuerpo. Esta fuerza por unidad de superficie, al nivel del mar, y en condiciones normales es de 101.325 Pa.

Pues bien, si aumentamos la presión sobre un gas, éste puede pasar a estado líquido sin variar la temperatura. Por ejemplo: una cantidad de gas dióxido de carbono, si se introduce dentro del mar, pasa a estado líquido a partir de determinada profundidad debido al aumento de la presión provocado por la columna de agua donde está sumergido.

Otro ejemplo: una bombona de gas, en su interior que está a gran presión, contiene el gas en estado líquido. Cuando el gas sale, por ejemplo, para generar dentro del calentador una llama que caliente el agua de la ducha de casa, lo hace en forma de gas (ya que en el exterior hay menos presión que dentro de la bombona)

9.4. Cambios de estado y teoría cinética de la materia

La teoría cinética o cinético-molecular de la materia establece lo siguiente:

- La materia está formada por pequeñas partículas. Estas partículas se llaman **átomos**, que cuando se juntan entre sí forman estructuras de mayor tamaño llamadas **moléculas**. Además, si estos átomos se cargan eléctricamente se conocen como iones.
- Los elementos de la conocida **tabla periódica** están formados por átomos (estudiaremos la tabla periódica en el siguiente tema). La unión de varios elementos entre sí da lugar a compuestos, formados por moléculas. Estos átomos y moléculas son características de cada sustancia, y no de su estado de agregación. Es decir, si pensamos en el agua, las moléculas de agua que componen el agua líquida son las mismas a las que forman el hielo o el vapor de agua (una molécula de agua tiene dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, y su fórmula se escribe H_2O).
- La palabra partícula no significa "bolita". Para representar un átomo usamos el símil de figuras esféricas, pero un átomo no es una estructura redonda, con un recubrimiento exterior que lo aísla del resto de átomos. Un átomo es una partícula, es decir, es materia (tiene masa y volumen), y está formado a su vez por partículas más elementales aún (que estudiaremos más adelante). **Los átomos interactúan entre sí gracias a la fuerza electrostática.**
- Las partículas que forman la materia están en **continuo movimiento**. El movimiento de las partículas en el estado sólido, líquido, sólido y gaseoso es diferente. En un gas las partículas se mueven más libremente que en un líquido; y en un líquido hay más movimiento que en un sólido. A mayor temperatura, mayor energía cinética de los átomos. Y esta mayor energía cinética facilita la liberación de la unión provocada por la fuerza electrostática de las partículas.
- El aumento de la presión facilita la unión entre las partículas, y hace que las sustancias puedan solidificarse sin aumentar la temperatura.

Según esta teoría, ¿cuál es la diferencia entre un sólido, un líquido o un gas?

En un sólido las fuerzas entre las partículas que lo forman son muy grandes, por eso están muy juntas formando estructuras ordenadas. En los sólidos las partículas no están quietas. Siempre tienen un movimiento de vibración sobre sus posiciones de equilibrio debido a la temperatura del cuerpo. Solo a la

temperatura de 0 K (-273 °C, conocido como 0 absoluto) se ha observado que esta vibración desaparece por completo.

En un gas las fuerzas de atracción entre las partículas, aunque existen, son muy débiles. La alta temperatura en el gas provoca que las partículas se muevan en todas direcciones, chocando continuamente unas con otras y contra las paredes del recipiente que las contiene (formando lo que se conoce como presión del gas). Existe una gran separación entre las partículas gaseosas, con grandes espacios vacíos, por lo que la densidad de un gas será mucho menor que la densidad en un sólido.

En un líquido la situación es intermedia. Las fuerzas entre partículas no son tan grandes como en los sólidos, ni tan débiles como en los gases. En un líquido las partículas están más separadas que en los sólidos, pero mucho menos que en los gases. Las partículas se deslizan unas sobre otras sin llegar a perder el contacto entre ellas; esto permite que los líquidos puedan fluir fácilmente (tanto a los líquidos como a los gases se les conoce como fluidos, por su propiedad para fluir o desplazarse a lo largo de un recipiente).

Para que se produzca un cambio de estado de una sustancia, ha de variar la energía de sus partículas. Y esta variación de energía puede equivaler a un cambio en su temperatura o en su presión.

Estamos más acostumbrados a percibir los cambios de estado debido a la variación de la temperatura. Y podemos clasificarlos en:

- **Vaporización:** Proceso mediante el cual una sustancia en estado líquido pasa a estado gaseoso. En función de lo rápido que ocurra el proceso, podemos distinguir dos formas de vaporización:
 - **Evaporación:** En este caso, el cambio de fase se produce lentamente en la superficie del líquido y a cualquier temperatura.
 - **Ebullición:** Se produce rápidamente a la temperatura de ebullición, y en toda la masa del líquido. En el punto de ebullición la materia no aumenta su temperatura, sino que dedica el calor a realizar el cambio de estado.
- **Condensación:** Proceso contrario a la vaporización, de modo que una sustancia en estado gaseoso pasa a líquido. Ésto ocurre, por ejemplo, cuando el vapor del ambiente se condensa en las ventanas porque son las superficies más frías de toda la casa, o cuando tapamos una olla de agua hirviendo.
- **Fusión:** Proceso mediante el cual una sustancia en estado sólido pasa a estado líquido (el sólido se funde). En el punto de fusión la materia no aumenta su temperatura, sino que dedica el calor a realizar el cambio de estado.
- **Solidificación:** Proceso contrario a la fusión. La sustancia pasa de estado líquido a sólido.
- **Sublimación:** Proceso mediante el cual una sustancia que se encuentra en estado sólido pasa a estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido.
- **Sublimación inversa:** Proceso mediante el cual, una sustancia en estado gaseoso pasa a estado sólido sin pasar por el estado líquido. En la naturaleza, este fenómeno se da en la formación de escarcha.

Imagen: resumen de los cambios de estado. Tomada de la web <http://recursostic.educacion.es/bancoimagenes/web/>



9.5. Puntos de fusión y ebullición

El **punto de fusión** es una propiedad característica de una sustancia y sirve para identificarla. Se define como la temperatura a la que una sustancia en estado sólido pasa a estado líquido cuando la presión exterior es de 10^5 Pascales .

El calor latente de fusión c_L es la cantidad de calor necesaria para que 1 kg de una sustancia se funda sin cambiar de temperatura. Así, para que se funda una masa m de dicha sustancia, el calor a suministrarle necesario para que se funda será:

$$Q = m \cdot c_L$$

La unidad de c_L es Julio/kilogramo (J/kg).

Ejemplo

El calor latente de fusión del agua es 335.000 J/kg . ¿Qué cantidad de calor hay que aplicar a 250 g de hielo, a 0°C , para fundirlo?

$$Q = m \cdot c_L \rightarrow Q = 250 \text{ g} \cdot 335.000 \text{ J/kg} \rightarrow Q = 0,25 \text{ kg} \cdot 335 \cdot 10^3 \text{ J/Kg} = 83.750 \text{ J/kg}$$

El **punto de ebullición** de una sustancia es una propiedad característica de la materia y se define como la temperatura a la que un líquido hierve cuando la presión exterior es de 10^5 Pascales .

La cantidad de energía necesaria para que una sustancia se vaporice es proporcional a la masa de sustancia que se va a vaporizar. El **calor latente de vaporización**, c_V , es la cantidad de calor necesaria para que un 1 kg de sustancia se vaporice, sin cambiar de temperatura.

Para vaporizar una masa m de sustancia, el calor necesario es:

$$Q = m \cdot c_V$$

La unidad de c_V es Julio/kilogramo (J/kg).

Ejemplo

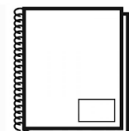
¿Qué cantidad de calor se necesitará para que 500 g de agua a 100°C pasen a vapor? El calor latente de vaporización del agua es $2.245 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$.

$$Q = 0,5 \text{ kg} \cdot 2.245.000 \text{ J/kg} = 1.122.500 \text{ J}$$

Una idea importante. En los cambios de fase, el calor que se suministra no se dedica a aumentar la temperatura del cuerpo. Es decir, cuando el hielo se derrite, durante todo el tiempo que se está derritiendo, la temperatura es de 0°C . En el cambio de fase, el calor aplicado se encarga de "romper" la unión entre átomos y moléculas, para lograr que el hielo sólido pueda convertirse en agua líquida.

Lo mismo pasa cuando hierve agua a 100°C . Durante todo el proceso de ebullición la temperatura se mantiene constante. El calor que se aplica se encarga nuevamente de "romper" las uniones entre moléculas de agua, para que puedan convertirse en moléculas de gas que puedan fluir libremente.

9.6. Completa en tu cuaderno. Problemas sobre densidad y cambios de estado



CUADERNO

1. Calcula en unidades del SI la densidad de una sustancia con una masa de 50 g y un volumen de $6,33\text{ cm}^3$. ¿Con qué sustancia se corresponde?
2. Si tenemos un cubo de hierro de 5 g de masa, ¿qué volumen tendrá? (Busca información sobre la densidad del hierro).
3. Disponemos de un trozo de material con forma cúbica, cuya arista es de 3 cm . La masa de dicho cuerpo es de $72,9\text{ g}$. Calcula su densidad en unidades del SI y en g/cm^3 . ¿De qué material se trata?
4. Cuando te duchas, el espejo se pone opaco. ¿Qué ha sucedido? ¿Por qué ocurre?
5. ¿Por qué se mantiene constante la temperatura durante el proceso de fusión a pesar de que se sigue suministrando calor? ¿A qué se dedica ese calor suministrado?
6. ¿La evaporación se produce igual en invierno que en verano? ¿Por qué? ¿Es lo mismo evaporación que ebullición? Si no lo es, cita las diferencias.
7. Si el calor latente del aluminio es 400.000 J/kg y el del plomo 23.000 J/kg , ¿qué necesitará más calor, la fusión de 300 g de aluminio o la fusión de 2 kg de plomo?
8. ¿Qué cantidad de calor se necesita para fundir 100 g de hielo?

9.7. Experimento: Densidad y temperatura

Vamos a realizar un conjunto de medidas experimentales relacionadas con la densidad y la temperatura.

Toda la fundamentación teórica se basa en el tema que hemos estudiado.

Densidad de cilindros

Guía para realizar el experimento y el informe de laboratorio del Tema 9

Título: Cálculo de densidades.

Hipótesis: Tienes cuatro cilindros metálicos. Los llamaremos A, B, C y D desde el más alto al más bajo. Posees la siguiente lista de densidades de materiales:

Estaño: $7,29\text{ g/ml}$

Plomo: $11,30\text{ g/ml}$

Cobre: $8,93\text{ g/ml}$

Aluminio: $2,70\text{ g/ml}$

Latón: $8,40\text{-}8,70\text{ g/ml}$

Hierro: $7,87\text{ g/ml}$

Acero: $7,80\text{ g/ml}$

Zinc: $7,10\text{ g/ml}$

Oro: $19,30\text{ g/ml}$

Plata: $10,50\text{ g/ml}$

Antes de realizar ninguna medida, y basándote en el color, tacto y apariencia decide qué material se corresponde con cada cilindro A, B, C, D. Esta será tu hipótesis inicial. Incluye en la hipótesis del informe

una tabla con las densidades de los 10 materiales arriba indicadas.

Fundamentos científicos: Define densidad e indica su fórmula y su unidad en el Sistema Internacional. Indica el factor de conversión para pasar 1 g/ml a la unidad de densidad del Sistema Internacional.

Realiza un dibujo del pie de rey y explica cómo se miden longitudes. El profesor pasará grupo por grupo explicando su funcionamiento.

Haz un dibujo del tubo de ensayo calibrado con agua y luego otro dibujo del tubo de ensayo calibrado con agua y conteniendo un cilindro metálico. Indica en los dibujos que la diferencia del nivel de agua en ambos casos expresa el volumen del cilindro

Procedimiento y material técnico: explica todo el proceso de medidas realizadas en el laboratorio. Cuentas con los siguientes materiales: Cuatro cilindros metálicos, pie de rey, balanza, tubo de ensayo calibrado y agua.

Resultados experimentales: Para cada cilindro metálico debes completar la siguiente tabla. No olvides indicar la sensibilidad de los aparatos de medida. La masa la expresaremos en gramos, el diámetro y la altura en milímetros y el volumen con agua en mililitros.

cilindro	masa (m)	diámetro de la base	altura (h)	volumen método agua

El “volumen método agua” es la diferencia de volumen entre el tubo de ensayo conteniendo agua y cilindro y el tubo de ensayo conteniendo solo agua. Inicialmente llena el tubo de ensayo con agua al nivel de 50 ml.

Con los datos de cada tabla debes calcular el radio (r) del cilindro como la mitad del diámetro.

Debes calcular el volumen del cilindro con la fórmula: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$

Vamos a calcular dos densidades: una con el volumen de la fórmula del cilindro y otra con el “volumen método agua”.

$$d_1 = \frac{m}{\pi \cdot r^2 \cdot h}$$

$$d_2 = \frac{m}{\text{volumen método agua}}$$

Ambas densidades las expresamos en g/ml. Realiza la media de las dos densidades obtenidas para cada cilindro. Pasa este valor medio de g/ml a la unidad de densidad del Sistema Internacional.

Conclusiones: Con los valores de las densidades medias experimentales y la tabla inicial de densidades, ¿podemos decidir qué material está asociado a cada cilindro?

Calcula el error relativo y el error absoluto de cada medida experimental con el valor teórico del material elegido de la lista inicial.

Temperatura de congelación del agua

El agua solidifica a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para comprobarlo añadimos un poco de agua al hielo y vemos su temperatura de fusión constante. Anota el valor del termómetro.

Vamos a añadir sal al agua, y luego hielo, y vamos a medir la temperatura a la que llega el agua líquida. Anota el valor del termómetro.

Responde a la siguiente pregunta:

¿Qué utilidades tiene añadir sal al agua?

Cambio de fase del agua

En un matraz o en un vaso calibrado introducimos hielo, medimos su temperatura y lo colocamos al fuego.

Tomamos valores de temperatura cada 30 segundos, hasta que alcanza la temperatura de ebullición.

Representa los datos en una tabla y realiza una gráfica colocando el tiempo en el eje horizontal y la temperatura en el eje vertical.

Responde a la siguiente pregunta:

¿Cuándo la temperatura se mantiene constante, a pesar de estar aplicando calor, por qué no sube la temperatura? ¿A qué se dedica ese calor que estamos aplicando?

Temperatura de ebullición del alcohol (etanol) y del vinagre (ácido acético)

Vamos a llevar disoluciones de alcohol y de vinagre a su temperatura de ebullición. Anota los valores del termómetro.

Responde a la siguiente pregunta:

¿Qué utilidades crees que tiene que el alcohol y el vinagre tengan temperatura de fusión diferentes a la del agua?

El informe de esta práctica debe incluir los siguientes contenidos:

- **Portada.** Debe indicar el título del experimento, los autores y la fecha de realización.
- **Planteamiento del problema e hipótesis.** Explicar qué es lo que se quiere estudiar en la práctica y elaborar una hipótesis previa (antes de medir) sobre:
 - Densidad de las canicas
 - Temperatura mínima del agua con sal
 - Temperatura de ebullición del agua
 - Temperatura de ebullición del vinagre.
 - Temperatura de ebullición del alcohol.
- **Fundamentos científicos.** Indicar los contenidos científicos en que se basa la práctica, definiendo conceptos como densidad, temperatura de fusión y temperatura de ebullición. Explicar en qué consiste la teoría cinética de la materia.
- **Procedimiento y material técnico.** Explicar paso a paso todo lo que se ha hecho. Indicar todos y cada uno de los materiales empleados.

Si algún miembro del grupo dibuja bien, se puede ilustrar esta parte con sencillas imágenes ilustrativas.
- **Resultados experimentales.** Presentar de forma ordenada, clara y precisa los resultados experimentales, indicando claramente las tablas de medidas y las operaciones que se necesiten. Realizar una gráfica Temperatura frente a tiempo, con valores cada 30 segundos de la temperatura del agua conforme alcanza su temperatura de ebullición.
- **Conclusiones.** Razonar, a partir de los resultados obtenidos, si nuestras hipótesis de partida han sido acertadas o no. Responde a las siguientes cuestiones que se han planteado a lo largo de la

práctica:

¿Las canicas flotarán o se hundirá en agua? Por qué (ver tabla de densidades).

¿Las canicas flotarán o se hundirán en gasolina? Por qué (ver tabla de densidades).

Si tuvieras una única canica de 10 kg de masa, ¿qué volumen ocuparía?

¿Qué utilidades tiene añadir sal al agua?

¿Cuando la temperatura se mantiene constante, a pesar de estar aplicando calor, por qué no sube la temperatura? ¿A qué se dedica ese calor que estamos aplicando?

¿Qué utilidades tiene que el alcohol y el vinagre tengan temperatura de fusión diferentes a la del agua?