TERMODINÁMICA III

Sustancias Sólidas, líquidas y gaseosas

En la naturaleza las sustancias se presentan comúnmente en tres fases (o estados físicos) diferentes, denominados fase sólida, fase líquida y fase gaseosa. La presión y la temperatura a la que una sustancia es sometida determinarán la fase en la cual pueda presentarse.

En este material estudiaremos las leyes que describen el comportamiento de las sustancias al cambiar de fase. Para poder facilitar la comprensión de estas leyes mostraremos como deben estar organizados o distribuidos los átomos y las moléculas para que una sustancia se presente como sólido, líquido o gas.

Estado Sólido: Los átomos de la sustancia se encuentran muy cerca unos de otros y unidos por fuerzas eléctricas relativamente intensas. Estos no sufren traslación en el sólido, pero se encuentran en constante movimiento de vibración (agitación térmica) alrededor de una posición media de equilibrio. Debido a esta fuerte ligación los sólidos presentan algunas características como la de presentar forma propia y de ofrecer resistencia a las deformaciones.

En la naturaleza casi todos los sólidos se presentan en forma de cristales, por lo cual los átomos que los constituyen se encuentran organizados según un modelo regular, en una estructura que se repite ordenadamente en todo el sólido y que se denomina red cristalina. La repetición de esta estructura regular hace que los cristales muestren una apariencia externa también regular.

Algunos sólidos no presentan esta estructura regular por la cual reciben el nombre de amorfos, como por ejemplo el vidrio, el asfalto, los plásticos, el caucho.

Estado líquido: Los átomos de una sustancia líquida están más alejados unos de otros, en comparación con los de una en estado sólido y por consiguiente, las fuerzas de cohesión que existen entre ellos son más débiles. Así el movimiento de vibración de los átomos se hace con más libertad, permitiendo que sufran pequeñas traslaciones en el interior del líquido. A esto se debe que puedan escurrir con notable facilidad, no ofrecen resistencia a la penetración y toman la forma del recipiente que los contiene. Al igual que los sólidos amorfos, los átomos de los líquidos no se presentan en forma ordenada.

Estado gaseoso: La separación entre los átomos o moléculas de una sustancia en estado gaseoso, es mucho mayor que en los sólidos y en los líquidos, siendo prácticamente nula la fuerza de cohesión entre dichas partículas. Por ello se mueven libremente en todas direcciones, haciendo que los gases no presenten una forma definida y ocupen siempre el volumen total del recipiente donde se hallan contenidos.

Cambios de fase

Cuando una sustancia absorbe una cantidad de calor, la velocidad de sus moléculas aumenta y su temperatura se eleva, esto hace que aumente la energía de agitación de sus átomos. Este incremento hace que la fuerza de cohesión de los átomos se altere, pudiendo ocasionar modificaciones en su organización y separación. En otras palabras la absorción de calor o la eliminación de calor por parte de un cuerpo, puede provocar en él un cambio de fase.
Los cambios de fase que pueden ocurrir en una sustancia reciben nombres especiales como los que ilustra la figura 1

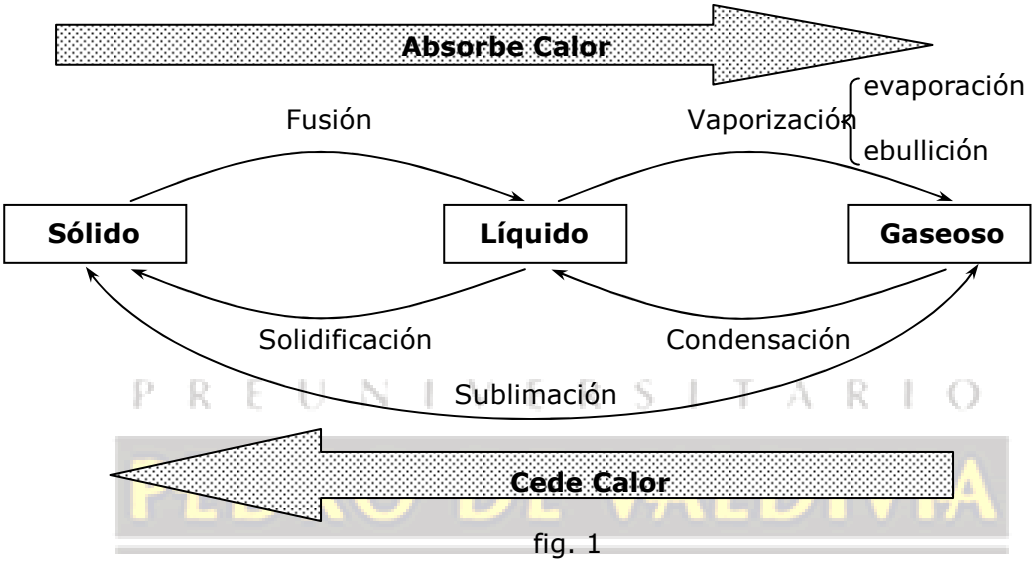

fig. 1

Fusión y sus leyes: Es el cambio de sólido a líquido. Debido, por ejemplo, a una absorción de calor, que produce un aumento de la temperatura de un cuerpo. Cuando la temperatura alcanza un valor determinado, la agitación molecular deshace la red cristalina y la organización interna desaparece. Por ello la fuerza entre átomos y moléculas se vuelve menor y las partículas tendrán una mayor libertad de movimiento. Es decir a esa temperatura el cuerpo pasa al estado líquido. Por experiencia se observa que los cristales al fundirse muestran comportamientos semejantes, pudiéndose establecer leyes generales, las cuales son:

1. A una presión dada, la temperatura a la cual se produce la fusión de una sustancia determinada (punto de fusión) tiene un valor constante y característico para esa sustancia)
2. Si una sustancia se encuentra en su punto de fusión, absorberá una cantidad de calor característico y constante, por unidad de masa, denominado calor latente de fusión. La tabla a continuación muestra algunos ejemplos.

	Punto de Fusión (°C) (1 atm.)	Calor latente de fusión (cal/g)
Hielo	0	80
Plata	961	21
Mercurio	-39	2,8
zinc	419	23
hierro	1200	49

Estas leyes sólo son válidas para los sólidos cristalinos, que al fundirse pasan directamente del estado sólido al estado líquido. Los sólidos amorfos sufren un proceso distinto, pues su fusión es gradual.

3. Influencia de la Presión. Cuando una sustancia sólida se derrite, generalmente aumenta de volumen. En las sustancias que presentan este comportamiento se puede ver que un incremento en la presión ejercida sobre ellas ocasiona un aumento en su temperatura de fusión. Una de las sustancias que no sigue este comportamiento es el agua. En este caso un aumento de la presión ocasiona una disminución en la temperatura de fusión.

Solidificación: En esta transformación, los procesos ocurren en sentido inverso al de la fusión, es el paso de estado líquido a sólido. En este caso los calores latentes de solidificación son iguales a los calores latentes de fusión y los puntos de transformación coinciden.

Vaporización: Es el cambio de estado líquido al gaseoso y se puede producir de dos maneras:

PREUNIVERSITARIO
PEDRO DE VALDIVIA

Por Evaporación: El cambio se produce lentamente y a cualquier temperatura. La rapidez de evaporación depende de:

i. La temperatura del líquido, a mayor temperatura, mayor es la rapidez de evaporación.
ii. El área libre de líquido, a mayor área, mayor es la rapidez de evaporación.
iii. La presión sobre la superficie libre de líquido.

Por ebullición: El cambio se realiza rápidamente a una temperatura específica para cada líquido. Experimentalmente se puede comprobar que este proceso obedece a leyes semejantes a la fusión.

i. A determinada presión, la temperatura a la cual se produce la ebullición (punto de ebullición) es constante y característica para cada sustancia.
ii. Si un líquido se vaporiza, absorberá una cantidad de calor característica y constante por unidad de masa, denominada calor latente de vaporización.

Sublimación: Es el paso del estado sólido a gaseoso, o inverso, si pasar por el estado líquido. Este fenómeno se puede producir con cualquier sustancia, y ello depende de la temperatura y presión a la que esté sometida.

Cuando una cantidad de masa **m**, en su punto de transformación, comienza a cambiar de fase, la cantidad de calor que absorberá o cederá, siendo su calor latente de transformación L_T, será:

$$\mathbf{Q = m \cdot L_T}$$

En el gráfico se muestra el caso del agua, en condiciones normales. Se parte con una masa de hielo que está una temperatura inferior a 0 ºC, este hielo se calienta hasta transformarlo en vapor de agua, pasando por su fase líquida:

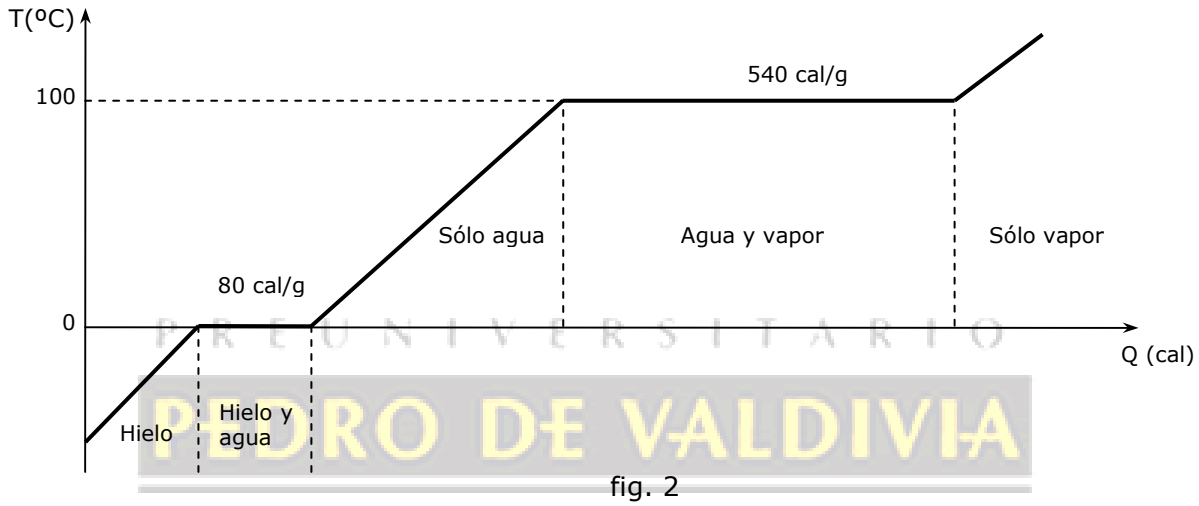

fig. 2

Nota: Los procesos adiabáticos son aquellos donde no fluye calor hacia fuera o hacia dentro del sistema. Por último se debe decir que los procesos Isotérmicos, isobáricos e isocóricos son aquellos donde permanece constante la temperatura, la presión y el volumen respectivamente.

Transmisión del calor

Conducción

Suponga que una persona sostiene uno de los extremos de una barra metálica, y que el otro extremo se pone en contacto con una llama. Los átomos o moléculas del extremo calentado por la llama, adquieren una mayor energía de agitación. Parte de esta energía se transfiere a las partículas de la región más próximas a dicho extremo, y entonces la temperatura de esta región también aumenta. Este proceso continúa a lo largo de la barra, y después de cierto tiempo, la persona que sostiene el otro extremo percibirá una elevación de temperatura en ese lugar.

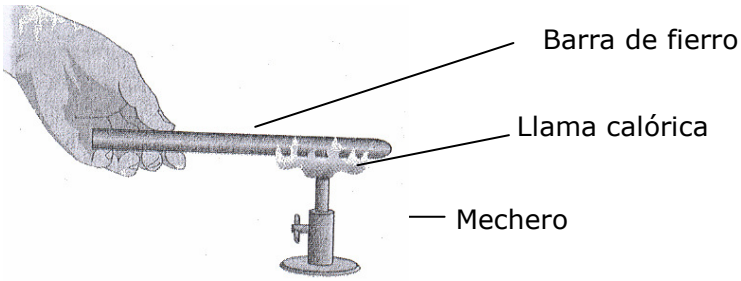

fig. 3

Por tanto, hubo una transmisión de calor a lo largo de la barra, que continuará mientras exista una diferencia de temperatura entre ambos extremos. Observemos que esta transmisión se debe a la agitación de los átomos de la barra, transferida sucesivamente de uno a otro átomo, sin que estas partículas sufran ninguna traslación en el interior del cuerpo. Este proceso de transmisión del calor se denomina ***conducción térmica***.
La mayor parte del calor que se transfiere a través de los cuerpos ***sólidos***, es transmitida de un punto a otro por conducción.

Conductividad Térmica

El calor de conducción en muchos materiales se puede ver como el resultado de colisiones moleculares, si un extremo de un objeto es calentado, las moléculas ubicadas ahí se mueven cada vez más rápido, esto hace que al chocar con las moléculas vecinas más lentas ellas transfieren parte de su energía a estas moléculas y estas a su vez se moverán más rápido y chocarán a su vez con otras moléculas y así se propaga esta energía térmica a lo largo del cuerpo.
Dependiendo de la constitución atómica de una sustancia, la agitación térmica podrá transmitirse de uno a otro con mayor o menor facilidad, haciendo que tal sustancia sea buena o mala conductora del calor. Así, por ejemplo, los metales son *conductores térmicos*, mientras que otras sustancias, como, corcho, porcelana, madera, aire, hielo, lana, papel, etc., son aislantes térmicos, es decir, malos conductores de calor. Esta propiedad está relacionada con la **conductividad térmica** de los materiales.

Existe conducción de calor si hay diferencia de temperatura, la razón de flujo de calor también depende de la forma y tamaño del cuerpo.
Consideremos el flujo a través de un objeto uniforme como el que muestra la figura. Se encuentra experimentalmente que el flujo de calor en un intervalo de tiempo Δt está dado por la relación:

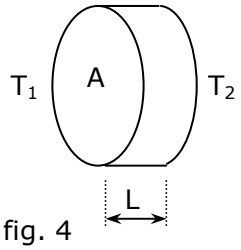

fig. 4

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Donde A es el área o sección de corte del objeto, L es la distancia entre los extremos del cuerpo los cuales están a temperaturas T_1 y T_2, y k es la constante de proporcionalidad llamada conductividad térmica la cual es una característica del material y se mide en [J/s · m · ºC], la razón de flujo se mide en J/s.
De la ecuación podemos decir que la razón de flujo es directamente proporcional al área y a la diferencia de temperaturas entre los extremos del cuerpo e inversamente proporcional a la separación de los extremos del cuerpo.
Algunos valores de la conductividad térmica para el cobre, el vidrio común y el aire son respectivamente 380, 0,84 y 0,023 [J/s · m · ºC].

Radiación

Es el proceso mediante el cual el calor se transfiere por medio de ondas electromagnéticas. La fuente más evidente de energía radiante es nuestro Sol. Ni la conducción ni la convección pueden intervenir en el proceso de transferencia que hace llegar su energía térmica a la Tierra. Sin embargo, cuando entra en juego un medio material, la transferencia de calor que se puede atribuir a la radiación generalmente es pequeña, en comparación con la cantidad que se transfiere por conducción y convección.

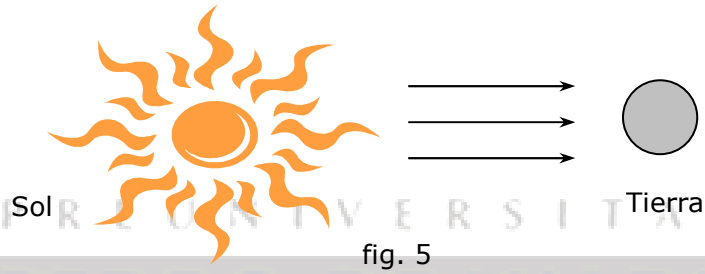

fig. 5

PREUNIVERSITARIO
PEDRO DE VALDIVIA

Convección

Cuando un recipiente con agua es colocado sobre un mechero, la capa de agua del fondo recibe calor por conducción. Por consiguiente, el volumen de esta capa aumenta, y por tanto su densidad disminuye, haciendo que se desplace hacia la parte superior del recipiente para ser reemplazada por agua más fría y más densa, proveniente de tal región superior. El proceso continúa, con una circulación continua de masas de agua fría hacia abajo, movimientos que se denominan corrientes de convección. Así el calor que se transmite por conducción a las capas inferiores, se va distribuyendo por convección a toda la masa del líquido, mediante el movimiento de traslación del propio líquido.
La mayor parte del calor que se transmite a través de los fluidos y gases es por convección térmica.

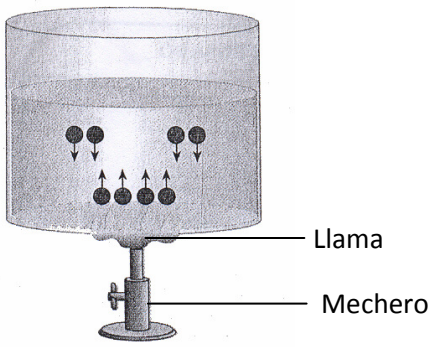

fig. 6

EJEMPLOS

1. Se tiene un gramo de hielo que está a -2 ºC, entonces la energía necesaria para transformar este hielo en agua a 2 ºC es (calor latente de fusión del hielo 80 cal/g y calor específico del hielo 0,5 cal/g · ºC)

   A) 1 cal
   B) 3 cal
   C) 160 cal
   D) 161 cal
   E) 83 cal

2. ¿Al entregar 1.000 calorías a una gran masa de hielo, que está a 0 ºC, cuánto hielo derretirá? (calor latente de fusión del hielo 80 cal/g)

   A) 1.000,0 g
   B) 80,0 g
   C) 12,5 g
   D) 4,0 g
   E) 1,0 g

PREUNIVERSITARIO

3. Respecto a las tres formas de propagación del calor es correcto que

PEDRO DE VALDIVIA

   A) un charco de agua en invierno emite radiación.
   B) las estrellas no pueden transmitir calor a la Tierra.
   C) sólo en la conducción hay transporte de materia.
   D) sólo hay propagación de energía y no de materia en cualquiera de las tres formas.
   E) dentro de un sólido también ocurre la convección.

4. En un termo hay dos características importantes, la primera es que hay un espacio vacío entre las paredes del termo y la otra es que la pared interna del termo es plateada esto se debe respectivamente a evitar pérdidas de calor por

   A) convección y radiación.
   B) conducción y radiación.
   C) radiación y conducción.
   D) convección y conducción.
   E) conducción y convección

PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE

1. Al encender el carbón en un brasero, es común colocar sobre él un tarro metálico abierto en sus extremos. Esto se realiza para

A) aumentar más rápido la temperatura de combustión del carbón.
B) disminuir la temperatura de combustión el carbón.
C) renovar más rápidamente el aire por convección.
D) condensar el calor en una región más pequeña.
E) disminuir el calor específico del carbón.

2. Considere las siguientes afirmaciones:

I) Cualquier cuerpo, con temperatura sobre el cero absoluto, irradia energía.
II) La rapidez de conducción del calor en un material, depende del tipo de material.
III) El calor no se puede propagar por radiación en algunos medios materiales.

Es (son) correcta(s)

A) Sólo I.
B) Sólo II.
C) Sólo III.
D) Sólo I y II.
E) I, II y III.

PREUNIVERSITARIO
PEDRO DE VALDIVIA

3. En el proceso de la ebullición se puede asegurar que

I) se produce a temperatura constante.
II) se transforma un sólido directamente a gas.
III) aumenta el volumen de la sustancia.

A) Sólo I.
B) Sólo III.
C) Sólo I y II.
D) Sólo I y III.
E) Sólo II y III.

4. Si usted observa las palomas en un día frío, notará que erizan sus plumas. Esto lo realizan para

A) compactar sus plumas e impedir que entre el frío a su cuerpo.
B) rodear su cuerpo con aire e impedir cualquier absorción de frío.
C) rodear su cuerpo con aire y disminuir la rapidez de transferencia de calor.
D) aumentar el área de absorción de calor por radiación.
E) igualar la temperatura de su cuerpo con el medio ambiente.

5. De las siguientes aseveraciones, se puede afirmar correctamente que

I) En la convección el aire caliente baja y el aire frío sube.
II) La rapidez de conducción del calor entre dos puntos depende de la diferencia de temperatura entre esos puntos.
III) En el proceso de evaporación disminuye la temperatura del líquido.

Es (son) correcta(s)

A) sólo I.
B) sólo II.
C) sólo III.
D) sólo II y III.
E) sólo I y III.

6. Un trozo de hielo, de 5 gramos, se calienta desde los -20 ºC hasta los 120 ºC, como se observa en la figura 7, luego la alternativa que muestra una aseveración correcta es (Calor latente de fusión del hielo 80 cal/g y de vaporización del agua 540 cal/g)

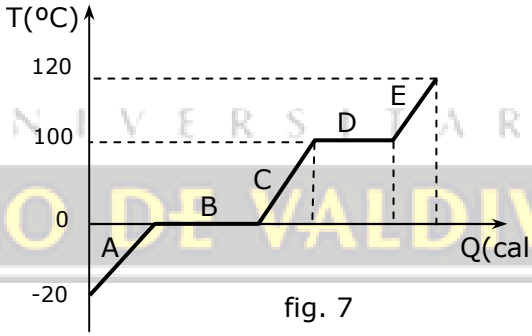

fig. 7

A) sólo en D se absorben en total 540 calorías.
B) en A se absorbe más energía que en B.
C) al terminar el proceso en B habrá agua a más de 0 ºC.
D) en total en A, B y C se absorben 8.000 calorías.
E) en el proceso D la sustancia absorbe más energía que en el proceso B.

7. El proceso de cambio de fase lento, sin burbujas, sin agitación visible y a cualquier temperatura se denomina

A) fusión.
B) vaporización.
C) ebullición.
D) sublimación.
E) evaporación.

8. Se tienen 40 gramos de hielo a 273 K y se le suministran 3.400 calorías. La temperatura final de este hielo será

A) 0º C.
B) 2º C.
C) 5º C.
D) 10º C.
E) 20º C.

9. El punto de ebullición del agua depende de

A) la temperatura ambiente.
B) la cantidad de agua.
C) la cantidad de calor que se le entrega.
D) la rapidez de conducción del recipiente en el cual se encuentra.
E) la presión a la cual está sometida.

10. La figura 8 muestra una olla puesta en el fuego. Si dentro de la olla hay agua, entonces es correcto afirmar que

fig. 8

A) si se tapa la olla disminuirá el punto de ebullición del agua.
B) si el lugar donde se calienta el agua está cerca del mar, el agua hervirá a más de 100º C.
C) si esta agua se calienta en Santiago el punto de ebullición será más alto.
D) el agua en el interior de la olla se calentara principalmente por conducción.
E) si se calienta esta agua en la montaña ebullirá a menos de 100° C.

11. El calor de vaporización del Yodo a una temperatura T_0 ºC y a una presión de 1 atm es de L_0 cal/g. Con este dato se infiere que a esta presión

A) la energía necesaria para evaporar un gramo de yodo a T_0 °C es L_0 cal.
B) al evaporar un gramo de yodo a T_0 ºC se liberan L_0 cal.
C) la energía de un gramo de yodo líquido a T_0 °C es L_0 cal.
D) para condensar un gramo de yodo a T_0 °C, el yodo debe absorber L_0 cal.
E) la energía de un gramo de vapor de yodo a T_0 °C, es L_0 cal.

12. Se ponen 5 gramos de hielo a 0 °C y 85 gramos de agua a 5 °C en un recipiente totalmente aislado. Cuando se alcanza el equilibrio térmico, el recipiente contiene

A) hielo a 0 ºC.
B) una mezcla de hielo y agua a 0 ºC.
C) una mezcla de hielo y agua a temperatura menor de 0 ºC.
D) agua a más de 0 ºC y menos de 1 ºC.
E) agua a más de 1 ºC.

13. Un trozo de azufre de 200 g de masa, se encuentra en su punto de fusión (119º C). Si se le suministran 650 cal, entonces se puede afirmar correctamente que (calor latente de fusión del azufre: 13 $\frac{cal}{g}$)

A) se fundirá todo el azufre y su temperatura final será mayor de 119 ºC.
B) no se fundirá todo el azufre y su temperatura será menor de 119 ºC.
C) no se fundirá todo el azufre y su temperatura será de 119 ºC.
D) se fundirá todo el azufre y su temperatura será de 119 ºC.
E) nada se puede asegurar.

14. Considere los tres fenómenos siguientes:

PREUNIVERSITARIO

I) Agua de un lago que se congeló.
II) Vapor de agua que se condensó en el parabrisas de un automóvil.
III) Una bolita de naftalina que sublimó en el cajón de un guardarropa.

PEDRO DE VALDIVIA

La opción que señala correctamente si cedió o recibió calor del medio ambiente, en los tres casos anteriores es

	En I	En II	En III
A)	Cedió	Cedió	Cedió
B)	Cedió	Recibió	Recibió
C)	Recibió	Cedió	Cedió
D)	Cedió	Cedió	Recibió
E)	Recibió	Recibió	Recibió

15. Se desea saber cuánta energía se pierde a través de una ventana de 1,5 m x 2,0 m y 3 mm de espesor, los datos que se tienen son que la temperatura dentro de la casa es 18 ºC y fuera de la casa es 16 ºC, se sabe además que la conductividad del vidrio de la ventana es 0,8 J/s · m · ºC, entonces con la información dada es correcto que la perdida de energía en cada segundo es

A) 2 J
B) 6 J
C) 600 J
D) 160 J
E) 1600 J

16. Cuando las personas viajan a zonas frías deberían llevar ropa hecha de

A) lana.
B) algodón.
C) seda.
D) nylon.
E) jeans.

17. En una casa existe una chimenea como la que muestra la figura 9, es decir empotrada en la pared, es correcto afirmar que la principal forma de calentar la habitación es mediante el proceso de

A) conducción
B) ebullición.
C) radiación.
D) convección.
E) dilatación.

fig. 9

PREUNIVERSITARIO
PEDRO DE VALDIVIA

CLAVES DE LOS EJEMPLOS

1E 2C 3A 4A