La gráfica integrada, mostrada en la fig. 7, es similar en todas las sustancias. Pero, ¿cómo se explica la evaporación a la temperatura ambiente?

En términos de la teoría molecular del calor, la explicación es esta: las moléculas de un líquido están en movimiento; entre mayor es la temperatura, mayor es el movimiento. Sin embargo, a cualquier temperatura dada no todas las moléculas se mueven a la misma velocidad. Las más rápidas contienen mayor energía, incluso algunas que se mueven rápidamente cerca de la superficie del agua tienen energía suficiente como para vencer la fuerza de cohesión de las otras moléculas y escapar hacia el aire. Si en esta forma se escapa un gramo de moléculas, entonces se ha evaporado un gramo de agua.

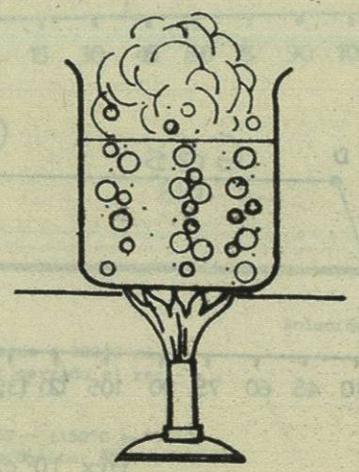

Fig. 8.

La gráfica de una sustancia a otra varía en que tienen distinto punto de ebullición, de fusión, calor específico, calor latente de fusión y calor de vaporización, pero la trayectoria es similar.

Los puntos de fusión de las sustancias dadas en la tabla 2-1, sólo son válidas en ciertas condiciones físicas, ya que las impurezas y la presión los afecta.

Un ejemplo de que las impurezas afectan al punto de fusión o solidificación. En los días de intenso frío, los automovilistas le agregan a los radiadores de su automóvil algunas sustancias para protegerlo, tales como glicerina, alcohol, anticongelante, etc.

Una prueba clara del efecto de la presión sobre el punto de fusión, la tenemos en el patinaje sobre líquido. El patinador ejerce presión sobre el hielo y lo funde temporalmente. Éste se desliza así sobre una delgada capa de agua. Si los patines están afilados, el peso del patinador se distribuye sobre una área muy pequeña, por lo que la presión aumenta, lo que hace bajar aún más el punto de fusión y los patines penetran más en el hielo. Por esta razón, el patín es poco apropiado para deslizarse lateralmente.

El hielo se funde cuando se aplica presión y se congela cuando se le quita, debido a su propiedad poco usual de dilatarse cuando se congela. Con la mayoría de los materiales la situación es contraria, se contraen cuando se solidifican. Por esta razón, si se ejerce presión sobre ellos, se tiende a disminuirlos de tamaño y se requiere mayor temperatura para fundirlos.

También, el punto de ebullición y la rapidez de evaporación son afectados por algunas condiciones, tales como la temperatura, el viento, la humedad del ambiente, la presión, las impurezas, etc.

2-4 HUMEDAD.

Cuando las moléculas del agua se escapan por evaporación de la superficie libre del líquido, se mezclan con las moléculas del aire que están encima, es decir, forman una mezcla de

Humedad absoluta: Cantidad de vapor de agua presente en un metro cúbico de aire

Humedad Relativa.- Relación entre la cantidad de vapor de agua realmente presente en algún volúmen de aire y la cantidad requerida para saturar el mismo volúmen de aire a la misma Temperatura.

a cantidad de vapor de agua pre--
aire se le llama *humedad absolu*

la *humedad relativa*. La *humedad*
e la cantidad de vapor de agua
volumen de aire y la cantidad re-
o volumen de aire a la misma tem-

LA 2-2.

TEMPERATURA.			VAPOR DE AGUA.
0°C	ó	32°F	4,8 g/m³
5°C	ó	41°F	6,8 "
10°C	ó	50°F	9,3 "
15°C	ó	59°F	12,7 "
20°C	ó	68°F	17,1 "
25°C	ó	77°F	22,8 "
30°C	ó	86°F	30,0 "
35°C	ó	95°F	39,2 "

Ejemplo 6.

En cierto momento, la temperatura es de 30°C y la cantidad de vapor de agua es de 9 g/m³. Calcular la humedad relativa.

Datos: T = 30°C, vapor de agua = 9 g/m³, vapor para saturar = 30 g/m³; incógnita: humedad relativa.

Solución: Por definición, tenemos:

$$\text{Humedad relativa} = \frac{\text{vapor de agua presente}}{\text{saturación a 30°C}} \times 100$$

$$= \frac{9\ g/m^3}{30 g/m^3} \times 100$$

$$= 30.00\ \%$$

411386

Mientras más alta sea la humedad relativa, más se dificulta la evaporación, hasta que está saturado el ambiente, es decir, la humedad relativa es de 100 %. Prácticamente ya no existe evaporación. La cantidad de moléculas que salen del líquido es igual a la cantidad de moléculas que entran al líquido.

También, como en el caso del punto de fusión, el aumento de presión provoca que el punto de ebullición aumente. Ver tabla 2-3.

TABLA 2-3.

Temp., °C	Presión, cm Hg.	Temp., °C	Presión, cm Hg
0	0,458	70	23,37
5	0,654	75	28,37
10	0,921	80	35,51
15	1,28	85	43,36
20	1,75	90	52,58
25	2,37	95	63,39
30	3,18	100	76,00
35	4,22	110	107,4
40	5,53	120	148,9
45	7,19	130	202,6
50	9,25	140	271,1
55	11,80	150	357,0
60	14,94	160	463,6
65	18,75		

Las impurezas como el azúcar, revueltos con el agua, ocasionan un aumento en la temperatura de ebullición.

2-5 MÁQUINAS TÉRMICAS.

Las máquinas térmicas son sistemas que transforman energía térmica en energía mecánica. Esto lo hace en la proporción de 4.2 J por cada caloría transformada. Para llevar a cabo esto, todas las máquinas térmicas aplican la expansión de los gases.

Las máquinas térmicas son de varios tipos: según como se calienta el gas, éstas pueden ser: *máquinas de combustión interna*, en que el combustible se quema dentro de la cámara donde tiene lugar la expansión. Por ejemplo: los cohetes, los motores de gasolina (autos, motocicletas) y los motores Diesel. *Máquinas de combustión externa*, en las cuales se calienta fuera de la cámara de expansión. Son ejemplos de éstos, la máquina de vapor de movimiento alternativo y la turbina de vapor.

Las máquinas también pueden ser clasificadas de acuerdo a la forma en que el calor se convierte en energía mecánica: *tipo de pistón o de movimiento alternativo*. En éstos, el gas caliente utilizado se dilata empujando el pistón en un cilindro. Por ejemplo: máquinas de vapor, motores de automóviles, algunos motores de aviones.

Tipo rotativo o de turbina. El gase caliente utilizado se dilata y empuja unas paletas unidas a un eje central. El eje rotativo se mueve más allá de la turbina y puede servir para hacer girar otras máquinas.

Motores de reacción. El gas al dilatarse es expulsado a través de una abertura en uno de los extremos del motor y la reacción envía a este en sentido opuesto. Ejemplos: aviones de propulsión a chorro, cohetes y en algunos botes de motor de gran velocidad.

2-6 MÁQUINAS DE MOVIMIENTO ALTERNATIVO: (CON PISTONES).

Motor de gasolina. La gasolina se mezcla con el aire en el carburador. La mezcla entra al cilindro y se comprime. Una chispa eléctrica enciende la mezcla. Los gases calientes que se forman por la combustión, se dilatan empujando al pistón.

Motor diesel. El aire entra al cilindro y es altamente comprimido, elevándose la temperatura. El aceite combustible se pulveriza dentro del cilindro, encendiéndose espontáneamente cuando se encuentra al aire caliente. Los gases calientes que se forman por la combustión, se dilatan empujando al pistón.

Máquina de vapor alternativa. La combustión del carbón, aceite o algún otro combustible en un hogar calienta vapor de agua en una caldera. El oxígeno se obtiene del aire. El vapor se lleva al cilindro donde se dilata y empuja al pistón Unas válvulas permiten que el vapor penetre en el cilindro, primero por un lado del pistón y después por el otro.

2-7 MAQUINAS ROTATIVAS (TURBINAS).

Turbina de vapor. Puede utilizar la combustión de carbón, aceite o gasolina. Algunos utilizan reactores radiactivos para calentar agua comprimida, que a su vez calienta más en un intercambiador de calor. En este caso no se necesita oxígeno. El vapor se dilata impulsando las paletas de una turbina obligándolas a girar.

Turbina de gas. Se enciende una mezcla de aire comprimido y combustible en una cámara de combustión. Los gases de escape hacen girar la turbina al dilatarse. La reacción de éstos puede servir también como una fuente de potencia, cuando esta máquina se usa en aviación.

2-8 MOTORES DE REACCIÓN.

Propulsión a chorro. El aire de la atmósfera se comprime y luego se combina con el combustible (queroseno) en una cámara de combustión. Una chispa enciende el combustible. Los gases calientes de escape se dilatan saliendo hacia atrás a alta velocidad. La reacción envía el motor hacia delante.

Cohete de combustible líquido. Transporta tanques de un propulsor líquido (queroseno, gasolina, anilina, alcohol, etc.) y tanques de oxígeno líquido u otro oxidante que se inyectan a la vez en una cámara de combustión, siendo ésta frecuentemente espontánea. Puede funcionar fuera de la atmósfera terrestre. Los gases calientes de escape se dilatan saliendo hacia atrás a alta velocidad. La reacción envía al motor hacia adelante.

Cohete de combustible sólido. La cámara de combustión se llena con una mezcla de un oxidante sólido y de un combustible sólido (en general, varias resinas orgánicas). Se necesita encendido. La combustión tiene lugar en la superficie y su velocidad se controla con la forma de dicha superficie. Puede funcionar fuera de la atmósfera terrestre. Los gases calientes de escape se dilatan saliendo hacia atrás a alta velocidad. La reacción envía el motor hacia delante.

2-9 UNA MÁQUINA INCREIBLE.

Para trabajar los músculos, igual que el motor de un coche, necesitan tanto el combustible como la chispa que libere la energía del mismo. Hay dos clases de combustible para el organismo: los carbohidratos (almidones y azúcares y las grasas). Las vitaminas B son la chispa necesaria para liberar la energía del combustible. De la misma manera que un motor no puede utilizar la energía de la gasolina sin usar bujía, el cuerpo no puede utilizar la energía de los alimentos sin las vitaminas B.

El azúcar más simple, el que los músculos usan directamente, es la glucosa o dextrosa. Se encuentra en las frutas y se le llama también azúcar de uva. Todos los carbohidratos que comemos y absorbemos finalmente se convierten en glucosa, que es el azúcar de la sangre, un tipo de carbohidrato que circula en la corriente sanguínea, por todas las partes del cuerpo.

Las grasas son combustible más concentrado que los carbohidratos, puesto que, mientras que éstos últimos proporcionan energía a razón de 4 Kcal/g, las grasas lo hacen a razón de 9 Kcal/g.

Además de ser un alimento concentrado, las grasas representan una manera económica de almacenar combustible. Todo sobrante de alimento, en cualquier forma que se ingiera, se almacena en el cuerpo como grasa, formando una capa bajo la piel.

Nuestro cuerpo necesita combustible para desempeñar las actividades diarias. Pero aún cuando descansamos, o dormimos, nuestro cuerpo sigue usando combustible para que el corazón sigua latiendo, para mantener el tono muscular y para conservarons calientes. Por lo tanto, nuestras necesidades de combustible se pueden dividir en dos grupos: las requeridas cuando estamos en reposo completo (metabolismo basal) y las que se requieren para realizar cualquier actividad (calorías para el trabajo).

Siguiendo adelante con la analogía del coche, la cantidad de combustible depende de la masa (la tasa de metabolismo basal depende del tamaño del cuerpo) y la distancia recorrida (las calorías para el trabajo dependen de la cantidad de trabajo efectuado). En el coche podemos llegar hasta el tanque lleno (no podemos almacenar más combustible). En las personas sí se consume más combustible, en forma de alimentos que la que gastan, almacenan el sobrante y en forma de grasa empiezan a abultarse.

Es sorprendente saber lo pequeña que es la proporción de nuestro gasto diario de calorías requeridas para el trabajo. En todas las personas, con excepción de los que realizan trabajos pesados, el gasto para el metabolismo basal constituye la mayor parte del total. Tomemos por ejemplo una mujer que pesa 57 Kg, mide 1.58 m y despempeña un trabajo ligero; su metabolismo basal necesita 1,400 Kcal y todas sus actividades tales como estar de pie, caminar, vestirse y trabajar sólo requieren 700 Kcal adicionales.

Para un equipo de competencias en bote de remo, después de remar hasta agotarse, es desagradable oir que un amigo no atlético puede gastar más calorías en una tarde dedicada a la jardinería que cuando ellos reman en el río (sencillamente porque él lo hace durante más tiempo). El remar es un ejercicio sumamente agotador y requiere unas 1,000 Kcal por hora, pero como las competencias de remo duran 20 minutos, el gasto total sólo es de 330 Kcal. La jardinería es una ocupación mucho más tranquila y únicamente significa un gasto de 200 Kcal por hora, pero si la labor dura tres horas, el total es de 600 Kcal.

2-10 CALOR DE COMBUSTIÓN.

Para el funcionamiento de estas máquinas, necesitamos una fuente de calor. A estas fuentes de calor se les llama combustibles.

Cada combustible tiene un poder calorífico por unidad de masa. *El calor de combustión* de un combustible se define como *la cantidad de calor obtenida al quemar un gramo de masa de dicho combustible*. El calor de combustión se expresa en Cal/g. (Calorías por gramo).

TABLA 2-4. CALOR DE COMBUSTIÓN DE ALGUNOS COMBUSTIBLES. (Valores aproximados).

Combustible.	Cal/g.
Alcohol desnaturalizado.....	6500
Carbón.....	6-8000
Petróleo crudo.....	10500
Aceite diesel.....	10800
Aceite combustible.....	10500
Gasolina.....	11500
Queroseno.....	11000

Para calcular el poder de combustión de una masa determinada de combustible, multiplicamos la masa por el calor de combustión.

$$Q = mq \qquad (9)$$

Ejemplo 7.

Calcular el poder calorífico de 5 litros de gasolina (3.35 Kg).

Datos: m= 3.35 Kg, q= 11500 cal/g; incógnita: Q.

Solución: Por la ecuación 9, tenemos:

$$Q = mq$$

$$= 3.35 \times 10^3 g \times 1500 \text{ cal/g}$$

$$= 3.8525 \times 10^7 \text{ cal}$$

$$= 3.8525 \times 10^4 \text{ cal}$$

AUTOEVALUACIÓN.

1.- Se desea fundir 400 g de plomo que se encuentran en su temperatura de fusión. Calcular la cantidad de calor necesario.
{Q= 2360 cal}

2.- 250 g de agua se encuentran a una temperatura de 100°C. ¿Qué cantidad de calor se necesita para evaporar únicamente 200 g de esa agua?
{Q= 108,000 cal}

3.- ¿Cuánto calor se necesitará agregar a un trozo de hielo de 70 g de masa que está a una temperatura de -16°C y se quiere pasar a agua a 40°C?
{Q= 3960 cal}

4.- Se tiene un cubo de cobre de 8 Kg de masa a una temperatura de 320°C. ¿Cuánto calor disipará si la temperatura final del cubo es de 32°C?
{Q= 214,272 cal}

5.- ¿Qué cantidad de plomo se podrá fundir si está a la temperatura de fusión y se le agregan 6.4 Kcal?
{m= 1084.7 g}

6.- ¿Qué cantidad de calor se necesita para transformar 90 g de hielo a 60°C en agua a 85°C?
{Q= 17500 cal}

7.- Se tiene una masa de agua en la temperatura de ebullición. ¿Cuánta masa se evaporará si le agregamos 11 Kcal?
{m= 20.37 g}

8.- ¿Cuánto calor se necesita agregar para transformar en vapor 110 g de hielo que están a una temperatura de 40°C abajo de su punto de fusión?
{Q= 81.400 Kcal}

9.- Se tiene una masa de 135 g de hielo a una temperatura de 8°C bajo cero. ¿Cuánto calor se necesitará agregar para convertir el hielo en: a) agua a 0°C, b) agua a 20°C, c) agua a 80°C, d) agua a 100°C, e) todo en vapor?
{a) Q= 11340 cal b) Q= 14040 cal
c) Q= 22140 cal d) Q= 24840 cal
e) Q= 97740 cal}

10.- Una determinada cantidad de vapor se condensa al extraérsele 15.4 Kcal. ¿Cuál será la cantidad de vapor que se logra condensar?
{m= 2852 g}

11.- Construir una gráfica de temperatura contra calor del problema # 9.

12.- ¿Qué cantidad de calor se necesita quitarle al agua del problema # 10 para que se convierta en hielo a 6°C bajo cero?
{Q= 20618 cal}

13.- Calcular la humedad relativa que existe en determinado lugar si en cierto momento la temperatura es de 35°C y la cantidad de vapor es de 12g/m.
{3 %}

14.- Si la humedad relativa en un determinado lugar es de 65 %, calcular la cantidad de agua que contiene la atmósfera si la temperatura es de 30°C.
{m= 19.5 g/m}

15.- Calcular el poder calorífico de 1.5 Kg de carbón. El calor de la combustión del carbón es de 6500 cal/g.
{E= 9.75×10^{6} cal = 9.75×10^{3} Kcal}

16.- 4 litros de gasolina (2.68 Kg) se queman totalmente. Encontrar la energía liberada. Si no se perdiera absolutamente nada de energía, ¿cuánta agua a 50°C se podría evaporar con los 4 litros de gasolina?
{m= 52.24 g}

ESTUDIO DE LAS ONDAS Y DEL SONIDO.

Alguna vez habrás observado lo que sucede cuando se arroja una piedra al agua de un río o cualquier estanque, o el movimiento vibrante de las cuerdas de una guitarra, o el de un resorte que es estirado y después trate de volver a su posición original adquiriendo también un movimiento muy particular. Todos éstos son ejemplos de ondas, como lo son también el sonido, las ondas de radio que no son visibles pero que tienen características comunes a las anteriores.

OBJETIVOS.

1.- Definir los términos, conceptos, principios y leyes incluidas en este capítulo.

2.- Explicar ampliamente el concepto de movimiento armónico simple.

3.- Calcular, a partir de los datos apropiados el período y la frecuencia de vibración de una onda y de un péndulo.

4.- Diferenciar entre onda longitudinal y onda transversal.

5.- Calcular la longitud de onda, a partir de los datos apropiados.

6.- Explicar ampliamente el efecto Doppler.

7.- Explicar por qué el sonido no se propaga en el vacío.

8.- Calcular, a partir de datos apropiados, la velocidad