

INVESTIGACIÓN SOBRE LAS CONCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES ACERCA DE LOS ESTADOS DE AGREGACIÓN Y LOS CAMBIOS DE ESTADO

BORSESE, A. LUMBACA, P. y PENTIMALLI, R.
Gruppo di Didattica della Chimica. Istituto di Chimica Generale
Viale Benedetto XV 3, 16125 Génova, Italia.

SUMMARY

In this work the results of a test based on phase changes and the states of matter are discussed. They show heavy misconceptions in pupils, 15-16 years old, in the first two years of Italian Secondary Upper School. Pupils show best results when they must work with experimental situations but show difficulties to pass from verbal to graphical language.

INTRODUCCIÓN

Las ideas de los estudiantes sobre los conceptos científicos básicos han sido, en estos últimos años, objeto de numerosísimas investigaciones.

Se ha ido consolidando, entre aquéllos que se ocupan de investigación educativa, la tesis de Ausubel sobre la estrecha dependencia entre lo que ya se conoce y lo que se quiere aprender (Ausubel, Nowak y Hanesian, 1978).

Se considera que la intervención educativa puede tener éxito sólo si es «individualizada», ya que sólo así logra interactuar con la red conceptual del estudiante.

Para conocer las ideas de los estudiantes y las correlaciones entre estas ideas, se emplean, fundamentalmente, dos técnicas: la entrevista y el test de opción múltiple (Osborne y Gilbert, 1980; Tregust, 1988; Watts, 1981).

Como es sabido, la entrevista consiste en presentar al estudiante una situación problemática e invitarlo a expresar su propio punto de vista, mientras, en el test de

opción múltiple, se pide al estudiante que opte entre un cierto número de alternativas.

Según nuestro punto de vista, ambas técnicas son complementarias: el test permite conocer de modo más puntual las ideas de los estudiantes sobre determinados conceptos, mientras que la entrevista posibilita fotografiar el cuadro conceptual en conjunto.

La elección de privilegiar una u otra en la investigación; depende del objetivo que ha sido prefijado; en cualquier caso, el uso combinado de las dos técnicas permite validar tanto los datos recogidos sobre representaciones particulares como aquéllos relativos a las redes conceptuales.

En el estudio que presentamos en este artículo, la oportunidad de disponer de los resultados de numerosas investigaciones precedentes (Anderson, 1980; Kircher, 1981; Novick, 1978; Osborne y Cosgrove, 1990; Rolletto, 1990; Stay y Stachel, 1985) ha hecho posible poder

utilizar como instrumento sólo el test de opción múltiple: al determinar las alternativas de respuesta a las preguntas, de hecho, hemos podido minimizar los riesgos de comprensión equívoca del léxico por parte de los estudiantes y la posibilidad de dar interpretaciones distorsionadas de sus representaciones mentales (Borsese, 1980).

El estudio se llevó a cabo con el objetivo de confrontar los resultados obtenidos por un grupo de docentes con sus propios estudiantes después de la enseñanza del tema «estados de agregación y cambios de estado», antes del curso de formación centrado en este argumento y después de su desarrollo.

La elección del tema de «estados de agregación y cambios de estado» está motivada por diversas razones:

- su presencia en los nuevos programas, puestos a punto por la comisión ministerial, para el bienio de la escuela secundaria superior;

- el hecho de ser un argumento «límite» entre la química y la física y, por lo tanto, especialmente adecuado para un curso que supone una enseñanza integrada de los principios de ambas disciplinas.

En este artículo se presentan y analizan los resultados de la primera parte de esta investigación: el test de opción múltiple utilizado para «fotografiar» el estado de los conocimientos de los estudiantes antes de que sus profesores desarrollaran el curso.

Participaron en la investigación 20 docentes y un total de 508 alumnos. La distribución de los alumnos en función de la tipología de escuela se presenta en la tabla I.

Tabla I
Docentes y alumnos que participaron en la investigación.

Tipo de escuela superior	Número de docentes	Número de alumnos
Técnico-comercial	4	111
Técnico-geométrica	8	166
Técnico-industrial	2	58
Profesional-industrial	2	63
Magisterio	2	42
Otros	2	68

EL TEST

Se utilizaron como referencia, cuestionarios ya publicados (I.P.S., 1968); en los casos en los cuales se decidió extraer preguntas de investigaciones anteriores, éstas se adaptaron al contexto italiano. La operación de adaptación se efectuó con la participación activa de los docentes que desarrollaron el curso.

El test se estandarizó con los procedimientos normales, sobre una muestra de alumnos homogénea respecto a la que fue objeto de estudio en la investigación.

La prueba consta de 22 preguntas especialmente centradas en los aspectos macroscópicos de los fenómenos considerados (ver Anexo). Nos ha parecido útil, para facilitar la discusión sobre los resultados obtenidos, clasificar las preguntas del test en las cuatro tipologías siguientes:

1) Preguntas que pretenden medir la capacidad de los estudiantes para describir los gráficos relativos a curvas de enfriamiento o de calentamiento de sustancias puras.

2) Preguntas que se proponen ensayar la capacidad de los estudiantes para reconocer los fenómenos asociados a los cambios de estado y, en particular, al rol de la energía.

3) Preguntas dirigidas a identificar los conocimientos de los estudiantes sobre los elementos fundamentales del modelo cinético-corpúscular de la materia.

4) Preguntas que requieren de los estudiantes correlacionar parámetros del tipo *problem-solving*.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se analizan brevemente los resultados obtenidos. El análisis se hizo utilizando la subdivisión de las preguntas en los cuatro grupos antes señalados.

Para el primer grupo de preguntas, los datos recogidos se resumen en la tabla II. Como se puede observar, el porcentaje de respuestas exactas varía desde un mínimo de 45,6% para la pregunta n° 19 a un máximo de 83,5% para la pregunta n° 6, con una media algo inferior al 67%.

Tabla II
Resultados del primer grupo de preguntas.

Cuestión	A	B	C	D	E	No contesta
3	4,3	2,3	9,0	10,9	69,2	4,3
4	3,6	7,5	67,6	3,6	15,4	2,3
6	2,9	1,1	6,6	83,5	2,5	3,4
7	1,6	1,6	64,0	22,4	8,6	1,8
19	8,6	12,7	7,3	45,6	20,6	5,2

En relación con las consideraciones que se pueden hacer sobre los resultados relativos a cada una de las preguntas, es de destacar, por ejemplo, que los estudiantes muestran una cierta dificultad para reconocer una «curva de enfriamiento o de calentamiento»; sólo reconocen aquellas curvas que presentan una forma específica (la que se manifiesta cuando hay un cambio de estado). Tal dificultad se verifica, en la pregunta n° 3, en la que más del 30% de los estudiantes no reconoce como curva de enfriamiento aquella en la que la temperatura de la

sustancia considerada desciende bastante regularmente en el tiempo.

La incapacidad para reconocer las curvas de enfriamiento/calentamiento se confirma con la pregunta nº 19, que sólo el 45,6% de los estudiantes responde correctamente.

Es importante destacar que el 15,4% de los estudiantes no sabe identificar la temperatura de cambio de estado de una sustancia pura a partir del gráfico de temperatura en función de tiempo (pregunta nº 4).

La pregunta nº 7 confirma las dificultades de muchos estudiantes para leer correctamente los gráficos: sólo el 64% reconoce, en el gráfico, la temperatura a la cual se produce el cambio de estado.

Para el segundo grupo de preguntas, los porcentajes de respuestas exactas varían entre el 43 y el 70%, con una media en torno al 55%.

Los resultados obtenidos se consignan en la tabla III.

Tabla III
Resultados del segundo grupo de preguntas.

Cuestión	A	B	C	D	E	No contesta
5	54,3	9,3	25,8	8,1	0,9	1,6
8	13,2	47,6	9,5	11,1	12,5	6,1
11	10,7	4,5	7,7	7,5	67,1	2,5
16	27,4	2,0	44	4,5	19,0	3,0
17	48,8	16,1	10,7	9,5	8,6	6,3
21	56,1	12,9	13,1	5,9	6,1	5,9
2	9,5	43,0	14,9	5,7	23,5	3,4
9	6,3	11,3	4,5	69,9	3,4	4,5
10	3,6	56,8	9,7	8,8	18,6	2,5

Las preguntas de este grupo se pueden clasificar en tres tipologías:

1) aquéllas en las que se consideran los cambios de estado de una sustancia muy familiar para los estudiantes (el agua), de modo que puedan, continuamente, hacer referencia a su experiencia directa para reconocer las propiedades vinculadas a los cambios de estado;

2) aquéllas en que se trata de evaluar el conocimiento de las principales características asociables a la transición de un estado de agregación a otro, independientemente de la sustancia específica a la que se haga referencia;

3) aquéllas relativas al rol de la energía.

Examinando los resultados de las preguntas de los primeros dos grupos se puede observar que, por ejemplo, sólo el 54,3% de los estudiantes reconoce que el aumento de masa de la muestra no influye sobre la temperatura a la que se produce el cambio de estado, sino que altera solamente la duración del proceso (pregunta nº 5), mien-

tras que el 35% está convencido de que el aumento de la masa implica un aumento de la temperatura del cambio de estado.

Sorprende, en la pregunta nº 8, el hecho de que menos del 50% de los estudiantes es consciente de que la temperatura de un cambio de estado no varía, ya sea que éste se produzca mediante el calentamiento de la sustancia o bien, mediante su enfriamiento; más del 20% de los estudiantes está convencido de que las dos temperaturas deben ser diferentes. En la pregunta nº 11 se muestra la contracción que la mayor parte de las sustancias puras manifiestan en el proceso de solidificación. ¡Y el 25% de los estudiantes asocia el fenómeno de la solidificación a una disminución de la masa de la sustancia!

A propósito del paso de una sustancia del estado líquido al de vapor (pregunta nº 21), sólo el 56% de los estudiantes opina que la composición permanece constante.

En relación con la variación de la densidad, para una misma sustancia, en el paso de un estado de agregación a otro (pregunta nº 16), sólo el 44% de los estudiantes da una respuesta correcta.

Si se examina el grupo de preguntas relativas al rol de la energía, se nota que tampoco este aspecto de los cambios de estado está claro para muchos estudiantes: en la pregunta nº 17, el 16% opina que un cambio de estado supone siempre la absorción de energía por parte del sistema que lo sufre.

Con respecto al grupo de preguntas que hacen referencia al modelo cinético-corpúscular de la materia, el porcentaje de respuestas exactas desciende aún más (varía entre el 29 y el 46,7%). Estos resultados se señalan en la tabla IV.

Tabla IV
Resultados del tercer grupo de preguntas.

Cuestión	A	B	C	D	E	No contesta
13	9,5	11,1	15,9	9,3	35,4	18,8
14	4,3	4,5	10,4	31,0	43,7	6,1
15	7,7	4,8	46,7	14,3	14,6	11,9
18	11,7	39,9	15,4	17,4	7,1	8,5
20	53,8	29,0	7,9	2,3	3,4	3,6

Examinando cada una de las preguntas de este grupo se puede observar, por ejemplo, que sólo el 35% de los estudiantes reconoce que los choques entre las partículas de un gas ideal deben considerarse elásticos, que el 20% no reconoce la relación entre velocidad media y temperatura y que el 16% está convencido de que en el gas ideal hay interacciones entre las moléculas (véase, a este propósito, la pregunta nº 13).

Según el 31% de los estudiantes, en el estado sólido, las partículas se pueden considerar inmóviles y sólo el 43,7% reconoce que las partículas que constituyen los

sólidos vibran en torno a posiciones reticulares determinadas (pregunta nº 14).

En la pregunta nº 15 queda confirmada la falta de claridad sobre el rol de la energía en los cambios de estado; cerca del 20% de los estudiantes considera, de hecho, que los efectos térmicos en la solidificación son inexistentes o despreciables y el 14,3% habla de energía cedida por el sistema a expensas de una disminución de la cohesión.

La pregunta nº 18, relativa a la presión, permite ver que el 17,4% de los estudiantes considera que la presión de un gas está dada por la relación entre el peso del gas y la superficie ocupada.

En la tabla V, finalmente, se agrupan tres preguntas en las cuales se solicita a los estudiantes correlacionar más de un parámetro para poder formular una respuesta. Se puede observar que los resultados no son alentadores y muestran una incapacidad de los estudiantes para identificar conexiones entre las variables que gobiernan los procesos examinados.

Tabla V
Resultados del cuarto grupo de preguntas.

Cuestión	A	B	C	D	E	No contesta
1	18,1	18,8	56,5	2,3	2,5	1,8
12	17,0	6,0	34,0	34,9	4,5	3,6
22	11,1	18,8	10,7	12,0	28,9	18,5

La pregunta nº 1 demuestra que los estudiantes no son capaces de relacionar la distancia entre las partículas con el volumen ocupado por la sustancia y, sobre todo, la mayor parte no capta la relación entre volumen y densidad.

En la pregunta nº 12 se observa que casi el 34% de los estudiantes asocia una disminución de masa a una disminución de densidad, mientras que el 17% cree que, en el proceso de fusión, la masa de la sustancia que sufre el proceso no se conserva.

La pregunta nº 22, finalmente, confirma una vez más la dificultad que tienen los estudiantes en identificar el rol de la energía en los cambios de estado; un porcentaje no despreciable (aproximadamente el 12%) no cree que el calor de vaporización sea notablemente superior al de fusión para una misma sustancia.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la primera fase de nuestra intervención muestran las dificultades que, en general, tienen los estudiantes al afrontar estudios que implican razonar.

Muestran capacidades de razonamiento limitadas al nivel concreto-operativo; presentan carencias lingüísticas que obstaculizan la comunicación y, consecuentemente, la comprensión del discurso del profesor y de los libros de texto científicos; no son capaces de traducir datos verbales y numéricos en esquemas, gráficos y viceversa; no poseen habilidades para identificar posibles estrategias con el fin de resolver problemas; tienen, en general, escasa seguridad en las propias capacidades de reflexión y de comprensión.

Los docentes participantes en esta investigación han podido discutir acerca de la situación de sus propios estudiantes, han escuchado la opinión de expertos en problemas educativos y han reflexionado, finalmente, sobre los contenidos específicos de la unidad didáctica examinada.

El seguimiento del curso prevé la programación de una intervención educativa que, revalorizando el rol del laboratorio en la enseñanza de un contenido «límite» entre la física y la química, como el de los estados de agregación de la materia y los cambios de estado, permita identificar estrategias de intervención educativa que posibiliten a los estudiantes construir los conceptos, los modelos y las leyes partiendo de situaciones problemáticas. Se favorecerá la reflexión sobre las conexiones entre los conceptos y los postulados de las teorías y los docentes pondrán una continua y sistemática atención en el lenguaje usado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, B. (1980). Some aspects of children understanding of boiling point, en Archenhold, W.F. et al. (eds.). *Cognitive Development Research in Science and Mathematics*. U.K.: University of Leeds.

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1978). *Educational Psychology: A cognitive View*. Nueva York: Holt, Rinehart, Winston: 2a. ed.

BORDNER, G.M. (1986). Constructivism: a Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education*, Vol. 10, pp. 873-878.

BORSESE, A. (1988). Preconoscenze e apprendimento. *Psicologia e Scuola*, Vol. 8, pp. 14-20.

KIRCHER, E. (1981). Research in the classroom about the particle nature of matter. *Proceedings International Workshop*

- on Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge.* Alemania: Ludwisburg.
- NOVICK, S. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, Vol. 6, pp. 273-281.
- OSBORNE, R.J. y GILBERT, J.K. (1980). A technique for exploring students' view of the world. *Physics Education*, Vol. 50, pp. 376-379.
- OSBORNE, R.J. y COSGROVE, M.M. (1983). Children's conception of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 9, pp. 825-838.
- ROLETO, E. (1990). Solido, liquido... dei concetti banali. *Scuola e Città*, Vol. 5-6, pp. 243-247.
- STAVY, R. y STACHEL, D. (1985). Childrens' ideas about solid and liquid. *European Journal of Science Education*, Vol. 7, pp. 407-421.
- TREGUST, D.F. (1988). Development and use of diagnostic test to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, Vol. 10, pp. 159-169.
- WATTS, M. (1981). Exploring pupils' alternative frameworks using the interview-about-stances method. Proceedings International Workshop on Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge. Alemania: Ludwisburg.

[Artículo recibido en junio de 1993 y aceptado en octubre de 1995.]

ANEXO

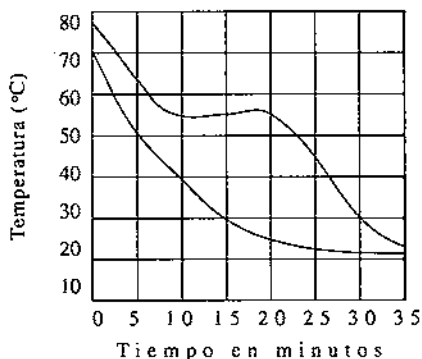
CUESTIONARIO SOBRE LOS CAMBIOS DE ESTADO Y LOS ESTADOS DE AGREGACIÓN

1) La distancia media existente entre las moléculas de un gas es, aproximadamente, 10 veces mayor de la que hay entre las moléculas de un líquido. Señala, entre las siguientes, la relación entre la densidad del oxígeno gaseoso y la del oxígeno líquido.

- a) 1: 1000
- b) 1: 10
- c) 10: 1
- d) 100: 1
- e) ninguno de los valores anteriores.

Texto común a las preguntas 2-4

Dos probetas, I y II, contienen, cada una, un líquido claro e incoloro en el que está sumergido el bulbo de un termómetro. Las dos probetas se dejan a presión y temperatura ambiente (1 atmósfera y aprox. 23 °C). Se miden las temperaturas, a intervalos regulares, y se construyen los siguientes gráficos:



2) Observando los gráficos, ¿qué se puede afirmar acerca de los dos líquidos?

- a) el líquido II es agua;
- b) sólo el líquido II podría ser agua;
- c) sólo el líquido I podría ser agua;
- d) ambos líquidos podrían ser agua;
- e) ninguno de los dos líquidos podría ser agua.

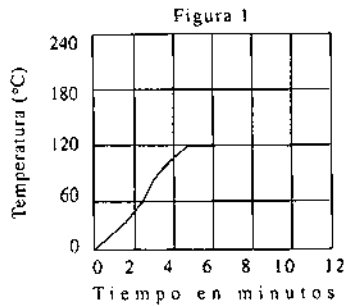
3) ¿Durante qué intervalo de tiempo, la sustancia II, se solidifica completamente?

- a) todo el tiempo;
- b) 10 minutos;
- c) 20 minutos;
- d) 30 minutos;
- e) nunca, en el intervalo considerado.

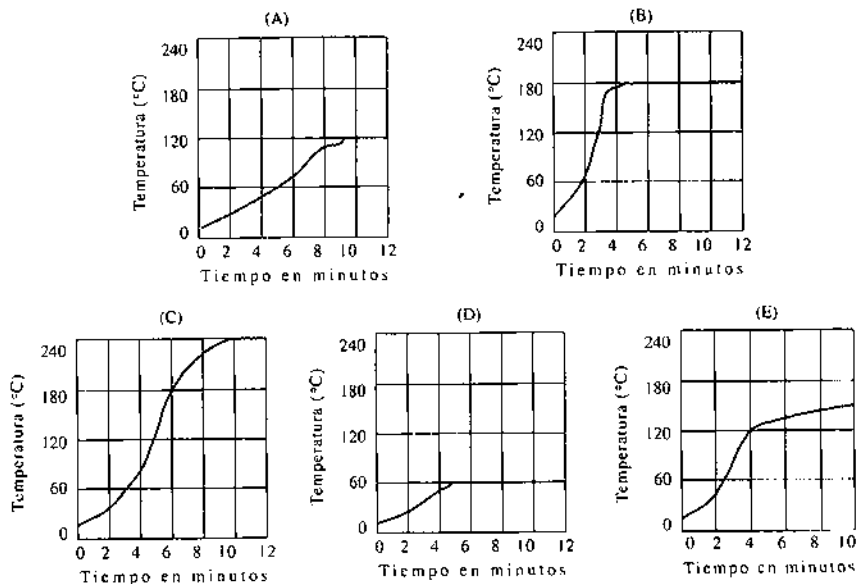
4) La temperatura de solidificación del líquido I es:

- a) 0 °C
- b) 25 °C
- c) 55 °C
- d) 100 °C
- e) no se puede deducir del gráfico.

5) Una muestra de 15 cm³ de un cierto líquido se calienta y la variación de la T en función del tiempo se representa en la figura 1.



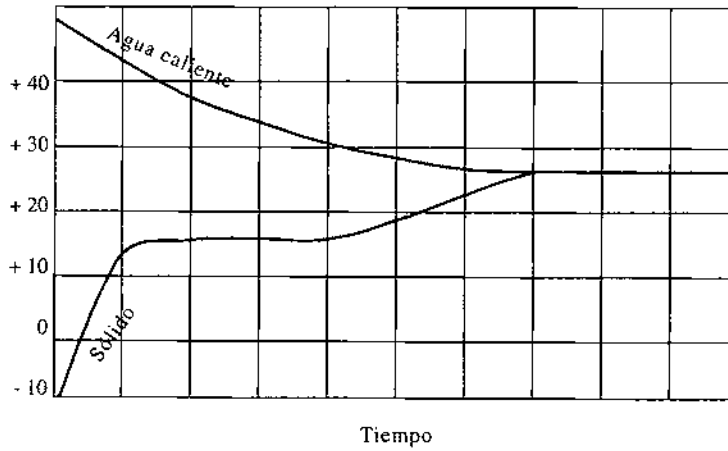
Calentando un volumen doble (30 cm³) del mismo líquido, ¿cuál de los siguientes gráficos de calentamiento se obtendrá?



INVESTIGACIÓN Y EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS

Texto común a las preguntas 6-7

Un tubo de ensayo que contiene un sólido en contacto con el bulbo de un termómetro se coloca dentro de un *erlenmeyer* que contiene agua caliente. El gráfico de las T del sólido y del agua, en función del tiempo se representa en el siguiente diagrama:



6) ¿A qué temperatura, aproximadamente, se halla el ambiente en el que se produce el fenómeno?

- a) $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c) $15\text{ }^{\circ}\text{C}$
- d) $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- e) $35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7) ¿Cuál es la temperatura de fusión del sólido?

- a) $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c) $15\text{ }^{\circ}\text{C}$
- d) $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- e) no es posible determinarla a partir del gráfico.

8) Como resultado de un experimento realizado con 10 cm^3 de una sustancia, un grupo de estudiantes encuentra que la T de solidificación cae entre los 50 y $53\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Más tarde, los resultados de un experimento realizado con unos 10^3 cm^3 de la misma sustancia en estado sólido, calentada hasta fusión, proporcionan a los estudiantes los datos para hallar que la T de fusión cae entre los 51 y $55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

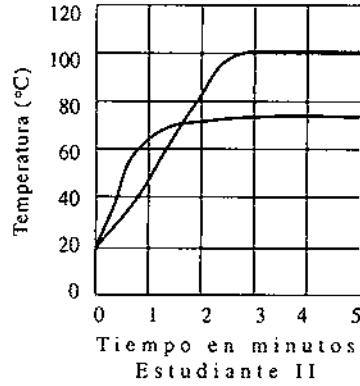
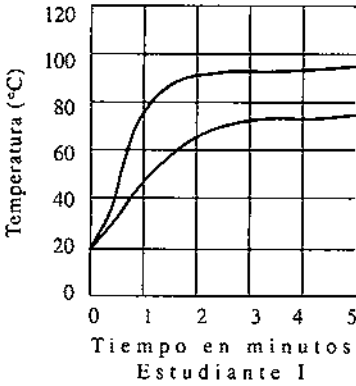
De estas informaciones se deduce que:

- a) Toda sustancia tiene una T de fusión mayor que la de solidificación.
- b) Toda sustancia funde y solidifica aproximadamente a la misma T .
- c) La T de fusión de 10^3 cm^3 de la muestra es mayor que la de los 10 cm^3 de la misma sustancia.
- d) La T de fusión de la muestra es, seguramente, más elevada que la de solidificación.
- e) Las T de fusión y solidificación de la muestra no pueden ser las mismas, a menos que las masas sean iguales.

Texto para las preguntas 9-10

Dos estudiantes examinan dos tubos de ensayo cada uno, que contienen cantidades diferentes de líquidos incoloros y límpidos. Calientan los cuatro tubos de ensayo que contienen los dos líquidos con fuentes de calor que proporcionan iguales cantidades de energía.

Las T de los líquidos se leen a intervalos iguales y son llevadas a un gráfico como el siguiente (los experimentos se llevan a cabo a la presión atmosférica):



9) ¿Cuál de los dos estudiantes podría haber tenido agua en una de los dos tubos de ensayo?

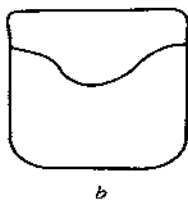
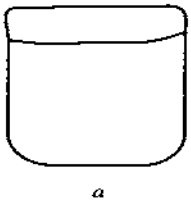
- a) I y II
- b) ni I, ni II
- c) sólo I
- d) sólo II
- e) los gráficos no proporcionan suficiente información.

10) ¿Qué pareja de líquidos podría ser la misma sustancia?

- a) 1 y 4
- b) 2 y 3
- c) 1 y 3
- d) 2 y 4
- e) ninguna.

11) Un vaso que contiene parafina fundida está tapado, y se presenta como en *a*. Al quedar en contacto con el ambiente, la parafina solidifica y el vaso se presenta como en *b*.

De lo que has aprendido y de estas informaciones, ¿qué cambios supones que ha habido en la masa y en el volumen de la parafina entre el instante *a* y el *b*?



Volumen **Masa**

- | | | |
|----|-----------|-----------|
| a) | constante | disminuye |
| b) | " | constante |
| c) | disminuye | aumenta |
| d) | " | disminuye |
| e) | " | constante |

12) Un estudiante introduce un trozo de hielo en una pequeña botella de plástico sin tapa y halla que la masa total (botella + hielo) es de 18,1 g.

Muchas horas después, halla que la masa de la botella + el agua es de 17,8 g. De estas medidas se puede deducir que:

- a) la masa no se conserva durante la fusión del hielo;
- b) el volumen del hielo aumenta durante la fusión;
- c) la densidad del hielo disminuye durante la fusión;
- d) se evaporó un poco de agua de la botella;
- e) se ha condensado un poco de agua a partir del aire que hay dentro de la botella.

13) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones NO está incluida en el modelo de gas ideal propuesto durante el curso?

- a) las velocidades medias de las moléculas de diversas muestras del mismo gas son iguales entre sí a la misma *T*;
- b) a baja presión, las moléculas están muy alejadas entre sí, en comparación con sus dimensiones;

INVESTIGACIÓN Y EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS

- c) a baja presión toda molécula se comporta de modo independiente de las otras;
- d) cuando la velocidad media de las moléculas de una muestra de gas aumenta, aumenta también la T ;
- e) cuando las moléculas de un gas golpean, en modo elástico, un objeto que se mueve, alejándose entre ellas, rebotan con velocidad media reducida.

14) Durante un experimento se enfría un líquido puro: la T desciende hasta $78\text{ }^{\circ}\text{C}$, después permanece constante por un cierto tiempo durante el cual se forman cristales en el líquido. En este intervalo, a $T = \text{constante}$, ¿qué modificaciones sufren las moléculas en el paso de líquido a sólido?

- a) pierden contacto entre ellas y se alejan libremente;
- b) su velocidad media aumenta;
- c) disminuyen su velocidad media;
- d) asumen posiciones precisas y cesa todo movimiento;
- e) asumen oposiciones precisas en torno a las cuales vibran.

15) Durante la solidificación de un líquido, la temperatura permanece constante porque:

- a) el calor no abandona el sistema;
- b) el calor cedido al sistema es despreciable;
- c) la energía emitida por el sistema es compensada por el aumento de la cohesión intermolecular;
- d) la energía emitida por el sistema es compensada por la disminución de la cohesión intermolecular;
- e) la energía no sufre cambios.

16) A tu juicio, las densidades relativas de los tres estados de agregación de la materia se colocan en orden creciente:

- a) sólidos, líquidos, gases;
- b) gases, sólidos, líquidos;
- c) gases, líquidos, sólidos;
- d) no existe un orden que sea válido para todos;
- e) es necesario saber de qué sustancia estamos hablando.

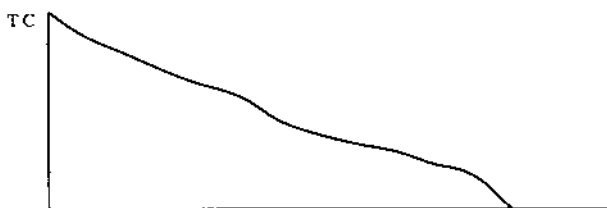
17)Cuál de las siguientes características es típica de un cambio de estado:

- a) la energía cedida en un sentido es absorbida en el sentido contrario;
- b) la sustancia adquiere siempre energía;
- c) la temperatura es siempre la misma para todos los cambios de estado;
- d) no hay intercambio de energía;
- e) la energía siempre es cedida por la sustancia.

18) La presión gaseosa se puede considerar como la resultante de:

- a) la energía cinética de las partículas;
- b) los choques de las partículas contra las paredes del recipiente;
- c) movimiento desordenado de las partículas;
- d) la relación entre fuerza peso y superficie;
- e) la escasa cohesión de los gases.

19) El gráfico representa:



- a) una curva de enfriamiento con condensación;
- b) una curva de enfriamiento con solidificación;
- c) una curva de calentamiento con una transformación no identificable;

- d) una curva de enfriamiento con una transformación no identificable;
- e) un gráfico no aplicable a fenómenos térmicos.

20) Una taza llena de municiones de caza representa: a) un buen modelo de sólido;

- b) un buen modelo de líquido;
- c) un buen modelo de gas;
- d) para decidir es necesario conocer la masa;
- e) para decidir es necesario conocer el volumen.

21) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones NO es verdadera, con respecto al proceso de vaporización:

- a) la composición de las moléculas del vapor es diferente de la de las moléculas del líquido;
- b) la densidad del vapor es inferior a la del líquido;
- c) el vapor se comprime mucho más fácilmente que el líquido;
- d) la vaporización es un cambio de estado;
- e) durante la vaporización las moléculas se distancian notablemente.

22) El calor molar de fusión del aluminio es 2,55 Kcal/mol. El punto de fusión del aluminio es 660,1 °C. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones NO es verdadera respecto a la fusión del aluminio? (peso atómico Al= 27,0):

- a) la fusión del aluminio es un proceso endotérmico;
- b) entregando 2,55 Kcal de energía se provoca la fusión de 27 gramos de aluminio;
- c) si a la temperatura de 660,1 °C se entregan 2,55 Kcal a 27,0 gramos de aluminio, se provoca la fusión;
- d) el calor de vaporización del aluminio es, sin duda, superior a 2,55 Kcal/mol;