



Cambios en los puntos

DE FUSIÓN Y DE EBULLICIÓN DEL AGUA DEBIDO A UNA VARIACIÓN EN LA PRESIÓN

Rocío Castañeda León





Secretaría de Educación Pública

Mtro. Aurelio Nuño Mayer
Secretario de Educación Pública

Dr. Rodolfo Tuirán Gutiérrez
Subsecretario de Educación Media Superior

Mtro. Daniel Hernández Franco
Coordinador Sectorial de Desarrollo Académico

Rocío Castañeda León

Licenciada en Física por la UNAM. Profesora de física en licenciatura, bachillerato y secundaria; ayudante de investigador en la UNAM y autora de libros de texto.

Alejandra Pellicer

Coordinadora de la serie
Consejo para la Evaluación de la Educación Media Superior (COPEMS)

Coordinación editorial

Oficina de Enlace de la Subsecretaría de Educación Media Superior

DCG. Luz María Zamitiz Cruz

Diseño gráfico y editorial

Primera edición, 2016

Secretaría de Educación Pública

Subsecretaría de Educación Media Superior

Argentina Núm. 28 Col. Centro Histórico, Del. Cuauhtémoc

Ciudad de México.

Se permite la reproducción total o parcial del material publicado citando la fuente. Los textos son responsabilidad del autor y no reflejan necesariamente la opinión de la Subsecretaría de Educación Media Superior.



9



13



25



Introducción

9

1. El papel del docente como guía y facilitador del aprendizaje.

Relación de la física con fenómenos
de la naturaleza y de la vida cotidiana

13

2. Marco teórico

25

2.1 Sólidos, líquidos y gases

27

2.2 Cambios de fase

30

2.3 Punto de fusión, solidificación y calor latente de fusión

31

2.4 Vaporización, condensación o licuefacción, sublimación
y sublimación inversa —cristalización—. Calor latente

33

2.5 Influencia de la presión en la temperatura de fusión
y en la temperatura de ebullición. El caso atípico del agua

37

2.6 Diagrama de fases y punto triple

39

45



67



97



3. Secuencia didáctica para abordar el tema “cambios en los puntos de fusión y de ebullición del agua debido a una variación en la presión”

45

3.1 Esquema

47

3.2 Secuencia didáctica sugerida

57

4. Herramientas e instrumentos para motivar al alumno y favorecer la comprensión de los estados de la materia, cambios de fase, calor latente y punto triple

67

5. Bibliografía consultada y recomendada

97





Introducción



La propuesta que se presenta a continuación está estructurada de tal manera que cumpla con los siguientes dos objetivos:

- 1) Servir como guía para llevar a cabo una secuencia didáctica en específico. Este objetivo se contempla como apoyo para aquellos docentes menos experimentados que quieran o necesiten el ejemplo de una secuencia didáctica explícita y conducida. El tema es “cambios en los puntos de fusión y ebullición del agua debido a una variación en la presión”.
- 2) Funcionar como material auxiliar para los docentes de Física con experiencia en impartir clases; se sugieren y proponen diversas estrategias didácticas que sirven para abordar los contenidos elegidos en este fascículo. Será responsabilidad del docente seleccionar y llevar a cabo aquellas que le sean más útiles de acuerdo a las características de sus alumnos, a las herramientas e instrumentos sugeridos, al nivel del curso y al espacio en el que imparte las clases.

El fascículo se divide en 3 apartados; el primero habla del papel del docente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, de su importancia en la impartición de ciencias, y aborda conceptos básicos e información fundamental de los temas seleccionados. En el segundo se define someramente lo que es una secuencia didáctica y cómo se construye; además, se propone una secuencia didáctica explícita para el tema “cambios en los puntos de fusión y de ebullición del agua debido a una variación en la presión”. Esta sección será un apoyo para profesores menos experimentados (en la asignatura o en la docencia) o bien, para auxiliar a aquellos que no tengan clara la manera de llevar a cabo una secuencia didáctica para un subtema tan complicado y poco intuitivo como éste.

Finalmente, en el tercer y último apartado del fascículo, se proponen diversas estrategias de enseñanza-aprendizaje que van de acuerdo al nivel de los alumnos y que se orientan respecto a un modelo de secuencia didáctica que se evidencia en esa misma sección.



En estas estrategias se incluyen algunas preguntas y experimentos que no deben tomarse como únicas ni suficientes para los objetivos del curso, sin embargo, se recomiendan por ser instrumentos previamente utilizados y a sabiendas que funcionan en el proceso de generación de conocimiento. Son ideas que se sugieren para que el docente experimentado arme su propio rompecabezas a partir de las opciones que le parezcan más viables de acuerdo con las condiciones del grupo, espacio, nivel cognitivo de los estudiantes, temario, etcétera.





**1. El papel
del docente como
guía y facilitador
del aprendizaje.
Relación
de la Física con
fenómenos de
la naturaleza
y de la vida
cotidiana**



A diferencia de otros enfoques, en el modelo constructivista los alumnos se convierten en el centro de las propuestas formativas en los planteamientos curriculares, se fomenta el intercambio de saberes y la construcción de conocimientos a partir de situaciones comunes de la vida diaria y de la resolución de problemas de caso, se reconoce al estudiante como el principal constructor de su propio aprendizaje y se establece un vínculo cercano entre el profesor y el estudiante. Para lograr este tipo de educación, el docente enfrentará diferentes retos y situaciones complejas, razón de todo ello que su clase no deba ser únicamente en términos expositivos o de manejo de la información.

Entre las principales responsabilidades que se recomienda que asuma el docente, además de dar cumplimiento al programa de estudios, se encuentran:

- Promover diversas formas de interacción dentro del aula.
- Organizar la distribución del tiempo y el uso de materiales.

Para ello es conveniente planificar el trabajo considerando el contenido que se abordará, la forma en la que se hará (estrategias didácticas dentro del aula), el tiempo y material necesario para llevarlo a cabo. Ahora bien, para realizar esta labor habrá que tomar en cuenta algunas orientaciones didácticas, tales como:

- a. **Incorporar los intereses, las necesidades y los conocimientos de los alumnos durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.** Para lograr un aprendizaje significativo es necesario considerar los saberes y destrezas que los alumnos han logrado en años anteriores, ya sea en la escuela, en su contacto con la naturaleza o en su interacción con la sociedad. Siendo de esa forma, es indispensable conocer a los alumnos, sus intereses, motivaciones y conocimientos. Además, es menester reconocer su ambiente social y económico para que los ejemplos utilizados durante la clase se relacionen con su contexto sociocultural.



- b. **Tomar en cuenta la heterogeneidad de los estudiantes.** Atender la diversidad en formas de aprendizaje y los aspectos académicos, individuales, interpersonales y afectivos es una prioridad para lograr la construcción del conocimiento nuevo y el reforzamiento del existente.
- c. **El uso óptimo del tiempo y del espacio.** Es recomendable que el profesor estime con antelación el tiempo que utilizará para las diversas actividades planeadas y la manera en la que el espacio físico le será de mayor utilidad, así eso implique trabajar en el patio o modificar la estructura interna del aula.
- d. **Seleccionar los materiales adecuados.** Contemplar en las planeaciones de clase diversas opciones como lecturas, experimentos, películas, documentales, visitas a museos, etc.
- e. **Hacer uso de preguntas generadoras.** Al iniciar con el aprendizaje de cualquier contenido, es recomendable utilizar cuestionamientos que motiven la curiosidad de los estudiantes. Es indispensable fomentar su creatividad, razonamiento y lógica desde el inicio; el objetivo es que den solución a dichas preguntas conforme aborden el contenido. De esta manera se mantiene “vivo” su interés a la vez que van surgiendo otras interrogantes.
- f. **Promover el trabajo grupal y la construcción colectiva del conocimiento.** Es vital que los alumnos aprendan a trabajar en grupo, ya que esto fomenta su responsabilidad, la organización y diversificación de tareas, el compromiso con el otro, el juego de roles, su habilidad para comunicarse y expresar sus ideas, etc.
- g. **Impulsar la autonomía de los alumnos.** Para lograr este cometido, se sugiere que el docente promueva el debate dentro del aula, propicie la exposición y justificación de ideas de los estudiantes, estimule la reflexión de lo que han aprendido y cómo lo han hecho, fomente que los alumnos practiquen de maneras diferentes y, genere desafíos plausibles para ellos.



- h. **Utilizar la evaluación diagnóstica, formativa y sumativa antes de llegar a la calificación.** La evaluación es un proceso continuo de obtención de información que permite emitir juicios acerca del desempeño y mejora de cada uno de los alumnos. Lo que se pretende con la evaluación es dar seguimiento a los estudiantes con la finalidad de que ellos mismos se vayan superando, adquiriendo conocimientos cada vez más profundos y afinados; cada uno a su propio ritmo, determinado por sus capacidades, esfuerzos y condiciones de vida.

Dadas estas y otras implicaciones de la labor docente, esperamos que este fascículo sea un material que logre que dicha labor sea más amena y ligera. Nuestro objetivo es ayudar, orientar y apoyar al profesor en algunos de los temas y actividades que se consideran más complicadas. El propósito será que el profesor vaya adquiriendo claridad, orden, creatividad y contundencia en la ejecución de su labor diaria y que, a su vez, vaya ganando experiencia para manejar diversas circunstancias que se presenten en la planeación y ejecución de sus clases.

Ahora bien, la manera en la que se piensa orientar los contenidos, temas, asuntos o competencias, es a través de las llamadas secuencias didácticas; éstas deben planearse y ejecutarse buscando que los alumnos construyan los conocimientos esperados conforme transcurre el curso.

Hablar a profundidad de qué es una secuencia didáctica y de la manera en la que se organiza y planea, excede los propósitos y objetivos de este fascículo. Sin embargo, es importante recalcar algunos puntos claves respecto a dichas secuencias a sabiendas que el docente sabe lo que son y cómo se organizan.

En principio, es recomendable que las secuencias didácticas no sean lineales. Las secuencias didácticas lineales suelen comenzar con una introducción —comúnmente una exposición unilateral del profesor o el resumen de un texto—, seguir con actividades relacionadas con lo expuesto por el docente —normalmente cuestio-



narios, problemas de aplicación o actividades memorísticas— para terminar con una “evaluación” de lo aprendido, que consistirá, por tradición, en la resolución de un examen escrito. Esto, lejos de ayudar a que el alumno sea el principal partícipe de su aprendizaje y a que construya y refuerce conocimientos con base en experiencias y conocimientos previos o relacionados con su entorno sociocultural o natural, debilita el interés del alumno por la ciencia y por los temas abordados, no se le induce a la reflexión, análisis, autonomía y desarrollo de pensamiento crítico y lo lleva a retener y/o repetir conceptos e información por un tiempo limitado, toda vez que el aprendizaje no le fue significativo puesto que no se le motivó, no se tomaron en cuenta sus inquietudes y tampoco se le hizo protagonista en ninguna de las actividades realizadas. Es conveniente que el docente tenga presente que las secuencias didácticas pueden hacerse de modo muy diverso dependiendo del tiempo, el espacio y las circunstancias (dificultad y flexibilidad del tema a abordar, número de alumnos, entorno sociocultural y afectivo, etc).

En el enfoque constructivista se toma como base la siguiente propuesta para generar una secuencia didáctica:

1. **Preguntas generadoras.** Situaciones problemáticas o cuestionamientos que se hacen al inicio de la sesión con la finalidad de motivar a los alumnos a ser partícipes de su aprendizaje.
2. **Recuperación de conocimientos previos.** Se sondean los conocimientos clave que servirán a los alumnos para comenzar a explicar las preguntas generadoras. En este punto es muy importante que el docente trace el camino, es decir, que conduzca la sesión enfocándose en los conocimientos que sí son necesarios para abordar el contenido en cuestión.
3. **Presentación del nuevo contenido.** En esta sección se manejarán diversas herramientas e instrumentos didácticos con la finalidad de que el tema presentado se teja a partir de una red de ideas, materiales, actividades y estrategias.



De lo que se trata es de olvidarse del gis y el pizarrón como únicos medios de acción.

4. **Búsqueda de soluciones.** En esta sección se pretende que, a partir de integrar los conocimientos previos con los que se están construyendo, el estudiante genere sus propias explicaciones de las preguntas generadoras.
5. **Análisis y reflexión de las soluciones propuestas.** Se fomenta la discusión y el debate entre pares, equipos o grupalmente para analizar y reflexionar sobre las respuestas dadas a las preguntas generadoras. En este momento suelen surgir nuevas dudas que tendrán que ser resueltas bajo la conducción y apoyo del docente.
6. **Conclusiones.** En esta parte de la secuencia didáctica se realiza una recapitulación y reforzamiento de lo aprendido a través de alguna estrategia didáctica. Se concluye con las respuestas de las preguntas generadoras y se hace énfasis en aquellos contenidos que serán de relevancia para abordar el siguiente tema de acuerdo al programa de estudios.
7. **Generalización y otras áreas de aplicación.** Se discute con los alumnos la importancia del tema abordado, se enlaza lo aprendido con otras asignaturas y se proyecta, al menos de manera superficial, su uso en algunas áreas de la industria y/o en el desarrollo de otros temas más avanzados y contemporáneos.
8. **Ejercitación.** Hablando de la asignatura de Física, se utilizan diversos ejercicios de aplicación para que el alumno practique lo aprendido y refuerce sus conocimientos. Entre los ejercicios utilizados se encuentran los de análisis cualitativo, los de desarrollo cuantitativo, lecturas, y algunos otros que le ayuden a acercarse a la definición de los conceptos clave.
9. **Evaluación.** Consiste en contemplar, de forma holística, la manera en la que el alumno realizó cada una de las actividades propuestas. El objetivo es valorar las actitudes, habilidades y conocimientos que el estudiante alcanzó al finalizar la secuencia didáctica. Es conveniente que el docen-



te considere la heterogeneidad de los alumnos para que a cada uno se le reconozcan sus logros y se le evalúe comparándolo con él mismo en tiempos anteriores.

Este tipo de secuencia, por no ser lineal, tiende a ser compleja y elaborada en sus actividades. Comienza motivando a los alumnos a partir de algún tema o situación actual y/o de su interés. Al animarlos a expresar sus opiniones y conocimientos, refuerza dicho componente a la par que trabaja con la parte actitudinal. Siendo así, las secuencias didácticas no lineales contemplan e incluyen los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que se desean lograr con los estudiantes. Además, con este esquema pueden alternarse en su desarrollo técnicas individuales y grupales, propiciando cambios en el ritmo de las clases y manteniendo el nivel de motivación. Aunque en principio parezca que esta propuesta de secuencia didáctica es rígida, en realidad, los pasos, el contenido, las situaciones, el tiempo y el ambiente se pueden adecuar a las características particulares del tema a abordar y del contexto de actuación del docente; lo fundamental es respetar el carácter y la intencionalidad de la asignatura, es decir, la búsqueda y adquisición del aprendizaje a través de la construcción del conocimiento utilizando redes conceptuales y múltiples conexiones entre factores de diversa índole y con muy diferentes objetivos. Tengamos presente que lo que se pretende es que los alumnos participen de manera activa en su aprendizaje y logren asumir posturas críticas y objetivas que les permitan tomar decisiones informadas ante las diversas situaciones que se presentan en su vida cotidiana y, que a su vez, se responsabilicen de las consecuencias que sus acciones puedan tener hacia la sociedad y el ambiente.

En el enfoque constructivista se sugieren pasos que utilizan e integran diferentes estrategias didácticas para que el alumno teja su conocimiento en función de las actividades realizadas; de esta manera, se promueve como prioridad que el alumno sea el constructor de su propio aprendizaje; razón de que dicho enfoque se presente como un reto para el profesor al exigir que ponga en prác-



tica no sólo su experiencia y buen manejo de información y contenido, sino también la habilidad de proponer alternativas y variantes que sean atractivas para los estudiantes; deberá propiciar las condiciones necesarias para que los alumnos construyan su propio conocimiento y obtengan resultados satisfactorios que los motiven aún más a aprender y a ser cada vez más creativos y críticos. Asimismo, el docente deberá utilizar herramientas contemporáneas en el desarrollo de su labor, tales como las llamadas TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación). Dichas herramientas construyen un lazo entre las fuentes de consulta y las actividades que suelen realizar los alumnos en su vida cotidiana, como incursionar en páginas electrónicas, ver documentales, ver y analizar videos de redes sociales previamente seleccionados, consultar blogs, ver películas o bien, consultar revistas o libros electrónicos.

En conclusión, el docente, a través de la generación de posibilidades, ambientes y actividades propicias, llamativas y didácticas, funciona como guía y facilitador que acompaña al estudiante en la construcción de sus conocimientos. Dicha labor es clave para el consecuente logro de los aprendizajes esperados en el alumno y para despertar su interés y curiosidad, además de involucrarlos en actividades que les permitan crecer como individuos dentro de su sociedad y su ambiente.

En general, para los docentes de ciencias duras —y muy particularmente en Física—, la impartición de clases tiende a ser complicada y tediosa no sólo por el nivel de abstracción y profundidad de los diversos y muy numerosos temas, sino también por tener que lidiar con los prejuicios que los estudiantes suelen tener acerca de la asignatura. Los alumnos piensan que la Física estudia temas ajenos a su realidad, que son muy elevados para su comprensión y que además, los docentes que la imparten son aburridos y no explican bien. Por todo ello, nos ha parecido pertinente y necesario elaborar un material de apoyo para que tanto docentes como estudiantes gocen por su lado y en conjunto del proceso de enseñanza-aprendizaje. Es relevante hacer notar que el papel del docente es vital y trascendente en el desarrollo cognitivo del alumno. Como ya se mencio-



nó, su papel de guía y facilitador de aprendizaje es invaluable.

Para el contenido de este fascículo se han seleccionado los temas de “Estados de la materia, cambios de fase, calor latente y punto triple”. La importancia teórica y práctica de dichos contenidos es relevante, pues no sólo aluden al desarrollo cognitivo del alumno, sino que todos ellos parten de un modelo físico y de contenidos que al integrarlos hacen posible explicar y analizar fenómenos que se observan y aplican de diversas maneras en la vida cotidiana y en la naturaleza. Lograr que el alumno comprenda la ciencia como construcción humana, visualice la continua actualización de información —con sus respectivos alcances y limitaciones—, y establezca los vínculos entre contenidos y conceptos, suelen ser propósitos principales del programa de estudios.

Para el desarrollo de la presente propuesta es importante explicar algunos contenidos relacionados con el tema. En este caso se explicarán los estados de la materia y los cambios de fase a partir del modelo cinético de partículas —relacionado directamente con las leyes del movimiento de Newton—, se darán a conocer las condiciones necesarias para las cuales una sustancia presenta un cambio de fase, se hablará de la energía interna de los cuerpos y de su dependencia con la presión y la temperatura. Asimismo, se abordarán los temas de calor latente y punto triple, ambos completamente nuevos para los estudiantes de bachillerato.

Dado que estos contenidos no sólo requieren el manejo claro de diversos conceptos y de representaciones relativamente abstractas, sino que, además, se sugiere su integración (energía interna, presión, temperatura, calor, leyes del movimiento, volumen, fuerzas de cohesión y de repulsión, gráficas de temperatura, gráficas de cambios de fase), se sabe por experiencia que son temas difíciles de explicar y entender. Por otro lado, no se debe perder de vista que comprender dichos contenidos es fundamental para aprender y asimilar otros como la densidad, principio de Arquímedes, presión atmosférica, presión hidrostática, leyes de la termodinámica, formas de transmisión de calor, o incluso, algunos más contemporáneos como superconductividad y el quinto estado de la materia, el



condensado de Bose-Einstein. Razón de todo ello que la propuesta de este fascículo sea interesante toda vez que el reto será no sólo lograr que los alumnos aprendan a aprender conceptos científicos, sino que los entrelacen y los conjunten con conocimientos previos y/o de otras asignaturas para aprender a observar y explicar fenómenos propios de la ciencia, de su vida cotidiana y de su ambiente. Como ejemplos podemos mencionar el funcionamiento de una pastilla desodorante, el funcionamiento de una olla exprés o bien, los problemas que se presentan para los alpinistas al escalar altas montañas.

Es importante señalar que los contenidos que se abordarán en este fascículo tienen relación con otras asignaturas como: Matemáticas, Historia universal, Geografía e Informática. El tener esto presente puede ser motivo para que el docente trabaje en conjunto con otros profesores diseñando actividades más completas, complejas y extensas, que además de significar un reto para los estudiantes, contribuyan a tejer una red de estrategias y herramientas educativas con las que se logren de manera óptima aprendizajes significativos y holísticos. Por otro lado y no menos relevante, esta vinculación también podría ayudar para formular las preguntas generadoras de inicio de secuencias.







2. Marco teórico



En esta sección se presentará información fundamental de los temas “Estados de la materia, cambios de fase, calor latente y punto triple”. La finalidad de este apartado es reforzar los conocimientos del docente de Física o bien, dar a conocer los conceptos, términos y relaciones claves —en el caso de que la propuesta sea utilizada por profesores ajenos a la materia—. El docente debe estar consciente de que el texto que se verá a continuación simplemente cumple el papel de apoyo y guía, más no es recomendable tomarlo como único o completo para abordar los temas correspondientes establecidos en el programa. Aun siendo de esta manera, la importancia del contenido que se abarca en esta sección es debido a que es indispensable y básico para conocer los puntos mínimos a partir de los cuales se desarrollará la secuencia didáctica del capítulo 3 y se pondrán las estrategias didácticas del capítulo 4.

Tanto en la sección tres como en la cuatro de este fascículo se verán a profundidad los problemas a los que se enfrentan tanto alumnos como docentes en la enseñanza-aprendizaje de estos temas.

2.1 Sólidos, líquidos y gases

Aunque en realidad existen 4 estados de agregación de la materia, a saber, sólido, líquido, gas y plasma; en la Tierra, la mayor parte de las sustancias pueden clasificarse dentro de los tres primeros, razón de ello que el estudio del plasma quede limitado a situaciones completamente fuera de lo común. De hecho, en la Tierra solamente son clasificados como plasma: la ionósfera, los relámpagos y las auroras polares. El plasma únicamente se presenta en condiciones de altas temperaturas (más de $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$) y es un gas que posee una cantidad extra de partículas cargadas eléctricamente que se conoce como gas ionizado. Resulta curioso saber que de hecho, hablando del universo, el 98% es plasma.

Las diferentes sustancias y materiales que existen en el universo se clasifican de acuerdo a su estado de agregación, pero, ¿qué



es un estado de agregación? Es el conjunto de características de la materia relacionadas con la manera en que sus partículas están acomodadas o agregadas. Dichos estados pueden ser descritos a partir del uso del modelo cinético de partículas.

En el estado sólido los átomos de las sustancias se encuentran muy cercanos unos con otros (distancias no mayores a unos cuantos angstroms $-1 \times 10^{-10} \text{ m}$) y están unidos por fuerzas eléctricas de relativamente gran magnitud. El movimiento de los átomos se limita a ser por vibración (agitación térmica) alrededor de una posición de equilibrio; de hecho podría decirse que sus moléculas tienen mayor cantidad de energía potencial que de energía cinética (mayor fuerza de cohesión molecular que de repulsión). Debido a estas propiedades, los sólidos son rígidos, presentan forma propia y ofrecen cierta resistencia a las deformaciones.

En la naturaleza casi todos los sólidos se presentan en forma de cristales; sus propiedades dependerán de la diferencia en sus estructuras cristalinas. Por ejemplo, los átomos de carbono pueden constituirse de dos maneras diferentes, para formar grafito o bien para formar diamante. Algunos pocos sólidos, aquellos que no presentan en su estructura interna la regularidad de los cristales, se conocen como amorfos, un ejemplo típico es el asfalto o el caucho.

En el estado líquido los átomos de la sustancia están un poco más alejados unos de otros, se dice que la magnitud de las fuerzas de cohesión y de repulsión son de más o menos el mismo orden, por lo que también lo son la magnitud de la energía potencial y cinética de los átomos constituyentes. Siendo así, el movimiento de vibración de los átomos se hace con mayor libertad, permitiendo que existan pequeñas traslaciones. A ello se debe que los líquidos puedan escurrir o fluir. No ofrecen resistencia a la deformación —adoptan la forma del recipiente que los contiene— y son incompresibles. En ciertos líquidos, existe una estructura localmente ordenada, lo que da origen a cristales líquidos, como los que se utilizan en las pantallas LCD de las calculadoras, computadoras y televisores.

En los gases la separación de los átomos o moléculas constituyentes (de 40 a 10 000, angstroms) es mayor que en los líquidos y



sólidos, siendo prácticamente nula la fuerza de cohesión y reinando por tanto, la energía cinética sobre la potencial. Las partículas se mueven con completa libertad en todas direcciones haciendo que los gases no presenten forma ni volumen definido. De hecho, siempre tenderán a ocupar el mayor volumen posible, razón de ello que tengan una densidad variable. Los gases pueden comprimirse, como cuando por ejemplo en una jeringa cerrada se presiona con el émbolo el aire dentro de ella y éste disminuye en volumen. Una vez que el émbolo se suelta, el aire vuelve a expandirse a su máxima capacidad. A pesar de esto, hay una relación definida entre el volumen, la presión y la temperatura de un gas, de modo que una cantidad de gas ocupa un volumen bien determinado a una presión y temperatura dadas. Aunque esta relación es muy compleja para un gas denso, es muy simple para un gas ideal. Las propiedades de los gases ideales son importantes en la práctica porque los gases que intervienen en la respiración son aproximadamente ideales.

En la figura 1 se muestran esquemáticamente los modelos moleculares de la estructura interna de un sólido, un líquido y un gas.



Estados de agregación.

Figura 1

Organización y separación de los átomos y/o moléculas en los diferentes estados de la materia según el modelo cinético de partículas. (Imagen obtenida de <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/cnavperp/2015/01/>)



Dadas las características de cada uno de los estados de agregación, en la mayor parte de las sustancias el estado sólido es más denso que el líquido, que a su vez es más denso que el estado gaseoso; a excepción del agua en donde el estado sólido es menos denso que el líquido.

2.2 Cambios de fase

Los cambios de fase se producen al variar la energía de agitación de las moléculas o átomos constituyentes; el incremento en la energía hace que la fuerza de cohesión de los átomos se altere, pudiendo ocasionar modificaciones en su organización y separación. En principio es fácil asimilar que, dado que el calor es energía en transferencia, un incremento de calor producirá dicha agitación y, por tanto, podrá inducir a un cambio de fase. Naturalmente, la eliminación de calor deberá producir los efectos inversos a los observados cuando la sustancia recibe energía. Para identificar los cambios de fase se asignan diferentes nombres o denominaciones, éstos se muestran tanto en la tabla 1 como en la figura 2.

Cambio de fase	Nombre
Sólido-Líquido	Fusión o derretimiento
Líquido-Sólido	Solidificación
Líquido-Gas	Vaporización (ebullición y evaporación)
Gas-Líquido	Condensación o licuefacción
Gas-Sólido	Cristalización o sublimación inversa
Sólido-Gas	Sublimación

Tabla 1
Denominaciones de los respectivos cambios de fase



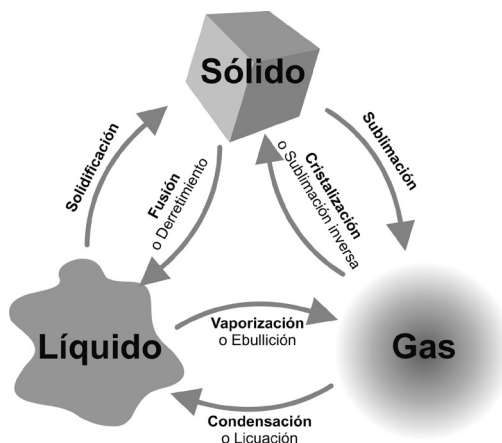


Figura 2

Esquema que representa los nombres representativos de los cambios de fase. (Imagen obtenida de <http://insercionblog.blogspot.mx/2015/03/convencete-los-chemtrails-no-pueden-ser.html>)

En las siguientes secciones se analizarán por separado cada uno de los cambios de fase.

2.3 Punto de fusión, de solidificación y calor latente de fusión

Fusión. Este cambio de fase ocurre cuando después de suministrar calor a un cuerpo por cierto tiempo, la temperatura de dicha sustancia alcanza un valor determinado tal, que la energía de agitación es suficiente para deshacer la red cristalina o el arreglo atómico o molecular. A esta temperatura se le conoce como punto de fusión. A una presión dada, la temperatura a la cual se produce la fusión tiene un valor específico para cada sustancia. Por ejemplo, a una atmósfera de presión, el agua se funde a 0°C (pasa de sólido a líquido) y el plomo a 327°C .

Cuando un sólido ha alcanzado su punto de fusión, es necesario proporcionarle cierta cantidad de calor para inducir el cambio de



estado de agregación de la materia. A esta cantidad de calor necesaria por unidad de masa se le conoce como *calor latente de fusión* y es característico de cada sustancia. Esta cantidad de energía solamente se utiliza para generar el cambio de fase más no para aumentar la temperatura de la sustancia. La razón de que este calor sea imprescindible es que se requiere energía para romper enlaces y separar los átomos. Por ejemplo, para el agua, el calor latente de fusión es de 80 Kcal/Kg, lo que significa que para fundir un kilogramo de agua es necesario que una vez estando a los 0°C (a una presión de una atmósfera) se le otorguen 80 Kcal de energía para convertirlo de sólido a líquido —mientras que sigue estando a 0°C—. Es importante resaltar que durante el tiempo que dure la fusión, la temperatura del sólido y del líquido que se va formando permanece constante hasta que se haya fundido el sólido por completo —en el caso del agua, se tendría hielo y agua líquida coexistiendo a los 0°C mientras dura la transición—. Una vez que ya se tenga toda el agua en líquido, la energía extra se utilizará para incrementar la temperatura—. En la tabla 2 se muestran los calores latentes de fusión para algunas sustancias, (todas a una atmósfera de presión).

Sustancia	Temperatura de fusión (°C)	Calor latente de fusión (Kcal/Kg)
Alcohol	-114	25
Plata	960	25
Cobre	1083	50
Agua	0	80
Mercurio	-39	2.8
Plomo	327	5.7
Carbono	3540	5.7

Tabla 2
Ejemplos de puntos de fusión y calor latente de fusión de algunas sustancias (todos a una atmósfera de presión)



Solidificación. En esta transformación los procesos ocurren en sentido inverso a la fusión. Para que un líquido se convierta en sólido, debe ceder energía al ambiente para disminuir su temperatura hasta llegar al punto de fusión, lo que significa que deberá entregar la misma cantidad de calor latente que habría utilizado para la fusión. Siendo así, el calor latente de fusión es el mismo que el de solidificación. Asimismo, la temperatura es constante durante todo el proceso de solidificación. Esto quiere decir que, por ejemplo, para el agua, ocurre el cambio de fase de líquido a sólido al estar a 0°C —temperatura de su punto de fusión— (contemplando una presión de 1 atm)

2.4 Vaporización, condensación o licuefacción, sublimación y sublimación inversa —cristalización—. Calor Latente

Vaporización. El cambio de estado de líquido a gas puede producirse de dos maneras: por evaporación o por ebullición, a ambos procesos se les engloba en un solo término conocido como vaporización.

Por un lado, la evaporación ocurre lentamente y a cualquier temperatura. Cuando un líquido está sometido a la agitación molecular, por ejemplo por la acción de un viento fuerte, las moléculas que están en contacto con el viento adquieren cada vez mayor energía, lo que después de un tiempo genera que se separen del seno del líquido y escapen libremente en forma de gas. Una vez que estas moléculas energéticas y veloces se separan, la temperatura del líquido disminuye debido a que el promedio de la energía cinética de sus partículas baja; por lo tanto, la evaporación es un proceso de enfriamiento. Este fenómeno es el que se presenta, por ejemplo, al tender ropa a secar. La rapidez de evaporación depende de varios factores; cuanta más alta sea la temperatura de un líquido, tanto mayor será la rapidez con la que se evapora, además, la rapidez de evaporación también aumentará con el área de la superficie del líquido y



con la velocidad del viento.

Por otro lado, la ebullición es un cambio brusco de líquido a gas que se realiza a una temperatura específica para cada sustancia, dicha temperatura se conoce como punto de ebullición. Análogamente al caso de la fusión, si la presión está establecida, sólo existe un único punto de ebullición para cada sustancia y además, para lograr el cambio de estado de agregación, es necesario suministrarle una cantidad de energía extra conocida como calor latente de vaporización. Para el caso del agua, el calor latente de vaporización es de 580 Kcal/Kg, lo que significa que son necesarias 580 Kcal de energía por cada kilogramo de agua para poder convertirla de líquido a gas, o sea, para lograr la ruptura de los puentes de hidrógeno para cambiar de fase. Durante el proceso de ebullición, tanto el agua líquida como la gaseosa que se va formando, coexisten a la misma temperatura. En el caso de estar a una atmósfera de presión, dicha temperatura es de 100°C. En la tabla 3 se muestran algunos ejemplos de calor latente para diferentes sustancias —todos a una atmósfera de presión—.

Sustancia	Temperatura de ebullición (°C)	Calor latente de vaporización (Kcal/Kg)
Alcohol	78	201
Plata	1950	520
Cobre	2330	1110
Agua	100	540
Mercurio	357	72
Plomo	1730	220
Carbono	4000	12000

Tabla 3
Ejemplos de puntos de ebullición y calor latente de vaporización de algunas sustancias (todos a una atmósfera de presión)



Condensación o licuefacción

El proceso de condensación es inverso al de vaporización, lo que significa que para que un gas se convierta en líquido, debe liberar energía al medio en vez de absorberla. Una vez que el gas haya liberado suficiente energía y alcance el punto de condensación (que es igual al de ebullición), deberá soltar cierta cantidad extra —que en valor es igual al calor latente de vaporización— para concretar la transición de fase. Así, cuando 1 Kg de agua se encuentra a 100°C, al condensarse libera 580 Kcal de energía al medio. Al igual que en todos los cambios de fase, cuando éste se produce, tanto el líquido como el gas coexisten a la misma temperatura hasta que se completa el proceso.

Se le llama licuefacción al paso de gas a líquido a través de un incremento de presión sobre el gas. Este proceso sólo funciona cuando el gas se encuentra a una temperatura menor que su temperatura crítica. En la antigüedad los científicos fallaban en su intento de licuar oxígeno sometiéndolo a presiones extremas debido a que no contemplaban que primero se le debe llevar a menos de -119°C, que es su temperatura crítica, y entonces sí presionarlo para poder licuarlo fácilmente.

Sublimación y sublimación inversa. Algunos sólidos, como el hielo seco (dióxido de carbono sólido), la naftalina y ciertas pastillas aromatizantes, en condiciones normales de presión y temperatura, pasan directamente de la fase sólida a la gaseosa —y/o viceversa— sin convertirse en líquido, es decir, se subliman o cristalizan. Al igual que la tasa de evaporación, la tasa de sublimación aumenta con la temperatura, es decir, que mientras más temperatura tenga, más rápido logrará sublimarse.

Un ejemplo de sublimación inversa se observa en la escarcha que es el resultado de vapor de agua —gas— que al estar en contacto con un ambiente frío, se sublima inversamente o se cristaliza.

El calor latente de sublimación también existe para las diferentes sustancias, sin embargo, es poco común.



Calor latente

Como hemos visto a lo largo del marco teórico, el calor latente es un concepto esencial que se utiliza para explicar cualquier cambio de fase, razón de ello que a continuación y a manera de cerrar con el tema, se desarrolle a mayor detalle qué es y cómo se obtiene a partir de ecuaciones matemáticas.

Como ya se ha mencionado, el calor latente es, en general, la cantidad de calor que se libera o se absorbe para concretar una transición de fase. Esta energía es utilizada para romper enlaces y separar moléculas (acrecentando así sus energías potenciales más que cinéticas), y no para aumentar la temperatura. Para calcularlo, se debe contemplar el tipo de sustancia y la cantidad de masa que se desea convertir. La ecuación que se utiliza es:

$$L = \frac{|Q|}{m}$$

Donde **L** es el calor latente y se mide en Kcal/Kg, cal/g, J/Kg, etc.

Q es la cantidad de calor que se cede o se absorbe y se mide en Kcal, cal, J, etc.

Y **m** es la masa de la sustancia y se mide en Kg, g, etc.

El concepto de latente viene de su definición de “oculto” o que “existe sin exteriorizarse”.

Para concluir con esta sección, en la figura 3 se muestra la gráfica que describe el proceso de cambios de fase de una sustancia en relación con el suministro de calor.



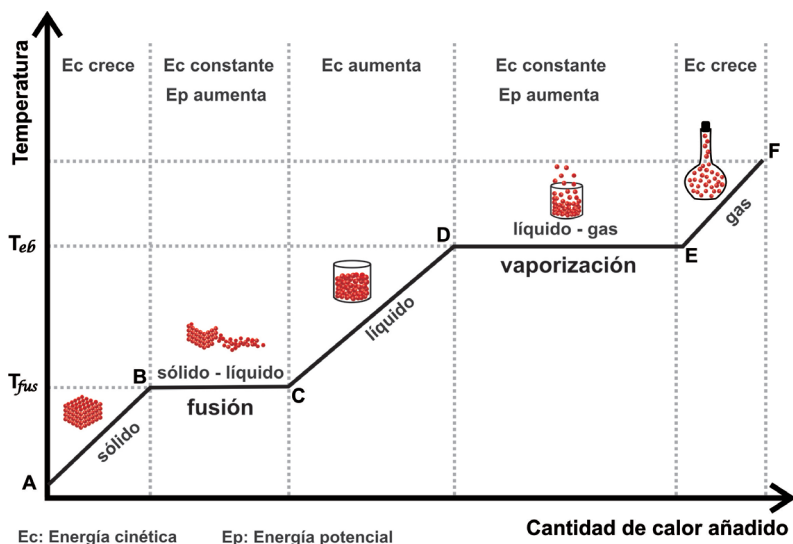


Figura 3

Curva de calentamiento de una sustancia a determinada presión
 Tomado de: <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/56-cambios-de-estado-diagramas-de-calentamiento-diagramas-de-fase>

2.5 Influencia de la presión en la temperatura de fusión y en la temperatura de ebullición. El caso atípico del agua

Hasta el momento ya se ha mencionado, al menos superficialmente, la influencia de la presión sobre los cambios de fase; en este apartado se abordará a mayor profundidad y se explicarán sus efectos en los puntos de fusión y ebullición de las sustancias y del agua en particular.

Cuando variamos la presión ejercida sobre una sustancia, la temperatura a la cual cambia de fase sufre alteraciones, de manera que siempre que hablamos del punto de fusión y de ebullición de cierta sustancia debemos especificar a qué presión lo estamos considerando. La mayor parte de las veces se utilizan esos puntos



o se habla de ellos a una presión de una atmósfera, sin embargo, no siempre debe ni puede ser de esa forma.

Cuando una sustancia sólida se derrite generalmente aumenta de volumen, lo que implica que incrementando la presión sobre ésta se logrará que su punto de fusión aumente, de suerte tal que, por ejemplo, el plomo se fusiona a 327°C a una presión de 1 atmósfera, pero a una presión mayor logrará fusionarse a una temperatura de más de 327°C . Contrariamente, si ejercemos sobre el plomo una presión menor a 1 atmósfera, su temperatura de fusión disminuirá. La razón puede explicarse fácilmente a partir del modelo cinético de partículas. Cuando incrementamos la presión sobre la sustancia, impedimos que ésta pueda expandirse fácilmente, así que necesitará mayor temperatura para lograr agitar sus moléculas hasta el punto en el que la energía interna sea suficiente para lograr el aumento de volumen y su consecuente cambio de fase.

En cuanto a la influencia de la presión en la temperatura de ebullición, puede afirmarse que a mayor presión, mayor punto de ebullición. Esto debido a que cualquier sustancia al vaporizarse incrementa su volumen, por lo que al elevar la presión se impide la liberación de moléculas. Este hecho se emplea a diario en las ollas de presión. Gracias a que cierran herméticamente, se impide que el agua que se convierte en vapor salga; este mismo vapor generará presión sobre el agua que aún es líquida e impedirá que se convierta en gas. En las ollas de presión es posible tener agua sin hervir hasta los 130°C , haciendo así que los alimentos se cuezan más de prisa. La presión alcanzada puede llegar a ser de hasta un poco más de 2 atmósferas. En el caso opuesto, una disminución de la presión provocará que el punto de ebullición sea menor; en el Monte Everest, a 8,800 metros sobre el nivel del mar y a una presión de tan sólo 26 cmHg, el agua entra en ebullición a los 72°C , este hecho genera problema para los alpinistas que desean cocinar alimento a esas altitudes. En la ciudad de México, a los 2,200 metros sobre el nivel del mar, el agua entra en ebullición a los 93°C . Siendo de esta manera, con una presión muy baja, se puede obtener el hervor del agua incluso a temperaturas de 20°C .



El caso atípico del agua

A diferencia del resto de las sustancias, el agua se expande cuando pasa de líquido a sólido. Razón de ello que cuando se aumenta la presión sobre el hielo, su punto de fusión disminuye; este hecho puede ser fácilmente observable cuando patinando sobre hielo las aspas de los patines aumentan la presión sobre éste provocando que se derrita a pesar de que se encuentre a una temperatura inferior a los 0°C . Este fenómeno permite que el patinador se deslice fácilmente y que además, una vez que no hace presión con sus aspas, el rastro de agua líquida vuelva a convertirse en sólida.

2.6 Diagrama de fases y punto triple

Con todo lo visto anteriormente, queda claro que las sustancias tendrán diferentes puntos de fusión, de ebullición e incluso de sublimación dependiendo de dos factores íntimamente relacionados: la presión y la temperatura.

A partir de ello es posible construir una gráfica conocida como “Diagrama de fases” en la que se puede explorar para saber las condiciones necesarias para que una sustancia se encuentre en uno o en otro estado de agregación. Estos valores de presión y temperatura necesarios se obtienen experimentando con las diferentes sustancias dentro de un laboratorio y/o haciendo modelos de predicción.

En la figura 4 se muestra la estructura típica de un diagrama de fases. Este diagrama se divide en tres secciones, la parte del sólido, la del líquido y la del gas. Si se nos proporcionan los valores de presión y de temperatura a los que se halla una sustancia, su diagrama de fases permitirá determinar si se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso. Para ello se localiza la intersección de los puntos dados de presión y de temperatura y se observa a qué sección del diagrama corresponde.



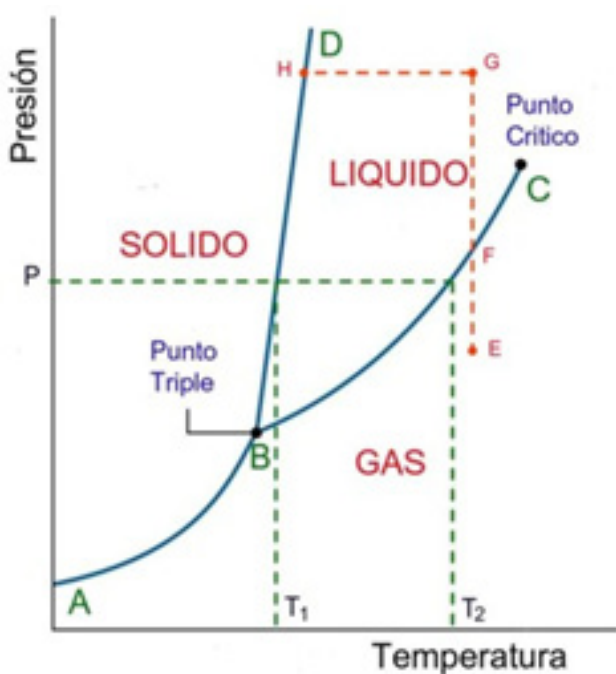


Figura 4

Diagrama de fases de una sustancia.

Tomada de: <http://joule.qfa.uam.es/beta-2.0/temario/tema5/tema5.php>

Las líneas continuas que aparecen en el diagrama de fases y que lo dividen en las regiones de sólido, líquido y gas, corresponden a los valores de presión y temperatura para los cuales podemos encontrar a la sustancia en dos estados simultáneamente. Por ejemplo, cualquier punto de la línea BC (ver figura 4) corresponde a un par de valores de presión y temperatura para los que se tiene a la sustancia coexistiendo en estado líquido y gaseoso. El punto de unión de las tres líneas, el señalado como “punto triple”, proporcionará la información acerca de qué presión y qué temperatura son necesarias para que la sustancia coexista en los tres estados de agregación.



Mientras que esos valores de presión y temperatura no se alteren, se podrá tener a la sustancia en sólido, líquido y gas simultáneamente y durante un tiempo indefinido. Para el agua, los valores de su punto triple son 4.62 mmHg (0.00603 atm) y 0.01°C. (Ver figura 5).

El punto crítico en el diagrama de fases, señala aquellos valores superiores de presión y temperatura para los cuales no pueden existir más cambios de fase; la sustancia se quedará en estado gaseoso. Para el agua el punto crítico corresponde a las 218 atm y los 374°C. (Ver figura 5)

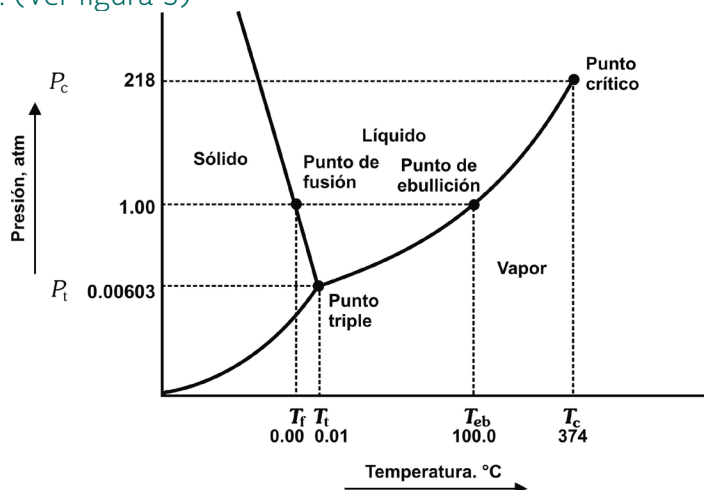


Figura 5

Diagrama de fases para el agua.

Tomada de: http://rodas.us.es/file/7a35eedc-8588-e23b-14be-b77099d004e8/1/tema10_ims_SCORM.zip/page_08.htm

Del diagrama de fases se pueden concluir un par de cosas interesantes. Para que una sustancia se sublime, la presión a la que se someterá deberá ser menor que aquella de su punto triple; además es posible pasar de un estado de agregación a otro variando a placer la presión y la temperatura a la cual se somete la sustancia.

Así como existe un diagrama de fases para el agua, lo existe para cualquier otra sustancia. Su diferencia radica básicamente en los valores de presión y temperatura para los cuales se tiene uno u



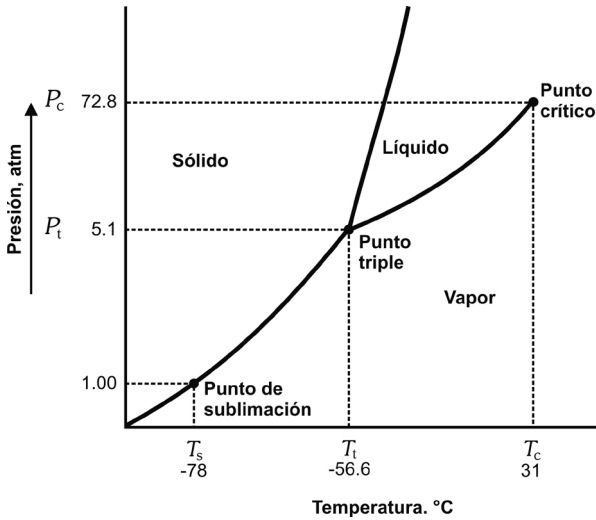


Figura 6

Diagrama de fases para el CO_2

Tomada de: http://rodas.us.es/file/7a35eedc-8588-e23b-14be-b77099d004e8/1/tema10_ims_SCORM.zip/page_08.html

otro estado de agregación; algunos pueden ser más complicados que otros, por ejemplo, los de los metales suelen ser muy atípicos. En la figura 6 se presenta el diagrama de fases para el CO_2 . En este diagrama puede observarse cómo a una presión de 1 atmósfera el bióxido de carbono se sublima, lo que se conoce como hielo seco.

Un caso particular es el carbono, pues éste se presenta además en diversas formas, como el grafito o el diamante. En la figura 7 se observa su muy peculiar diagrama de fases.



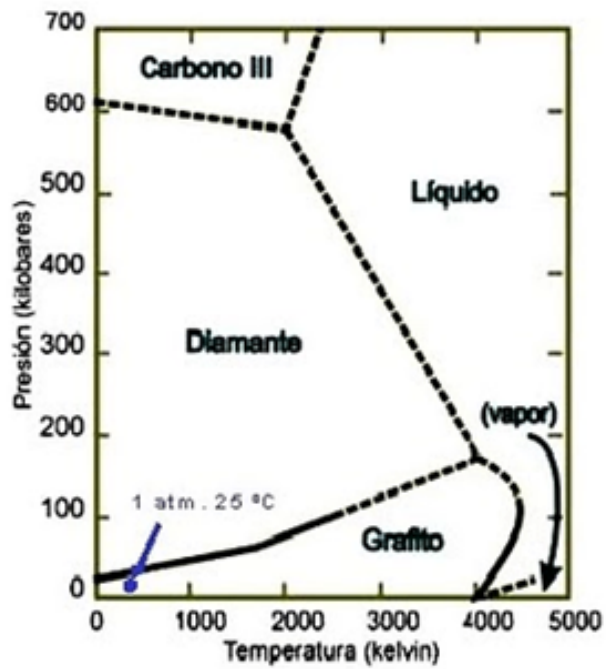


Figura 7

Diagrama de fases del carbono

Tomado de: <http://forum.lawebdefisica.com/threads/15460-Desaf%C3%ADo-2-11-Sopa-de-diamantes>







3. Secuencia
didáctica para
abordar el tema
“cambios en los
puntos de fusión
y de ebullición
del agua debido
a una variación
en la presión”



3.1 Esquema

Es menester tener en mente que el conocimiento de conceptos, procesos y definiciones adquiere mayor importancia si los alumnos lo pueden usar de manera maleable para resolver problemas. La construcción de ese conocimiento requiere de técnicas de estudios prolongados, que transitan de lo informal a lo convencional, tanto en términos de lenguaje como de representación y procedimientos.

En la sección anterior vimos que el enfoque constructivista propone, para favorecer aprendizajes significativos, abordar el contenido temático a partir de la elaboración de estrategias didácticas que a su vez incluyan secuencias didácticas flexibles que se adecúen al contenido y a las condiciones del aula y de los alumnos. Dichas secuencias se fundamentan en el siguiente esquema ya presentado:

1. Preguntas generadoras
2. Recuperación de conocimientos previos
3. Presentación del nuevo contenido
4. Búsqueda de soluciones
5. Análisis y reflexión de las soluciones propuestas
6. Conclusiones
7. Generalización y otras áreas de aplicación
8. Ejercitación
9. Evaluación

Con la finalidad de que la propuesta sea más clara y se optimice su utilidad, a continuación se ahondará sobre las partes anteriormente indicadas, cada una por separado; proponiendo una secuencia didáctica que corresponda al propósito de las mismas, enfatizando sobre algunos conceptos claves y recurriendo una y otra vez a las posibles problemáticas que pueden —o no— surgir durante la clase.

Como ya se ha mencionado, las secuencias didácticas llevadas a cabo bajo un enfoque constructivista son flexibles. De hecho, más bien debería decirse que se tejen por un diagrama de red similar al mostrado en la figura 8. En esta figura puede apreciarse la manera



en la que cada tiempo de la secuencia interactúa con otro u otros; esto implica que el docente puede ir de un lugar a otro dependiendo del nivel de la clase, las dudas que surjan, el avance en los contenidos, el acierto de los alumnos a las preguntas y ejercicios de aplicación, el interés de los alumnos y muchos otros factores que suelen presentarse al momento de impartir el curso.

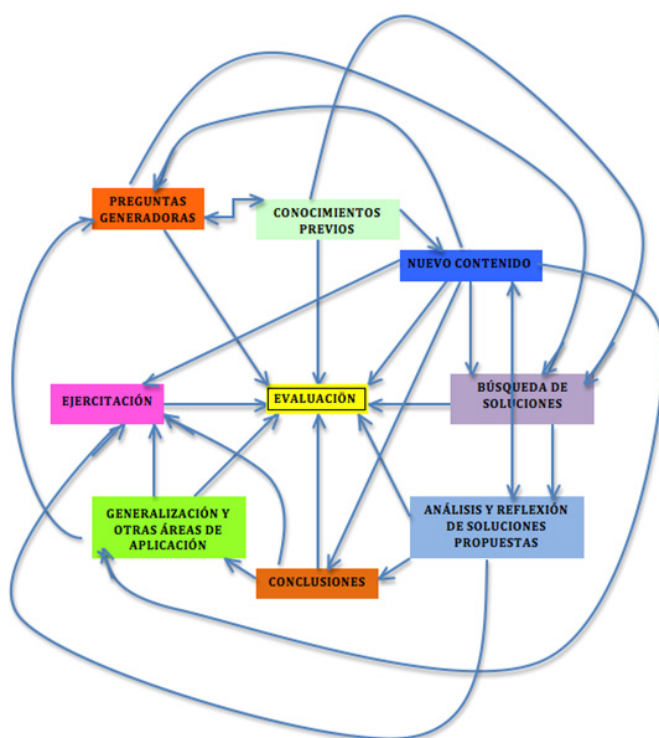


Figura 8

Diagrama de red de una secuencia didáctica propuesta bajo el enfoque constructivista



El diagrama de la figura 8 se presenta como propuesta para orientar al docente en su quehacer y para que de acuerdo a las diversas circunstancias, vaya armando el “rompecabezas” de una u otra manera; la finalidad será la misma: lograr que los alumnos aprendan a aprender y que, además, adquieran los conocimientos propios de la materia en un ambiente confortable y con situaciones problemáticas de su interés y/o de su vida cotidiana.

1. Preguntas generadoras

Para motivar a los alumnos a que sean los protagonistas de su aprendizaje, se debe iniciar el tema con situaciones problemáticas, cuestionamientos o anécdotas que les sean afines y que les representen un reto alcanzable. Para ello se pueden utilizar actividades diversas que los inviten a reflexionar, a dudar y a esgrimir argumentos para validar sus resultados.

Es importante recalcar que en esta etapa, en la que los alumnos se asombrarán, no es conveniente dar respuesta a las dudas de los estudiantes. El que se queden con preguntas los motivará a investigar, aprender y construir su conocimiento, objetivo principal de esta sección. Asimismo, se debe tener cuidado de no saturarlos con demasiadas dudas, es mejor que los alumnos perciban que los retos son alcanzables.

2. Recuperación de conocimientos previos

La recuperación de conocimientos previos inicia a la par de la ejecución de las preguntas generadoras. Es recomendable que la solución de cada pregunta generadora y/o situación problemática se vaya encaminando a partir del sondeo de lo aprendido en el pasado y/o en otras asignaturas. El docente tendrá que poner en práctica su habilidad de conducción y su experiencia para culminar este proceso de manera satisfactoria.



En este punto suelen presentarse algunas dificultades para el docente, por ejemplo, que los alumnos, al no saber los contenidos que se abordarán, desvíen sus comentarios hacia anécdotas o conocimientos que nada tienen que ver con el tema en cuestión. Se sugiere que el profesor esté atento a este tipo de situaciones para que las detenga antes de que el grupo comience a desorientarse y/o a distraerse en temas fuera de contexto.

Para esta sección es conveniente que el docente, a partir de las aportaciones grupales, recupere los conceptos básicos y claves para comenzar a aproximarse al tema de la propuesta de este fascículo. Se sugiere que dichos conceptos los escriba en el pizarrón; el objetivo de esta parte será que los alumnos recuerden y refuercen el conocimiento previamente asimilado.

Toda vez que los conocimientos previos se han recuperado y reforzado, se realiza el cierre de esta parte evaluando los productos obtenidos.

3. Presentación del nuevo contenido

Al llegar a este punto, el docente estará en mejores condiciones para identificar algunas características y dinámicas propias del grupo, de la clase y del espacio disponible, como: el número de estudiantes, niveles de asimilación cognitiva, diversidad en formas de aprendizaje de los alumnos, limitación en tiempo, espacio y materiales de laboratorio. Reconocerlas le ayudará a planificar las siguientes actividades.

Asimismo, es conveniente que el docente tenga presente que el tiempo invertido en la clase debe servir para que los alumnos adquieran conocimientos significativos, desarrollen habilidades y sigan aprendiendo, en lugar de repetirles información que pronto olvidarán. Debemos procurar que la actividad intelectual se apoye más en el razonamiento que en la memorización. Sin embargo, hay que considerar que también son necesarios los ejercicios de práctica o



el uso de memoria para almacenar ciertos datos; de ese modo, los alumnos podrán avanzar hacia la solución de problemas más complejos.

4. Búsqueda de soluciones

La dificultad de esta sección radica en el reto que implica para los alumnos integrar lo recién aprendido con los conocimientos previos. El propósito será poner a prueba a los estudiantes y ver qué tan acertadamente dan solución a sus propias interrogantes y a preguntas generadoras que hasta este momento se han quedado sin respuesta.

Se recomienda que el docente fomente que sus estudiantes compartan ideas con otros, se expresen con libertad y reflexionen en torno al problema a resolver con la finalidad de obtener conclusiones a través del análisis de cada una de las situaciones.

5. Análisis y reflexión de las soluciones propuestas

Una vez que los alumnos han dado solución a los problemas y situaciones planteadas al inicio y/o durante la secuencia didáctica, se recomienda que discutan sus ideas y debatan entre pares, equipos o bien, grupalmente. Suele suceder que en esta parte surjan nuevas interrogantes que llevan a los alumnos a conocimientos cada vez más profundos. El docente debe procurar que exista el espacio para expresar dichas dudas e intervenir con nuevas actividades que ayuden a despejarlas. Se recomienda contemplar el tiempo para realizar dichas actividades. No hay que olvidar que para completar el temario del curso el tiempo suele ser la principal limitante.

Es conveniente que cuando los alumnos estén seguros de sus respuestas, el docente las analice junto con ellos y enfatice las ideas principales. Asimismo, para esta parte de la secuencia es apropiado motivar el trabajo en equipo.



6. Conclusiones

Hacer una síntesis de lo aprendido y llegar a conclusiones es importante no sólo para reforzar el conocimiento, sino para integrarlo y proyectarlo hacia otras áreas, situaciones de su vida cotidiana u otros temas de la misma asignatura.

7. Generalización y otras áreas de aplicación

Este apartado se destinará a que los alumnos formen puentes entre los contenidos de la asignatura, otras materias y situaciones de la vida cotidiana y de la naturaleza en las que los temas recién estudiados son fundamentales para explicarlos.

Dada esta intencionalidad, las actividades que se sugieren tienen mayor relación con los gustos de los alumnos. Se recomienda que los estudiantes gocen de plena libertad de elección. Con esto se pretende lograr que los muchachos continúen motivados y sigan construyendo conocimientos, así sea de asuntos que ya no estén incluidos explícitamente en el programa.

8. Ejercitación

Para cerrar cualquier secuencia didáctica, se propone que el docente seleccione algunas actividades de ejercitación. Dichos reactivos están planeados con la finalidad de invitar a la reflexión, al análisis y al uso del lenguaje y herramientas propias de las matemáticas.

Una manera en la que se pueden ejercitar los conocimientos recién adquiridos es a través del sondeo con preguntas intencionadas y que, por requerir un elevado nivel de comprensión y relación de conceptos, son de mayor dificultad que las del inicio de la secuencia.



9. Evaluación

Abordar a profundidad el tema de la evaluación excede los propósitos de este fascículo, sin embargo, en los siguientes párrafos se desarrollarán las ideas principales al respecto; esto con la intención de orientar al profesor y presentarle algunas herramientas y sugerencias para dicha labor.

Evaluar sugiere, en principio, un método diferente a calificar. Evaluar no se trata de aplicar exámenes y/o ejercicios que sean objetos de un número, ni tampoco de etiquetar al estudiante con una cifra que sugiera decir todo acerca de sus conocimientos y capacidades. Evaluar invita a realizar un proceso a lo largo del curso, bimestre, clase o, más específico, de la secuencia didáctica.

Toda evaluación es un proceso que genera información y, en este sentido, siempre implica un esfuerzo sistemático de aproximación sucesiva al objeto que será evaluado. Dicha información no es casual o accesoria, sino genera conocimiento de carácter retroalimentativo toda vez que representa un incremento progresivo de conocimientos sobre el objeto evaluado. Para evaluar se sugiere, como punto de partida, buscar indicios o materiales apropiados para este acto, posteriormente, seleccionar el método de registro y finalmente, establecer los criterios que serán evaluados. Esta última parte suele ser la más complicada y compleja, ya que seleccionar los factores o elementos que se tomarán en cuenta no es cosa fácil; se propone seleccionar aquellos a partir de los cuales se pueda establecer la comparación respecto del objeto de evaluación —o algunas de sus características— en un tiempo anterior. Es conveniente que dichos criterios se determinen a partir de un consenso con los alumnos y considerando su contexto socio-afectivo, curricular y escolar.

Una de las finalidades de la evaluación continua será conocer y comprender a los alumnos; identificar sus habilidades, actitudes, conocimientos y capacidad para aplicar lo aprendido permitirá que el docente y el alumno elaboren un plan de acción que los motive a inmiscuirse en la materia, que propicie mejorar el nivel de desempe-



ño del estudiante, que fomente su desarrollo personal y lo aproxime a optimizar y diversificar sus procesos de aprendizaje.

Desde esta perspectiva la evaluación permite poner de manifiesto aspectos que de otra manera permanecerían ocultos, posibilita una aproximación en forma más precisa a la naturaleza de ciertos procesos —como el de aprendizaje—, las formas de organización y desarrollo de los mismos, los efectos, las consecuencias y los elementos que intervienen.

Instrumentos de evaluación y variantes		
Exámenes Presenciales o a distancia	Exámenes escritos	Con corrección subjetiva Desarrollo largo Desarrollo corto Con corrección objetiva Elección de respuesta Verdadero o falso Emparejamiento Frase o completas
	Exámenes orales	
Trabajos	Trabajos teóricos	Investigación temática Resumen informativo Resumen crítico Inventario bibliográfico Revisión de literatura Disertación Estudio de casos Ensayo
	Trabajos prácticos	Proyecto Sesiones de laboratorio Presentación o exposición Informe
Ejercicios		Deberes Ejercicios dirigidos

Tabla 4

Instrumentos de evaluación de los aprendizajes y sus variantes
Tomado de: http://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/MGIEV/documentos/LECT94.pdf



En la tabla 4 se presentan algunos instrumentos de evaluación; en realidad existen muchos otros que se clasifican de diversas maneras según el autor.

En conclusión, la evaluación es el proceso de obtener información para formar juicios que a su vez se utilicen en la toma de decisiones. En la figura 9 se sintetiza qué es un instrumento de evaluación y cuál es su función.

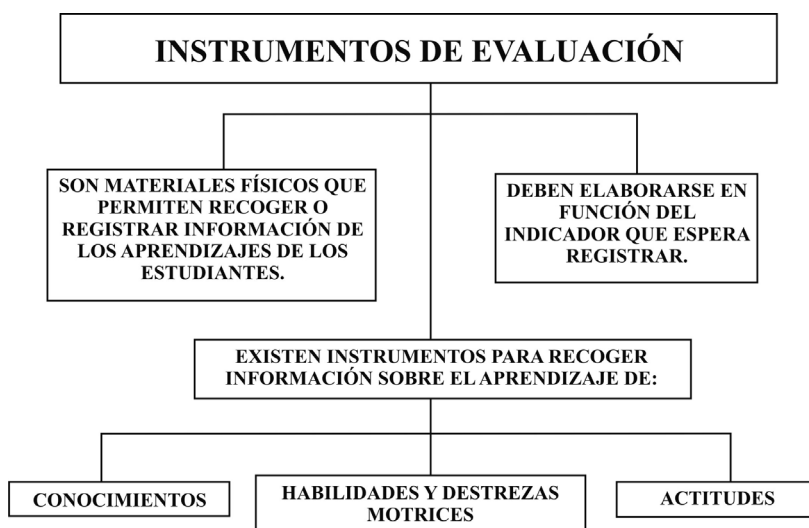


Figura 9

Definición y función de los instrumentos de evaluación.

Tomado de: Lafourcade, P.D. *Evaluación de los aprendizajes*. Cíncel. Madrid. 1977

Al ser la evaluación de los alumnos un proceso continuo, su aplicación en una secuencia didáctica comienza desde el momento en el que se aborda la sección de “preguntas generadoras” (conocida como evaluación diagnóstica), sigue con la evaluación formativa (desarrollo de las diversas actividades) y concluye con la evaluación sumativa (comprobar la adquisición del aprendizaje). Por definición



la evaluación es individual. Esto quiere decir que no se pueden establecer criterios de evaluación iguales para todos los estudiantes, sin embargo, sí es posible exigirles un mínimo indispensable, el cual será que al concluir la secuencia, hayan adquirido los aprendizajes esperados establecidos para el tema en cuestión (evaluación sumativa). Evaluar es una oportunidad para que el docente se percate de qué tanto está favoreciendo el aprendizaje de cada uno de sus alumnos y para que, a su vez, los alumnos asuman la responsabilidad de sus logros y fallas. Esto último implica, forzosamente, que también se genere un espacio oportuno para la autoevaluación y la coevaluación.

En congruencia con lo anterior, en los siguientes párrafos se presentan algunas actividades que por su complejidad y nivel pueden servir al profesor como herramientas de evaluación sumativa, toda vez que para ejecutarse correctamente, los estudiantes deberán poner en práctica sus saberes, habilidades y actitudes adquiridas antes y/o durante la secuencia didáctica. Si el estudiante logra realizar estas actividades, que le serán un reto por la exigencia de integrar sus conocimientos, utilizar herramientas matemáticas y trabajar en equipo, demostrará haber adquirido los conocimientos mínimos de los temas propuestos en este fascículo.

Es importante señalar que estos ejercicios también pueden considerarse para las distintas secciones de la secuencia didáctica en individuos o grupos que tengan un nivel cognitivo elevado. Se sugiere llevar al alumno siempre a su máximo nivel, exigirles cada vez un poco más los hará más competentes en el estudio y en la vida misma.

Por otro lado, el resultado o productos de estas actividades le servirán al docente para valorar su trabajo y corregir, mejorar, incorporar o replantear estrategias y actividades didácticas que sean más eficaces para lograr los propósitos de la asignatura y, más en particular, los objetivos del curso y los temas contemplados.



3.2 Secuencia didáctica sugerida

Lo primordial para elaborar y sustentar una secuencia didáctica es definir el tema y los objetivos que se desean alcanzar; con base en ello podrán establecerse las actividades necesarias y pertinentes para cada uno de los apartados de dicha secuencia.

Para la secuencia didáctica explícita y dirigida que se propone en este apartado, se decidió abordar el tema de “cambios en los puntos de fusión y ebullición del agua debido a una variación en la presión”; la justificación radica en los siguientes puntos:

- 1) El agua es una sustancia que ocupa el 71% de la superficie de la corteza terrestre y es esencial para la supervivencia de todas las formas de vida conocidas en la Tierra; por tanto, es un compuesto con el cual los alumnos tienen contacto en su día a día.
- 2) Existen fenómenos de la cotidianidad y de la naturaleza que se explican con base en la variación de los puntos de fusión y de ebullición del agua debido a un cambio en la presión.
- 3) Es un tema que maneja conceptos e información que se utiliza necesariamente para otros temas relevantes de Física, como en la ley de los gases ideales.
- 4) Es un tema complejo por la cantidad de conceptos que involucra e integra y por lo poco intuitivo que resulta; siendo así, suele ser un tema que tanto docentes como alumnos rechazan con facilidad.

Los objetivos que se buscan lograr al finalizar la secuencia didáctica son:

- 1) Que el alumno entienda e interprete los cambios de fase utilizando el modelo cinético de partículas.
- 2) Que el alumno relacione los cambios de fase a partir de una variación de la temperatura y/o de la presión.



- 3) Que el alumno comprenda la relación entre la variación de la presión y el cambio en el punto de ebullición del agua.
- 4) Que el alumno comprenda la relación entre la variación de la presión y el cambio en el punto de fusión del agua.

Antes de comenzar con la secuencia didáctica se recomienda que el profesor comparta con sus alumnos el tema que se abordará y los objetivos que se desean alcanzar.

Para comenzar con las “preguntas generadoras” se sugiere interrogar a los alumnos acerca de si alguno conoce el funcionamiento de una olla exprés; es posible que se tenga que mostrar la imagen de dicho recipiente para orientar la discusión (se recomienda no llamarle “olla a presión” para no dar pistas). Dar tiempo para escuchar la opinión de los alumnos y escribir en el pizarrón los conceptos claves. Se espera que los alumnos intuyan que su funcionamiento se basa en la presión y que sepan que es un recipiente que sirve para que los alimentos se cocinen más rápido. Cuestionarles acerca de por qué se cocinan más rápido, qué es lo que necesitan los alimentos para cocinarse e invitarlos a reflexionar acerca del papel de la presión en dicho fenómeno.

Los conceptos claves que quedarán anotados en el pizarrón son, entre otros: presión, temperatura, cocción, calor, ebullición, agua.

Una vez terminada la discusión acerca de la olla exprés, se invita a que el profesor plantee otra situación modelo que servirá para fomentar no sólo la creatividad de los estudiantes, sino para provocar la reflexión, el análisis y la relación de este fenómeno con el de la olla exprés. Preguntarles si conocen la temperatura a la que hierve el agua en su ciudad y la temperatura a la que hierve el agua a nivel del mar. Seguramente tendrán ambas respuestas. Cuestionarles la razón por la cual la temperatura de ebullición es diferente en su ciudad y a nivel del mar. (Si los alumnos viven en algún lugar a nivel del mar, adecuar la pregunta).

Escuchar sus comentarios y nuevamente anotar en el pizarrón los conceptos relevantes, como por ejemplo: presión atmosférica, punto de ebullición, altitud.



Al terminar esta sección, concluir con los estudiantes que la presión afecta en “algo” el punto de ebullición del agua e invitarlos a reflexionar acerca de si la presión también afectará el punto de fusión del agua y por qué.

Para pensar en lo que involucra esta última pregunta, plantearles la siguiente experiencia: Un patinador que realiza patinaje sobre hielo se desliza a través de las aspas de sus patines con facilidad porque las aspas van haciendo que la parte del hielo que pisa se vaya derritiendo. Tratar de que los alumnos inferan la razón y utilicen sus conocimientos previos para dar explicación. Al acabar la discusión concluirán lo mismo que con la temperatura de ebullición del agua: la presión que generan las aspas del patinador afecta de alguna manera el punto de fusión del hielo. Sin embargo, al analizar esta experiencia, es muy probable que varios de los estudiantes creen que la fricción tiene algo que ver con el fenómeno; a pesar de que esta idea es errónea, se debe permitir que por el momento lo consideren para que en momentos posteriores y a través de otras actividades ellos mismos corrijan sus argumentos y aseveraciones.

Es importante que en este punto los alumnos se queden con dudas que los motiven e inviten a explorar conocimientos más profundos. Siendo de esa manera, se recomienda que el profesor pida a sus estudiantes que escriban todas las interrogantes que hayan surgido en esta sección para que posteriormente ellos mismos den respuesta.

Una vez terminada la sección de preguntas motivadoras y que los alumnos estén entusiasmados con el tema, se procede a pedir que definan los términos que se anotaron en el pizarrón y a “recuperar los conocimientos previos” necesarios. En esta parte se recomienda explicarles a los alumnos que para dar respuesta a sus preguntas es indispensable tener las bases firmes, razón de ello que se realice un repaso de lo ya visto y que se haga énfasis en los conceptos más relevantes.



Para la recuperación de conocimientos se sugiere utilizar las siguientes simulaciones:

- a) Cambios de estado del agua
http://www.educaplus.org/cat-78-p1-Termodin%C3%A1mica_F%C3%ADsica.html
- b) Curva de calentamiento del agua
http://www.educaplus.org/cat-78-p1Termodin%C3%A1mica_F%C3%ADsica.html
- c) La presión según la TCM
<http://www.educaplus.org/games.php?search=presi%C3%B3n&x=0&y=0>
- d) Propiedades de la atmósfera.
<http://www.educaplus.org/games.php?search=presi%C3%B3n&x=0&y=0>

A la par, mientras se observan los videos, efectuar las siguientes preguntas y pedir que anoten las respuestas en sus cuadernos.

- 1. ¿Qué es el modelo cinético de partículas y para qué se utiliza?
- 2. ¿Qué cambia en las partículas de una sustancia al aumentar o disminuir su temperatura?
- 3. ¿Por qué el cambio de temperatura provoca una transformación de fase?
- 4. ¿Sólo se puede cambiar de fase de una sustancia si se varía la temperatura?
- 5. Con base en el modelo cinético de partículas, ¿qué cambia en las partículas de una sustancia cuando se ejerce presión sobre la misma?

Al concluir con esta sección de la secuencia, se espera que los alumnos hayan recapitulado, analizado y asimilado el conocimiento relacionado con el modelo cinético de partículas, la explicación de la temperatura y la presión con base en el modelo cinético de partícu-



las y cómo es que ocurren los cambios de fase al variar la temperatura. Entender el modelo cinético de partículas es base fundamental para el resto de la secuencia didáctica, por lo que es vital revisar y analizar grupalmente cada una de las respuestas.

Para este momento de la secuencia didáctica se espera que los alumnos comiencen a entrever las respuestas de las dudas que se generaron en la primera parte y que ya se hayan recuperado los conocimientos previos; con eso es posible proceder a la “presentación del nuevo contenido”. Para ello se utilizará un video y dos experimentos

- 1) Experimento 1. Objetivo: mostrar la dependencia del punto de fusión con la presión.

Tomar un bloque de hielo y apoyarlo sobre una superficie horizontal. Pasar sobre él un alambre muy delgado y resistente (preferentemente de acero). Tirar firmemente de los extremos del alambre como se muestra en la figura 10.

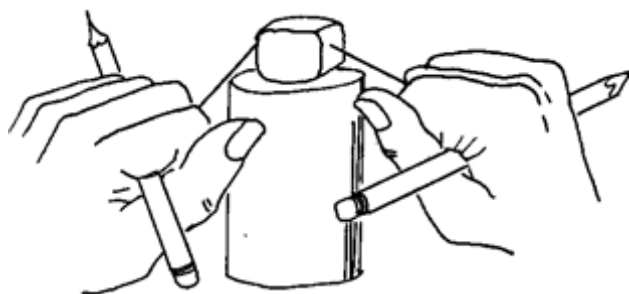


Figura 10

Esquema que ejemplifica el procedimiento del experimento
 Imagen obtenida de <http://oldwww.iucr.org/iucr-top/comm/cteach/pamphlets/20/es/index.html>

- El hielo se fundirá y permitirá que el alambre penetre en el bloque.
- Comprueba que aun cuando el alambre ha penetrado en el hielo, éste no muestra ninguna hendidura; es de-



cir, el agua resultante de la fusión vuelve a congelarse después de que el alambre ha pasado. Explicar por qué ocurre esto.

Al terminar el experimento preguntar a los alumnos ¿por qué se funde el hielo al pasar sobre él un alambre? Orientar sus respuestas a partir del uso del modelo cinético de partículas. Se espera que con esta orientación los estudiantes puedan concluir que un aumento en la presión provoca que las partículas del hielo aumenten su energía cinética reorganizándose, perdiendo su estructura cristalina y convirtiéndose en líquido.

Permita que ensayen con el alambre y el hielo para que comprueben que a mayor presión el hielo se convierte en líquido más rápidamente. Cuestionarles la razón por la cual se necesita que sea un alambre y no un pedazo más grueso de acero. Con sus conocimientos previos deben concluir que es porque a menor área de contacto entre las superficies, mayor presión.

Para despejar la duda de si el cambio de fase no se debe a la fricción generada por el alambre, pida a los alumnos que ideen algún método para comprobarlo, si no se les ocurre nada, se les puede proponer que frotan el hielo con su dedo y vean lo que sucede. Como es posible que el calor de su dedo derrita un poco el hielo, solicite que repitan el proceso pero ahora con un lápiz. Al terminar esta experiencia se espera que los alumnos lleguen a la conclusión de que el calor generado por la fricción logra derretir el hielo por un aumento de temperatura pero que, al utilizar el alambre de acero, lo que genera la mayor parte del cambio de fase del agua es un cambio en el punto de fusión debido a un aumento en la presión.

2) Experimento 2. Objetivo: mostrar la dependencia del punto de ebullición con la variación de la presión.

En una jeringa sin aguja y completamente cerrada, colocar 1/3 de agua (a una temperatura de 60°C), 1/3 de aire y el otro tercio ocupado por el émbolo. Retirar el émbolo para crear vacío en la jeringa



y observar lo que sucede.

Al retirar el émbolo, el aire que está dentro se expandirá provocando una disminución en la presión ejercida sobre el agua y por lo tanto ésta pasará a su estado gaseoso. Lo que se observa es agua hirviendo a 60°C.

Al terminar el experimento pedirles que obtengan conclusiones y las emitan de manera grupal. Guiar los argumentos hacia el uso del modelo cinético de partículas para dar la explicación del fenómeno. Se confía que los alumnos podrán deducir que al disminuir la presión interna del aire de la jeringa, las moléculas del agua tenderán a separarse unas de otras, lo cual se refleja en el cambio de estado de líquido a gas y se observa como agua en hervor.

- 3) Presentación de un video en el que se muestra el agua en su punto triple

<https://www.youtube.com/watch?v=BLRqpJN9zeA>

Al terminar de observar el video cuestionar a los alumnos cómo es posible que el agua pueda estar en los tres estados al mismo tiempo. Se cree que para este momento sabrán que el fenómeno depende de condiciones específicas tanto de la temperatura como de la presión. Si llegan a esa conclusión el objetivo de esta actividad se habrá cumplido.

Después de estas experiencias y con la finalidad de cerrar la presentación del tema, se sugiere que los docentes inviten a los alumnos a elaborar, en función del uso de dos herramientas didácticas diferentes, las siguientes actividades:

1. De manera individual, un mapa conceptual que incluya los siguientes términos: calor, presión, cambios de fase, punto de fusión, punto de ebullición, sólido, líquido, gas, calor latente.
2. Por equipos de cuatro, un modelo científico (específicamente maqueta o dibujo) que les sirva para explicar la variación en los puntos de fusión y de ebullición del agua debido a un cambio en la presión.



Se espera que al cierre de esta sección la mayoría de los alumnos hayan alcanzado los objetivos de la secuencia, sin embargo, con la finalidad de reforzar conocimientos y continuar con el desarrollo de los mismos, se prosigue con el resto de los pasos de la secuencia didáctica.

Para el apartado de “búsqueda de soluciones” y con el propósito de que los alumnos den respuesta a las dudas que surgieron en la sección 1 —preguntas generadoras— y/o durante el proceso de la propuesta, se sugiere incitar a los estudiantes a relacionar los conocimientos previos con los recién desarrollados. Para esta parte, las dudas pueden ser tan diversas que es imposible ofrecer todas las respuestas modelo, sin embargo, se invita al docente a no dar una respuesta directa, sino más bien a conducir la sesión para que los alumnos construyan su aprendizaje; para ello se puede recurrir a recordar y a reflexionar sobre las experiencias que se han llevado a cabo hasta ahora; ya sean videos, experimentos o simulaciones. Culminar esta parte cuidando que los alumnos hagan uso correcto de los conceptos físicos y sus relaciones intrínsecas.

Si para este momento aún quedan dudas del tema o no se han cumplido uno o varios de los objetivos establecidos, se procede a la parte de “análisis y reflexión” en la que se recomienda repetir uno de los experimentos ya hechos pero con una ligera variante. Se propone introducir 300 ml de agua a 70°C en una botella de vino desocupada. Ponerle el tapón de vacío y comenzar a succionar el aire del interior hasta el momento en el que se observe que el agua empieza a hervir. Nuevamente cuestionar a los estudiantes acerca del fenómeno; hacer énfasis en la explicación del mismo a partir de una correcta interpretación del modelo cinético de partículas y solicitar que escriban en su libreta el reporte del experimento. (Objetivo, material, procedimiento, resultados —con dibujos—, análisis de resultados, conclusiones). Con esto se busca que los alumnos refuercen conocimientos y que poco a poco vayan desarrollando los conocimientos faltantes.

Con la intención de reforzar conocimientos y desarrollar aún más las habilidades cognitivas de los alumnos, para el apartado de



“conclusiones” y “generalización” se puede invitar a los estudiantes a que expliquen por qué es de gran utilidad la olla exprés para las personas que viven en la parte alta de las montañas y por qué los patinadores sobre hielo derriten el hielo con sus aspas (dudas que quedaron sin respuesta desde la primera parte de la secuencia didáctica).

Se aspira a que, con lo ya visto hasta este momento, tengan la posibilidad de argumentar las respuestas por sí mismos. Es importante que hagan hincapié en el decremento de la presión atmosférica con la altura, en la disminución del punto de ebullición con la disminución de la presión y en la disminución del punto de fusión con el aumento de la presión.

Al cumplir con estos objetivos, se aconseja, a manera de reto, pedir que interpreten la gráfica del diagrama de fases del agua (figura 5). Si logran hacerlo, los alumnos habrán llegado aún más lejos de los propósitos de esta secuencia.

Como penúltimo paso de la secuencia y para “ejercitar” lo aprendido se sugiere que los estudiantes respondan de manera individual la siguiente pregunta en la que necesitarán haber comprendido el tema: al nivel del mar el punto de ebullición del alcohol es de 78°C , ¿cómo es posible llevarlo a los 100°C sin que pase al estado gaseoso? La respuesta que se esperan de los alumnos es que para llevar el alcohol a los 100°C sin que pase al estado gaseoso se necesita aumentar la presión sobre éste con la finalidad de impedir la separación molecular.

Finalmente, la secuencia didáctica se cierra con la “evaluación”. Para esta parte se sugiere, además de la evaluación continua de sus actividades, pedir que por equipos de tres creen un blog en el que incluyan la información más relevante del tema, videos, experimentos y, de manera imprescindible, los conocimientos adquiridos y las conclusiones obtenidas. Si los alumnos no cuentan con medios electrónicos, esta actividad puede sustituirse por la realización de un tríptico o de un periódico mural. Con esta última actividad se podrán evaluar sus avances en conocimientos, actitudes y habilidades.







**4. Herramientas
e instrumentos
para motivar
al alumno
y favorecer
la comprensión
de los estados de
la materia, cambios
de fase, calor latente
y punto triple**



En este tercer capítulo se presentarán diversas propuestas didácticas con las cuales es posible abordar la parte teórica de uno o varios de los temas presentados en la primera sección. Asimismo, se contemplarán y señalarán algunas de las posibles dudas y comentarios de los estudiantes; esto con la finalidad de que el docente previamente preparado y advertido, encause su solución y las utilice tanto para favorecer la construcción del conocimiento como para dirigir a los estudiantes hacia los aprendizajes esperados. Las propuestas aquí establecidas son sólo eso, no se ahonda en ellas ni se pretende presentarlas como parte de una secuencia didáctica en específico ni mucho menos de toda una estrategia; son simples ideas que se sabe —por experiencia— han funcionado favorablemente para desarrollar los conocimientos de los alumnos.

Bajo este paradigma, se justifica que la información que se presenta a continuación no obedezca un orden estricto, sino que más bien se componga de una lluvia de ideas que tiene como objetivo auxiliar al profesor experimentado en la impartición de sus clases, además de sugerirle información valiosa que pueda complementar su labor. Será responsabilidad del mismo seleccionar una o varias de las propuestas que se mostrarán a continuación para lograr su cometido; algunas de ellas incluso se utilizaron para elaborar la secuencia didáctica.

El orden en el que se muestran las sugerencias corresponde con la disposición que se estableció en la sección 3 para una secuencia didáctica no lineal.

1. Preguntas generadoras

Se sugieren tres tipos de actividades que pueden utilizarse independientemente.

- A) Ver experimentos o videos en la red. Antes de ver los videos es recomendable platicar con los alumnos sobre el tema para hacer un sondeo de sus conocimientos previos;



preguntarles qué saben de los estados de la materia, de los cambios de fase, de las propiedades de la materia, etc.

Se proponen los siguientes 4 videos:

- a. Explosión a partir del cambio de fase del nitrógeno líquido
<https://www.youtube.com/watch?v=phQtLu9fZpY>
- b. Experimento de sublimación y sublimación inversa del yodo
<https://www.youtube.com/watch?v=astGYIMps04>
- c. Experimento en el que se muestra el agua en su punto triple
<https://www.youtube.com/watch?v=BLRqpJN9zeA>
- d. Experimento en el que se muestra helio líquido y su viscosidad nula
<https://www.youtube.com/watch?v=2Z6UJbwxBZI>

B) Contar anécdotas relacionadas con los cambios de fase, por ejemplo:

- a. Hervir agua en diferentes ciudades; cuestionarlos acerca de si la temperatura a la que hierve siempre es la misma.
- b. Platicarles de la necesidad de utilizar ollas exprés para cocinar alimentos en lugares de gran altitud.
- c. Contarles de algún evento poco fortuito en el que haya explotado una olla exprés
- d. Platicarles de lo que ocurre cuando un patinador pisa con sus aspas el hielo. Al pisar, el hielo se derrite, se forma agua líquida y cuando el patinador deja de pisar, el agua líquida se vuelve a convertir en hielo.

C) Dirigir una sesión de preguntas y anotar en el pizarrón las propuestas por el docente más las emitidas por los alum-



nos. De hecho lo más probable es que, si se ven algunos videos o ya se les platicó alguna anécdota, los alumnos ya hayan generado varias interrogantes. Algunos cuestionamientos que el docente puede hacerle a sus alumnos son:

- a. ¿Por qué se utiliza alcohol para bajar la temperatura de las personas con fiebre?
- b. ¿Por qué a diferencia del resto de las sustancias, el agua es menos densa en estado sólido que en estado líquido?
- c. ¿Se puede pasar de sólido a gas sin pasar por el líquido?
- d. ¿Hay diferencia entre evaporación y ebullición? Darles el ejemplo de que un charco cambia de líquido a gas sin estar en su punto de ebullición.
- f. ¿Por qué sudamos cuando tenemos calor?
- g. ¿Cómo funcionan las ollas de presión y por qué son tan peligrosas?

2. Recuperación de conocimientos previos

Para guiar la elaboración de esta red o mapa, se sugiere que el docente proceda para que los estudiantes den respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué es un modelo científico? ¿Qué tipos de modelos científicos existen?
- ¿Qué es el modelo cinético de partículas?
- ¿Quién o quiénes lo formularon?
- ¿Qué es la temperatura? ¿Cómo se mide, qué escalas existen y con base en qué fueron establecidas?
- ¿Qué es el calor? ¿En qué unidades se mide el calor?
- ¿Cuál es el significado de una caloría?
- ¿Cuál es la diferencia entre calor y temperatura?



- ¿Qué formas de transmisión de calor existen y cuáles son ejemplos de cada uno de ellos?
- ¿Qué es el calor específico y en qué unidades se mide?
- ¿Cómo se explica el concepto de “presión” a partir del modelo cinético de partículas?

Para dar respuesta a dichas preguntas así como recuperar y reforzar los conceptos claves, se pueden utilizar diversas herramientas didácticas como debates, cuestionarios, sopa de letras, crucigramas, experimentos, diagramas de flujo y/o mapas o redes conceptuales. Estas actividades —a excepción del debate— pueden realizarse de manera individual, por parejas, equipos o incluso grupalmente.

3. Presentación del nuevo contenido

A continuación se mencionarán y describirán algunas estrategias didácticas y/o actividades que serán opción para abordar el contenido elegido para este fascículo. La idea es que se utilicen una o varias de ellas dependiendo de las circunstancias particulares del grupo y de la dificultad del contenido. El propósito es motivar la construcción del conocimiento a partir de tejer y unir ideas, conceptos y reflexiones. Siendo así, el profesor identificará, elegirá y diseñará las más adecuadas en número y tipo dependiendo del grupo y subtema en cuestión. Aunque es verdad que el proceso de enseñanza-aprendizaje nunca termina, se espera que el docente constate que sus alumnos logren como mínimo los aprendizajes esperados estipulados en el programa de estudios en cuestión.

Es recomendable para guiar las actividades, facilitar el aprendizaje y transmitir conocimientos, que el docente conozca y domine los contenidos y procedimientos de cada una de las estrategias didácticas. Es conveniente que el profesor tenga claro qué quiere que los estudiantes hagan para transmitírselos con claridad, estimar el tiempo de desarrollo de la actividad y prever los resultados.

Para abordar el contenido contemplado en este fascículo, ade-



más de la exposición oral por parte del profesor, se aconsejan las siguientes actividades complementarias:

A) Consultar las páginas electrónicas:

- a) http://www.educaplus.org/cat-78-p1-Termodin%C3%A1mica_F%C3%ADsica.html. En ella se muestran simulaciones de los cambios de fase del agua, de la curva de calentamiento del agua y del concepto de presión según la teoría cinética molecular, entre otros.
- b) <http://labovirtual.blogspot.mx/search/label/Curva%20de%20calentamiento>. En esta página se muestra a partir de una simulación computacional el experimento con el cual se obtiene la curva de calentamiento del agua.

Estas simulaciones y la exposición oral por parte del docente pueden irse intercalando a lo largo de la clase.

B) Realización de experimentos:

- a) Experimento 1. Poner al fuego un vaso de precipitados con 500 ml. de agua. Introducir en el líquido un termómetro —que pueda medir mínimo en un intervalo de 0-120°C—. Observar su lectura mientras el agua se calienta. Tomar datos de la temperatura cada minuto y plasmar los resultados en una tabla. Dejar el agua calentándose hasta que alcance su punto de ebullición y comience a cambiar de fase. Hacer la gráfica de temperatura contra tiempo, con los datos obtenidos. Al terminar la experiencia responder las siguientes preguntas:
 - i. ¿Cuándo el agua entra en ebullición la temperatura del termómetro se estabiliza?



- ii. Aumenta la intensidad de la flama bajo el recipiente. ¿Esto provoca alguna alteración en la temperatura del agua en ebullición?
- iii. ¿Cuál es entonces la temperatura de ebullición del agua en tu ciudad? Consultando la tabla 5 determina, aproximadamente, la presión atmosférica y la altitud de tu ciudad.

Altitud sobre el nivel del mar (m)	Presión atmosférica (kPa)	Punto de ebullición a presión atmosférica (°C)
0	101	100
500	95	98
1000	89	96
1500	85	95
2000	79	93
2500	74	92
3000	69	90
3500	65	88
4000	61	86

Tabla 5

Temperatura de ebullición del agua dependiendo de la altitud.
(Obtenida de: <http://www.cramelectro.com/wordpress/index.php/manual-de-instalacion/>)

- b) Experimento 2. Construir la curva de calentamiento del agua. Colocar cinco cubos de hielo en un vaso de precipitados y ponerlo al fuego. Ir registrando la temperatura cada minuto e ir anotando los datos en una tabla. El experimento durará todo el tiempo necesario hasta que el agua hierva. Con los datos obtenidos, elaborar una gráfica de temperatura vs. tiempo y señalar las zonas en las que coexistieron sólido y líquido, y líquido y gas.



La gráfica que deben obtener los alumnos tendrá una forma similar a la mostrada en la figura 3 de este fascículo.

- C) Pedir a los alumnos que al terminar cada subtema de los abordados en la sección del “marco teórico” (Parte 1 del ascículo) organicen la información en cuadros comparativos, mapas conceptuales, trípticos o diagramas de flujo.
- D) Leer algunos contenidos (de libros o revistas) y pedir que subrayen lo más importante para luego sintetizarlo en sus cuadernos.
- E) Pedir a los alumnos que produzcan *cómics* de algunos de los contenidos.
- F) Pedir que los alumnos preparen exposiciones de los subtemas más sencillos.
- G) Invitar a los alumnos a desarrollar un modelo científico a partir del cual expliquen los estados de la materia y sus cambios de fase. Por ejemplo, con una maqueta o un video.

Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de cada uno de los subtemas, es primordial enfatizar lo valioso y práctico que es utilizar el modelo cinético de partículas para explicar los diversos conceptos y fenómenos.

Para terminar con esta sección, se citan algunas de las dudas que surgirán en los alumnos a lo largo de la lección, —también se muestran respuestas modelo de las preguntas más difíciles o menos intuitivas y comunes—. La finalidad es que el docente esté preparado con antelación para resolverlas y/o para ser capaz de dirigir a los alumnos para que ellos mismos den solución. Sin embargo, no se trata de darle la respuesta al alumno, sino de provocar reflexiones para que ellos mismos traten de llegar a dichas respuestas.



- ¿Sólo se puede cambiar de fase si se aumenta la temperatura?
- ¿Por qué la presión aumenta la energía de agitación molecular?
- ¿Por qué no es posible alcanzar el 0 K?
- ¿Por qué durante el cambio de fase la temperatura de los estados permanece constante? Respuesta modelo: La energía suministrada al líquido para vaporizarlo incrementa la energía potencial de las moléculas (energía necesaria para vencer las fuerzas de cohesión molecular), pero no su energía cinética. Como la temperatura es una medida de la energía cinética media de traslación de las moléculas, y ésta no cambia, la temperatura permanece constante durante el cambio de fase.
- ¿Por qué el agua es tan diferente a las demás sustancias? Respuesta modelo: Debido a su conformación molecular, al congelarse forma cristales y se expande ocupando un mayor volumen en su estado sólido; cosa contraria a la que ocurre con el resto de las sustancias.

En este punto, se puede aprovechar el momento para hablar de la cualidad del agua cuya máxima densidad se obtiene a los 4°C, fenómeno que permite la vida en los océanos congelados.

Estas dudas podrían servir también como preguntas generadoras. Todo dependerá del avance en los temas y de la motivación y capacidad cognitiva de los alumnos.

4. Búsqueda de soluciones

Las herramientas didácticas y/o actividades que se proponen para esta sección son: investigaciones de los temas que se les han dificultado más, lecturas extras de los temas abordados y pedirles que sintetizen la información, tener una sesión grupal en la que se repasen los temas vistos, construir una línea de tiempo en la que



se señalen los temas y lo más importante de cada uno de ellos, pedir que los alumnos hagan presentaciones para exponer grupalmente acerca de algunos de los temas.

Realizar alguna o varias de estas dinámicas ayudará a que los alumnos elaboren y fundamenten sus respuestas más acertadamente.

5. Análisis y reflexión de las soluciones propuestas

Un experimento que es adecuado para esta parte del proceso de adquisición de conocimiento y que además se sugiere realizarlo de manera grupal y demostrativa es el siguiente: Calentar medio litro de agua hasta una temperatura de 75°C , introducirla en una botella de vino vacía y posteriormente taparla con un “tapón de vacío para vinos”; hacer vacío dentro de la botella y observar que el agua empieza a hervir. Cuestionar a los alumnos acerca de dicho fenómeno. Indagar sobre los pilares de los conocimientos recién adquiridos y utilizar la propuesta para orientar el análisis y reflexión de sus respuestas.

6. Conclusiones

Para realizar una síntesis de lo aprendido, repasar y enfatizar sobre los conceptos e ideas de mayor relevancia que servirán como conocimiento previo de otros temas posteriores, se sugiere:

A) Resolver problemas cuantitativos en los que se ponga de manifiesto la utilidad de la herramienta matemática. Es aconsejable que los alumnos consideren las matemáticas como un compañero necesario de la física. A continuación se presentan dos problemas modelo para esta sección

- Puede calcularse que el calor producido por el metabolismo de una persona promedio es de $Q=1920 \text{ Kcal/día}$.



Si toda esta energía permaneciera dentro del cuerpo, sin pérdida, sin realizar trabajo de ningún tipo, ¿cuál sería el aumento diario de temperatura de una persona de 70 kg que tiene un calor específico de $0.85 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$?

- ¿Qué cantidad de calor debemos suministrarle a 30 gramos de hielo a -2°C para que se transforme en vapor de agua calentado hasta los 130°C ?

Para solventar los problemas, se puede trabajar con los alumnos de manera grupal —si se percibe que aún no manejan adecuadamente las herramientas matemáticas— o bien, se puede dejar como desafío para que lo resuelvan de manera individual, en parejas o en equipos. Lo más importante será que una vez que estén resueltos, grupalmente, se analice y se reflexione acerca de los resultados obtenidos. Hay que tener en mente que en Física, los problemas tienen sentido y deben arrojar resultados que se aproximen a la realidad.

B) Preguntas de análisis, reflexión y descripción como las siguientes:

- ¿Por qué al soplar sobre la superficie de un líquido caliente, éste se enfría? Describe el proceso detalladamente.
- Un recipiente que contiene 10 gramos de plata líquida es sacado de un horno a 2000°C y puesto en contacto con el aire del ambiente cuya temperatura es de 25°C , por lo que empieza a perder calor.
 - ¿A qué temperatura comenzará a solidificarse la plata?
 - Mientras cambia al estado sólido, ¿su temperatura aumenta, disminuye o permanece constante?
 - Durante su solidificación, ¿sigue cediendo calor al ambiente?

Para abordar estos cuestionamientos se sugiere motivar



el debate y terminar con una conclusión grupal haciendo énfasis en todo los conceptos involucrados y en el conocimiento adquirido para lograr resolver los problemas planteados.

- C) Realizar lecturas científicas de manera conjunta en las que, para su comprensión y análisis, se manejen adecuadamente conceptos previos, términos recién aprendidos y, además, se tenga la capacidad de integrarlos. Se sugiere leer el artículo “Mantenimiento de la temperatura corporal”.

12.6 Mantenimiento de la temperatura corporal

Los animales obtienen la energía oxidando los alimentos que toman. El proceso en su conjunto se llama **metabolismo** y el cambio en la energía metabólica con el tiempo se llama tasa **metabólica**. El proceso del metabolismo involucra la producción de calor en los tejidos del cuerpo, y un incremento en la temperatura del cuerpo está acompañado de un incremento en la tasa metabólica.

Los insectos, los reptiles y otra gran cantidad de animales se les llama **homeotermos** (o animales de sangre caliente). Esta división no es **termos** (o animales de sangre fría). Los mamíferos y las aves mantienen constante la temperatura de su cuerpo, cerca de los 37°C, a pesar de los ambientes que les rodeen. A estos animales se les llama **homeotermos** (o animales de sangre caliente). Esta división no es rígida pues algunos murciélagos y otros animales inferiores no siempre mantienen constante la temperatura de su cuerpo.



La conservación de la energía es el factor fundamental del mantenimiento de una temperatura constante, así que por unidad de tiempo el calor perdido es igual al calor ganado, pues de otra forma la temperatura aumentaría o disminuiría. Bajo condiciones normales este equilibrio se mantiene tan estrechamente que la temperatura del cuerpo fluctúa únicamente $\pm 1^\circ\text{C}$. Luego, la energía metabólica debe compensar parcialmente la pérdida de radiación de 102 W/m^2 que se vio en el ej. 12.4.

Un animal de sangre caliente pierde calor por conducción, convección, radiación, evaporización y respiración. Las pérdidas de calor por alguno de los tres primeros procesos pueden ser calculadas con las ecuaciones que se vieron en la sec. 12.4. La pérdida de calor por evaporación se relaciona con el hecho de que son necesarias 580 cal para evaporar un gramo de agua a la temperatura del cuerpo. La pérdida de calor en la respiración se debe al calentamiento del aire inspirado por los pulmones. En ninguno de estos dos últimos casos puede utilizarse una fórmula sencilla para calcular el calor perdido.

Como es de suponer, tanto la piel como la grasa tienen bajos coeficientes de conductividad térmica k , menores en ambos casos que la mitad del coeficiente para el agua y muchas veces menores que el del vidrio. Luego, la rapidez de pérdida de calor por conducción es reducida. Como el calor perdido es inversamente proporcional al espesor del aislamiento Δx , los animales zambullidores que viven en las zonas árticas tienen gruesas capas de grasa y para lograr el mismo efecto las aves “esponjan” su plumaje en el aire frío. En ambos casos el valor de Q/t disminuye al aumentar el valor de Δx . Los humanos logran un efecto



similar mediante la contricción de los vasos sanguíneos de la piel, para que sea llevado menos calor desde otras partes del cuerpo, acción que en cuanto a su efecto se refiere aumenta el espesor de la piel como aislamiento. En las actividades rutinarias de una persona convenientemente vestida, la conducción y la convección son los principales procesos por los cuales se pierde calor; más específicamente, son responsables de cerca del 68 por ciento de la pérdida total. La evaporación del agua producida por la sudoración sobre la piel de una persona, cuando toma un baño de sol en la playa, es responsable del 80 por ciento de la pérdida de calor.

Además de utilizar los métodos hasta ahora descritos, los animales homeotermos tratan de compensar las pérdidas grandes de calor aumentando la tasa metabólica. Esa reacción es automática y consiste en una actividad muscular excesiva (escalofríos), apropiada para producir más calor corporal. Todos estos mecanismos de control de temperatura son accionados por porciones del sistema nervioso sensibles a la temperatura, localizados en la piel y en el cerebro. El mantenimiento de la temperatura del cuerpo es uno de los muchos ejemplos de la “retroalimentación en biología”.

Los animales poiquilotermos, que no tienen mecanismos internos de regulación de temperatura, ejercen en todo caso algún control sobre la temperatura de su cuerpo. Una serpiente se asolea en la mañana cuando el aire está fresco, y se esconde bajo alguna roca, al medio día, cuando la temperatura es alta. Por métodos como éste, muchos de estos animales procuran mantener más o menos constante la temperatura de su cuerpo.

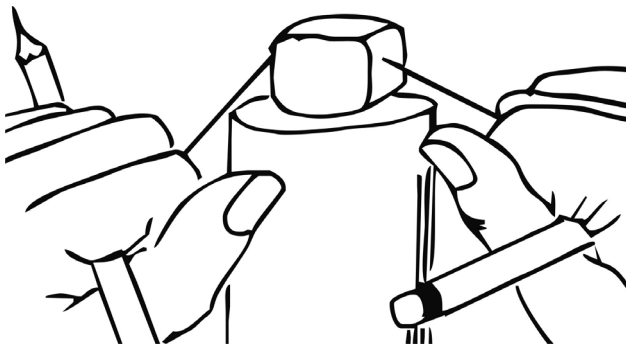


Texto obtenido de: G.K.Strother, *Física aplicada a las ciencias de la salud*. Mc Graw Hill, 1992, Bogotá, Colombia

Una vez terminado el texto se puede recurrir a diversas actividades para hacer el cierre, por ejemplo, realizar dibujos que ejemplifiquen cada una de las formas de transmisión de calor en el cuerpo, hacer una síntesis de la información en sus cuadernos, hacer un cuadro sinóptico en el que organicen y jerarquicen la información, realizar una investigación del tema a mayor profundidad y construir un periódico mural, etcétera.

- D) Hacer un experimento en el que se muestre la dependencia del punto de fusión con la presión.

Tomar un bloque de hielo y apoyarlo sobre una superficie horizontal. Pasar sobre él un alambre muy delgado y resistente (preferentemente de acero). Tirar firmemente de los extremos del alambre como se muestra en la siguiente figura.



- El hielo se fundirá y permitirá que el alambre penetre en el bloque ¿Por qué se funde el hielo bajo la presión del alambre?
- Comprueba que aun cuando el alambre ha penetrado en el hielo, éste no muestra ninguna hendidura; es decir, el agua resultante de la fusión vuelve a congelarse después de que el alambre ha pasado. Explicar por qué ocurre esto.

Al terminar este apartado se espera que el alumno posea los conocimientos mínimos necesarios y que además haya sido capaz de construir su aprendizaje; con ello, estará preparado para generalizar las ideas y conceptos, relacionar la física con otras áreas y realizar actividades de ejercitación que serán fundamentales para cimentar conocimientos y desarrollar aún más, habilidades y actitudes.

7. Generalización y otras áreas de aplicación

Se proponen trabajos en tres vertientes:

A) Lecturas

a) Anticongelantes en la naturaleza

Anticongelantes en la naturaleza

Los humanos tenemos un mecanismo interno que regula nuestra temperatura corporal dentro de ciertos límites, sin embargo, cuando la temperatura baja más de lo que nuestro sistema termorregulador puede solucionar, recurrimos a taparnos con más ropa, a guarecernos en espacios no expuestos al frío y hasta podemos prender la calefacción.



Algunos animales cavan madrigueras profundas para protegerse, otros emigran hacia lugares más cálidos durante el invierno, pero hay muchas especies que permanecen viviendo a temperaturas por debajo de los 0°C y su vida transcurre sin cambios, mientras que otros animales morirían por congelamiento en esos sitios. Un ejemplo es el bacalao que vive en aguas de hasta -20°C . ¿Cómo puede sobrevivir sin congelarse?

Unos biólogos encontraron que estos peces sobreviven gracias a que producen una proteína anticongelante. Cuando se llega a formar un pequeñísimo cristal de hielo en su sangre, la proteína lo envuelve y evita que se cristalicen más partículas de agua a su alrededor. Cuando un pez no adaptado a estas temperaturas ingiere una partícula de hielo, y no cuenta con estas proteínas, la congelación se generaliza dentro de sus tejidos y muere.

Otros insectos como el escarabajo *Upis ceramboides* de Alaska tolera temperaturas hasta de -35°C . Su anticongelante no es una proteína sino un azúcar llamado xylomannán, así como una grasa.

Otros tipos de anticongelantes naturales también se encuentran en algunas plantas, insectos, hongos y bacterias.

Texto obtenido de Drucker René. “Tercera Serie de 400 pequeñas dosis de ciencia”, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2011

Al terminar la lectura, se puede trabajar con los alumnos en una sesión grupal para que emitan sus comentarios, dudas y opiniones. También se les puede pedir sintetizar la información haciendo ma-



pas conceptuales, o bien, en caso de que no todos hayan leído los textos, algunos estudiantes pueden exponer acerca del tema utilizando herramientas multimedia.

B) Investigaciones

Las investigaciones suelen funcionar muy bien en la dinámica siempre y cuando sean acerca de cuestiones que llamen la atención de los estudiantes, fomenten su creatividad, relacionen la Física con otras áreas y les abran nuevos panoramas. La labor del docente será orientar al alumno acerca de las fuentes que podría utilizar; se sugiere que para ello, conforme el alumno realice su trabajo, vaya presentando avances al profesor para que éste se cerciore de que la información es fidedigna. Los temas que se proponen y que se ha comprobado que funcionan son:

- I. Base del funcionamiento de la máquina Zamboni (que utilizan para limpiar las pistas de hielo)
 - II. Problemas para cocinar alimentos en lugares de altitudes elevadas.
 - III. Superfluidos. El caso del helio líquido. Investigar las condiciones de presión y temperatura para las cuales el fenómeno se presenta.
 - IV. Adaptaciones fisiológicas de animales y plantas que viven en lugares de temperaturas extremas (muy cálidos o muy fríos). Este tema tiene relación directa con la lectura “Anticongelantes de la naturaleza” propuesta anteriormente. Siendo así, se pueden incluso enlazar actividades para tener productos más completos.
 - V. La importancia de la evaporación como mecanismo de termólisis del cuerpo humano.
- C) Planeación y ejecución de proyectos (sociales, tecnológicos y/o científicos)



Para fomentar el interés de los alumnos por conocer más, se propone llevar a cabo proyectos sociales, tecnológicos y/o científicos. Como título del proyecto se sugieren los siguientes “Máquinas de vapor” o “Funcionamiento del refrigerador”. En ambos casos se emplean los conceptos, ideas y contenidos de este fascículo.

El proyecto científico se estructura en términos de investigación teórica, por ejemplo, abordando preguntas: ¿cómo funciona una máquina de vapor? ¿Cuántos tipos de máquinas existen? ¿Qué tan eficientes son? ¿Cómo funciona el refrigerador? ¿Qué tipo de líquido hay dentro del refrigerador y cuáles son sus propiedades?, etc.

El proyecto tecnológico se basa en que los alumnos construyan un dispositivo experimental que les permita mostrar el funcionamiento de una máquina de vapor, o bien, el de un refrigerador. Construir un dispositivo experimental no es asunto sencillo, pues se necesita creatividad y entendimiento de los conceptos involucrados y del objeto que se quiere presentar.

Por otro lado, el proyecto social se basa en lograr que a partir de la investigación se argumente la importancia que ha tenido para la sociedad el desarrollo de la máquina de vapor, y/o del refrigerador. Se trata de dar a conocer los beneficios y perjuicios que dichos inventos trajeron a la sociedad; asimismo, podría abordarse la historia de su construcción o las modificaciones que estas máquinas han tenido a lo largo del tiempo.

La manera de comunicar los resultados obtenidos en los proyectos dependerá del tipo de enfoques que hayan seleccionado y de los objetivos alcanzados. Algunas maneras que se proponen para presentar dichos proyectos son: periódicos murales, elaboración de trípticos, hacer un video (documental/cortometraje), hacer un programa de radio, hacer un blog, crear un “site”, hacer un grupo en una



red social, escribir una obra de teatro, organizar debates, hacer exposiciones de su dispositivo experimental, organizar ferias científicas, presentar su información a través del uso de tablas y gráficas, realizar modelos tridimensionales de una locomotora o de un refrigerador para explicar el funcionamiento de cada una de sus partes y los procesos de transformación de energía involucrados, etc.

8. Ejercitación

En el capítulo tres se comentó que en esta sección es recomendable hacer algunas preguntas intencionadas que induzcan al análisis y reflexión, ejemplos de ellas son:

1. ¿Por qué cuanto más alta sea la temperatura de un líquido, tanto mayor será la rapidez con la que se evapora?
2. ¿Por qué una ropa mojada tarda más en secarse en un día húmedo?
3. ¿Por qué en los días lluviosos al cerrar las ventanas de los autos los cristales se empañan?
4. ¿Cómo funciona el desempañante de los autos?
5. ¿Por qué en invierno algunas rocas susceptibles a fragmentaciones, presentan rupturas?
6. ¿El punto de ebullición del alcohol es de 78°C , cómo lograrías llevarlo a los 100°C sin que pase a su estado gaseoso?
7. Explica el funcionamiento de un encendedor
8. Explica cómo se forma la escarcha
9. ¿Por qué para el agua es mayor el calor latente de vaporización que el de fusión?

Otra manera en la que se puede abordar esta sección es realizando un experimento y haciendo preguntas acerca de los resultados obtenidos. El experimento que se sugiere consiste en pedirles a los alumnos que en sus casas metan al congelador dos recipientes con 500 ml de agua cada uno; el primero a temperatura ambiente y el segundo a una temperatura de 80°C (aproximadamente). Dejar pa-



sar cierto tiempo y observar cuál se congela primero. La pregunta para ellos será ¿Por qué se congela más rápido el balde de agua caliente que el de agua al tiempo?

Los resultados obtenidos en este apartado podrían exponerse a la comunidad escolar con la publicación de una revista científica.

9. Evaluación

Dado que la evaluación es un mecanismo en el que se ponen de manifiesto los avances individuales y en la que se sugiere contemplar todas y cada una de las actividades realizadas, toda vez que éstas promueven diferente nivel de aprendizaje: autoaprendizaje, aprendizaje interactivo y aprendizaje colaborativo, se incluyen 3 tipos de actividades diferentes dirigidas a funcionar como herramientas de evaluación sumativa. En cada una de ellas se muestran los factores que se sugiere contemplar para hacer un registro de la evaluación y posteriormente, con ello, obtener una calificación. Cabe mencionar que estas actividades pueden realizarse de manera individual, en parejas, por equipos o bien, grupalmente.

A) Interpretación y elaboración de gráficas

Para evaluar este tipo de ejercicios se sugiere contemplar los siguientes factores:

- En caso de interpretar una gráfica se espera que los estudiantes sean capaces de identificar los ejes, las variables que se están graficando, las unidades utilizadas, la línea de tendencia —saber si la gráfica corresponde a una ecuación lineal, cuadrática, exponencial, etc.—, saber hacer interpolación y extrapolación, poder construir una tabla de datos a partir de la gráfica, obtener conclusiones a partir de lo observado y poder compa-



rar la forma de la gráfica con otras que modelan fenómenos ya conocidos.

- En caso de elaborar la gráfica: seleccionar adecuadamente las unidades y el tamaño para el conjunto de datos en cuestión, elegir apropiadamente el tipo de gráfica, saber qué variable es la variable dependiente y cuál es la independiente, acomodar las variables adecuadamente en el eje que les corresponde y trazar bien los puntos —que la gráfica coincida con los datos de la tabla—.

B) Preguntas de análisis y reflexión

Los criterios de evaluación que se propone contemplar para este tipo de actividades son: que el alumno identifique los conceptos clave, los utilice correctamente y que además sea capaz de integrarlos para dar una explicación clara, fundamentada y contundente de las diversas situaciones científicas y técnicas que se analizan; que sea capaz de extender su conocimiento a otras áreas o bien de aplicarlo para explicar situaciones de la vida cotidiana y/o fenómenos de la naturaleza; que dé muestras claras de comprender la diferencia entre ciencia y pseudociencia y que adopte una actitud abierta al diálogo y al debate de ideas.

C) Problemas cuantitativos

Para evaluar estos ejercicios se recomienda tomar en cuenta los siguientes factores o criterios que el estudiante maneja o ha desarrollado: habilidad para plantear el problema —capacidad de abstracción—, tener orden de ideas para resolverlo, tomar en cuenta las unidades que se están utilizando, saber hacer las respectivas conversiones de unidades, saber hacer despejes, tener la capacidad de seleccionar y aplicar la o las fórmulas que sean necesarias, estimar



el resultado, analizar la respuesta obtenida y, sobre todo, que sepan utilizar los números y las formas geométricas de manera adecuada al contexto y la situación.

Aunque existen ciertos criterios de evaluación diferenciables, hay otros que se pueden aplicar por igual sin importar cuál sea la herramienta utilizada. Una propuesta de factores a considerar en toda actividad son: limpieza en el trabajo, correcto uso ortográfico, capacidad de trabajar en equipo, capacidad de integrar conocimientos, valoración de sus compañeros, tener disposición a aprender y a realizar actividades variadas, ser creativos, proponer alternativas, participar en clase y en las diferentes actividades, que se comuniquen de manera comprensible, que sean capaces de expresar sus ideas y que se asuman responsables de su aprendizaje.

De entre las opciones que se exponen a continuación, el docente puede elegir las que considere más adecuadas para cada grupo o sector de la población estudiantil.

A) Interpretación y elaboración de gráficas

- 1) Un kilogramo de una sustancia da la gráfica de temperatura vs. calor suministrado que se muestra a continuación (Figura 11)
 - a) Determina los puntos de fusión y ebullición
 - b) Determina los calores latentes de la sustancia en los distintos cambios de fase
 - c) ¿En qué estado o estados se encuentra a los 140°C?
- 2) A partir del diagrama de fases del CO_2 que se muestra en la figura 12, responde:
 - a. Si el CO_2 estuviera sometido a una presión de 30 atm y a una temperatura de -60°C ¿en qué fase se encuentra?



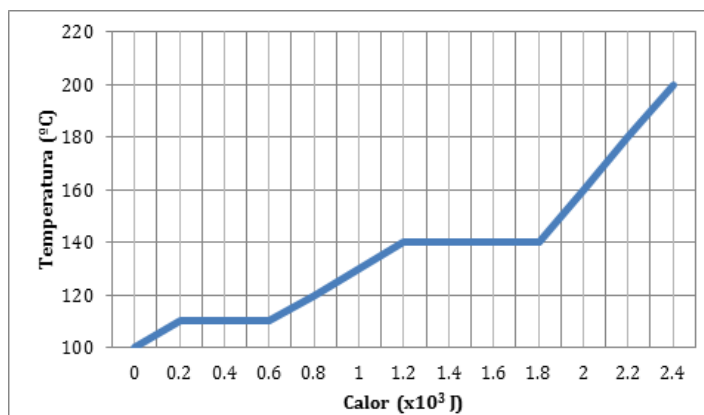


Figura 11

Gráfica de temperatura vs. calor suministrado para una sustancia

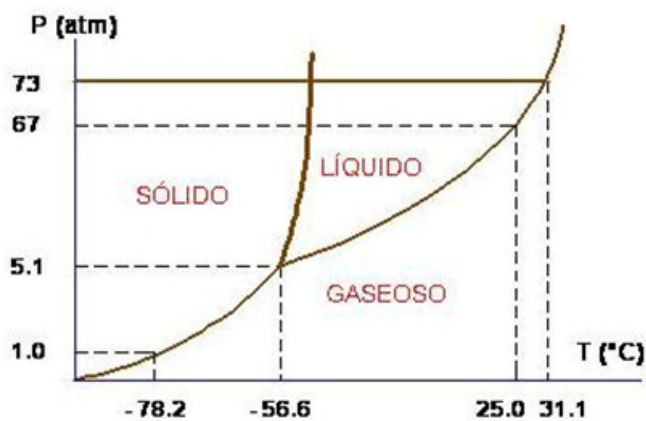


Figura 12

Diagrama de fases del CO_2

Tomada de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201604/201604_Modulo_exe/exefiscoq28enero/leccin_no_4__ecuacion_de_clapeyron.html



- b. ¿En qué fase se encuentra el CO_2 si está a una presión de 1 atmósfera y a 20°C ?
 - c. Se tiene CO_2 líquido a una presión de 73 atmósferas. Al calentarlo y manteniendo constante dicha presión, ¿a qué temperatura se convertirá en vapor?
 - d. ¿Qué temperatura se necesita alcanzar para que a nivel del mar el CO_2 exista en estado gaseoso? ¿A nivel del mar se puede tener CO_2 en estado líquido?
 - e. ¿Cuál es el valor de presión y de temperatura para lograr tener el CO_2 en los tres estados de la materia de manera simultánea?
 - f. Si logramos las condiciones del punto triple e incrementamos la presión sin variar la temperatura ¿a qué estado cambiará todo el CO_2 ? ¿Y si ahora se mantiene constante la presión y aumentamos la temperatura? ¿Qué necesitaríamos hacer para que toda la sustancia cambiara a líquido?
3. A partir de la siguiente tabla de datos, elabora la gráfica correspondiente de temperatura vs. calor para cierta sustancia que se encuentra inicialmente en estado líquido. Al terminar la gráfica responde las siguientes preguntas:

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Calor (calorías)
0	0
20	250
40	500
60	750
80	1000
80	3000
100	3500
120	4000

Tabla 6

Datos de temperatura vs. calor suministrado



- a. ¿Cuál es la temperatura de ebullición de la sustancia?
- b. ¿Cuál es su valor de calor latente de vaporización?
- c. ¿Cuál es su valor de calor específico en estado líquido?
¿Y en estado gaseoso? (Deja el resultado en términos de la masa).
- d. ¿Cuánta energía necesita para pasar por completo del estado líquido al gaseoso?
- e. ¿A qué temperatura se encontrará después de suministrarle 5500 Calorías? ¿En qué estado?

B) Preguntas de análisis y reflexión

1. Cierta volumen de alcohol se halla contenido en un frasco abierto de cuello estrecho. Un volumen igual y del mismo líquido se derrama en una superficie horizontal, extendiéndose sobre ella. ¿En cuál de los dos casos el líquido se seca más pronto y por qué?
2. Una quemada con vapor de agua a 100°C es más severa que con la misma masa de agua caliente a 100°C ¿por qué?
3. ¿Siempre que una sustancia absorbe calor su temperatura aumenta? Explica claramente.
4. Para enfriar una bebida, ¿sería mejor colocar en ella agua a 0°C o una cantidad igual pero de hielo a 0°C ? ¿por qué?
5. ¿Por qué en los días muy calurosos es funcional utilizar ventiladores?
6. Se funde por completo una barra de hierro
 - a. Al ocurrir este proceso ¿aumenta o disminuye de volumen?
 - b. ¿Cuándo tiene mayor densidad, en estado sólido o en estado líquido?
 - c. ¿La barra de hierro sólido se hunde o flota en el hierro líquido?



7. Menciona y explica dos maneras en las que puedes cambiar un sólido a un gas (sin pasar y pasando por el estado líquido)
8. ¿Por qué el sólido es el único estado de la materia que presenta una forma definida?
9. El punto de fusión de la plata es de 961°C a una presión de 1 atmósfera. Al calentar una barra de ese metal, que está sometida a una presión de 3,000 atmósferas ¿se fundirá por debajo o por arriba de los 961°C ? Explica claramente tu respuesta.
10. Algunas personas guardan el agua para beber en recipientes de barro que tienen paredes porosas. Estando en estos recipientes, el agua se enfría y se conserva al menos por debajo de la temperatura ambiente ¿Por qué?

C) Problemas cuantitativos

1. En lugares fríos, uno de los métodos que se utilizan para evitar que la temperatura de los almacenes caiga por debajo de la temperatura de congelación, es colocar cubos de agua en el edificio. Cuando el agua se congela libera calor al aire impidiendo que la temperatura de la bodega caiga drásticamente. Si la capacidad de almacenaje de la bodega es de $1,500\text{ m}^3$, determina cuántos cubos de agua de 5 litros cada uno se requerirán para elevar 3°C la temperatura del aire. La densidad del aire es de 1.29 Kg/m^3 y su calor específico es 0.25 Kcal/Kg . Explica claramente por qué este método sirve.
2. Un niño coloca medio litro de agua a 22°C en un recipiente metálico y lo introduce en el congelador. El agua empieza a liberar calor a una tasa constante de 50 cal/s y su temperatura comienza a disminuir de manera uniforme. Si el niño saca el recipiente del congelador después de 6 minutos, ¿El niño encontrará en el



- recipiente solamente agua, solamente hielo o más bien una mezcla de ambas? ¿A qué temperatura?
3. Un herrero desea fundir 2.5 Kg de plomo que se encuentran a una temperatura de 25°C ¿cuánto calor debe agregar para lograr que se funda por completo? ($L_f = 5.9 \text{ Kcal/Kg}$). (Da tu resultado en Kcal y en Joules)
 4. Un trozo de azufre de 300 gramos se encuentra a una temperatura de 119°C . Si sabemos que el punto de fusión del azufre es de 119°C y su calor de fusión es de 13 cal/g :
 - a. ¿Qué cantidad de azufre se fundirá si se le suministran 700 cal?
 - b. ¿Cuál será la temperatura final del azufre sólido? ¿Y la del líquido?
 - c. ¿Cuánto calor deberíamos suministrar para fundir totalmente el trozo de azufre?
 5. La evaporación del sudor en la piel es un mecanismo importante para controlar la temperatura del cuerpo. En una competencia de ciclismo intensivo de 4.0 horas, un atleta puede perder hasta 7.5 Kg de agua a través del sudor. ¿Cuánto calor pierde el atleta en este proceso? ¿Cuánto logra disminuir su temperatura corporal si su masa es de 80 Kg? ($L_v \text{ (agua)} = 540 \text{ Kcal/kg}$ y $C_{\text{e —ser humano—}} = 0.83 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$)
 6. Si una persona se encuentra sentada en cierto lugar cuya temperatura ambiental es de 37°C , toda la energía y potencia suministrada por su metabolismo no tendrá manera de convertirse en otro tipo de energía y, por lo tanto, para no tener un aumento en su temperatura corporal, su cuerpo sudará. Si la potencia que genera es de 120 Watts, ¿cuántos gramos de sudor debe liberar la piel en una hora? (El calor de evaporación del agua a 37°C vale 580 cal/g). Ten cuidado con las unidades.

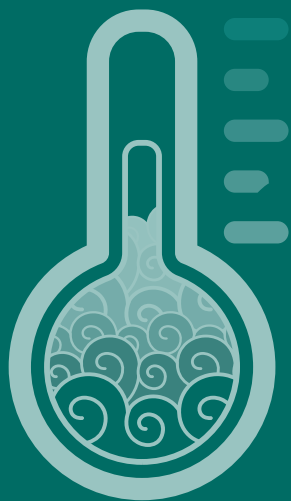


7. Algunos materiales cerámicos se vuelven superconductores si se les sumerge en nitrógeno líquido. En un experimento, un trozo de 0.2 Kg de uno de esos materiales a 23°C se enfría introduciéndolo en nitrógeno líquido, que está en su punto de ebullición (-195.8°C). ¿Cuántos litros de nitrógeno se evaporarán? (Supón que el calor específico del material cerámico es de 0.87 J/gK y que la densidad del nitrógeno líquido es de $0.8 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$). Ten cuidado con las unidades.

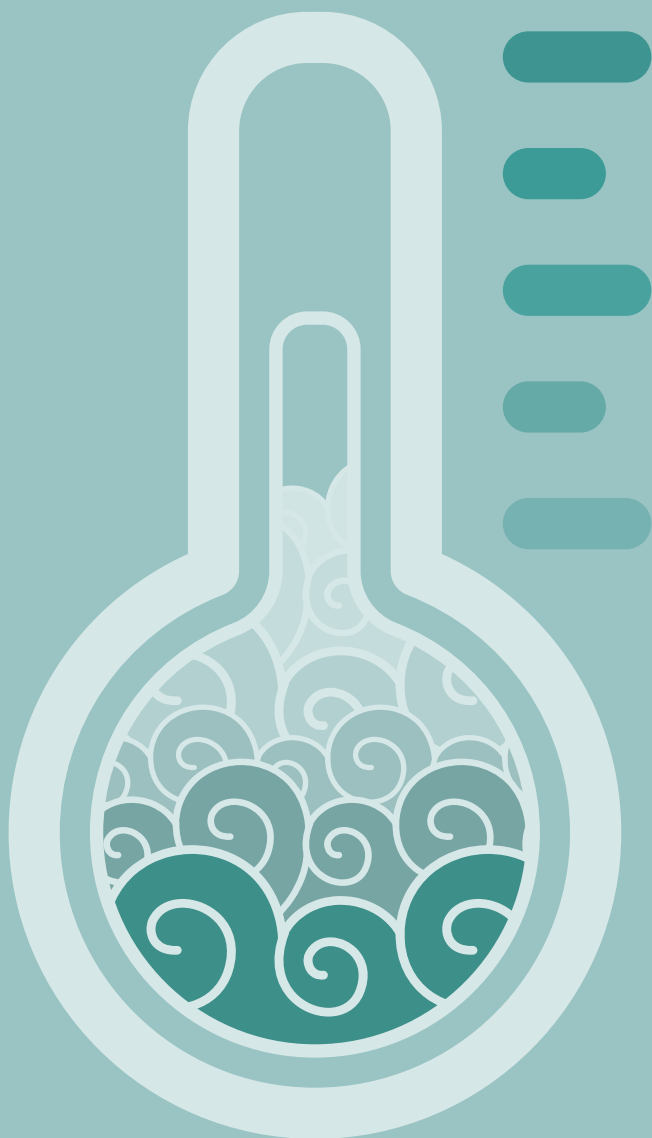
Para concluir, es importante mencionar que el objetivo de incorporar actividades y ejercicios preestablecidos, es apoyar y aligerar la actividad docente. No perdamos de vista que la propuesta fue creada con la intención de auxiliar al profesor en algún tema, que por experiencia y conocimientos, se sabe que es de difícil enseñanza y de difícil aprendizaje.

Finalmente, se sugiere que el docente conduzca estas actividades de evaluación; recupere los conocimientos necesarios, repare en habilidades y actitudes de los estudiantes y haga hincapié en los conceptos claves.





5. Bibliografía consultada y recomendada



Consultada

- HEWITT, Paul G. Conceptos de Física. México: Limusa, 1998.
- TIPPENS, Paul E. Física, conceptos y aplicaciones. México: McGraw Hill, 2001.
- MÁXIMO, Antonio y Beatriz Alvarenga. Física general con experimentos sencillos. México: Oxford, 2006.
- BLATT, Frank J. Fundamentos de física. México: Prentice Hall, 1989.
- GIANCOLI, Douglas C. Física. México: Prentice Hall, 2005.
- HALLIDAY, David y Robert Resnick. Fundamentos de Física. Versión ampliada. México: Continental, 1997.
- RICHARD, Feynman. Física. Volúmenes 1.2 y 3. EUA: Addison Wesley, 1999.
- SEMARY, Henry y Philip Baumel. Fundamentos de física. México: Interamericana, 1976.
- WILSON, Jerry D, Anthony J. Buffa y Bo Lou. Física. México: Prentice Hall, 2007.
- STROTHER, G. K. Física aplicada a las ciencias de la salud. México: McGraw Hill, 1985.
- TIPLER, Paul A. Física para la ciencia y la tecnología. Volumen 1. México: Reverté, 2004.
- TIPPENS, Paul E. Física, conceptos y aplicaciones México: McGraw Hill, 2001.
- CROMER, Alan H. Física para las ciencias de la vida. México: Reverté, 2002.
- WHITE, Harvey. Física descriptiva. México: Reverté, 2006.
- TERCERA serie de cuatrocientas pequeñas dosis de ciencia. México: UNAM, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, 2011.
- LAFOURCADE, P.D. *Evaluación de los aprendizajes*. Cincel. Madrid. 1977.
- SÁENZ, O. Didáctica General. Alcoy. Marfil. 1994.
- http://www.jpimentel.com/ciencias_experimentales/pagwebciencias/pagweb/ambito_de_ciencias.htm. Consultada el 16 de abril de 2015.



<http://www.uhu.es/agora/version01/digital/numeros/02/02/articulos/monografico/mendez.PDF> Consultada el 16 de abril de 2015.

Recomendada

AGUILAR Guillermo/Salvador Cruz Jiménez/Jorge Flores Valdés. Una ojeada a la materia. La ciencia para todos, Fondo de Cultura Económica. México. 1997.

PERALTA Fabi, Ramón. Fluidos: apellido de líquidos y gases. México: SEP, FCE y CONACYT, 1993. Colec. La ciencia desde México, 115.

GARCÍA Colín S., Leopoldo. De la máquina de vapor al cero absoluto (Calor y entropía). México: SEP, FCE y CONACYT 1986. Colec. La ciencia desde México.



**Cambios en los puntos de fusión
y de ebullición del agua
debido a una variación
en la presión**

se terminó de imprimir
y encuadernar en 2016
en Impresora y Encuadernadora
Progreso S.A. de C.V. (IEPSA),
Calzada San Lorenzo 244; C.P. 09830,
Ciudad de México.





SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

