

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE CIENCIAS

GUÍA DIDÁCTICA DE TERMODINÁMICA CLÁSICA
PARA BACHILLERATO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN
MEDIA SUPERIOR (FÍSICA)

P R E S E N T A

SAMUEL BARRERA GUERRERO

DIRECTORA DE TESIS: M. en C. MARÍA SABINA RUÍZ CHAVARRÍA

MÉXICO, D.F.

AGOSTO, 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO



para la Educación Media Superior
OFICIO/MADEMS/085/2009


Dra. Deni Claudia Rodríguez Vargas
Jefe de la División de Estudios de Posgrado
Facultad de Ciencias
P R E S E N T E

Por este medio me permito proponer a usted el siguiente jurado para el examen de grado de MAESTRO en MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (Física), del alumno **SAMUEL BARRERA GUERRERO** con número de cuenta **073040062**, quien presenta una tesis que lleva por título **"Guía Didáctica de Termodinámica Clásica para bachillerato"**

Dicha propuesta fue aprobada por el Subcomité de Tesis del Comité Académico de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, en su sesión del día 09 de Febrero del 2009, con base en el artículo 19 del Reglamento General de Estudios de Posgrado.

Nombre completo y grado	Campo disciplinario
Mtra. Ruiz Chavarria Maria Sabina (tutora)	Fac. de Ciencias/Física
Dr. Barojas Weber Jorge Rafael	Fac. de Ciencias/Física
Mtro. Campos Flores Ignacio	Fac. de Ciencias/Física
Mtra. Bosco Hernández Martha Diana	Fac. de De Filosofía y Letras/Pedagogía
Dr. Recio Zubieta Juan Bautista	Fes. Acatlán/Matemáticas

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D. F., a 09 de Febrero de 2009.
EL COORDINADOR


DR. JUAN FIDEL ZORRILLA ALCALÁ

✓ c.c.p. Tutor
c.c.p. Responsable de Docencia

Agradecimientos

A la M. en C. María Sabina Ruíz Chavarría: por su acertada y valiosa dirección.

A todos mis maestros de la MADEMS: en especial, a la Dra. María del Pilar Segarra Alberú, a la Dra. Leticia Barba Martín (in memoriam), a la maestra Martha Diana Bosco Hernández y al Dr. Jorge Barojas Weber, por su entrega a la docencia, por sus valiosas enseñanzas y por su alto valor humano.

A mi amigo, el técnico especializado Jaime Flores Tinoco: por su apoyo en la construcción de algunos dispositivos experimentales utilizados en este trabajo.

A mis compañeros de la MADEMS: por sus valiosos comentarios de los cuales aprendí mucho.

A mi madre: por enseñarme ese espíritu combativo de que lograr algunas cosas que uno quiere, es tan fácil como decidirse.

A mi esposa Angélica: por aparecer y confrontarme, por enseñarme y aprender conmigo, por tu amor y tu presencia, gracias.

A mi hija Sandy: por tu cariño y por darme la fuerza necesaria para estar de pie y con la cabeza en alto para enfrentar cualquier situación por difícil que sea.

A mis hermanos: por ser y estar, por compartir el espacio y los momentos significativos.

ÍNDICE

Índice	i
Introducción	iii
Capítulo I: Proyecto de trabajo	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Hipótesis	4
1.5 Marco Contextual	4
1.6 Marco Teórico	5
1.7 Metodología de trabajo en el aula	7
1.8 Evaluación	10
a) Tipos de evaluación	12
Capítulo II: La Guía Didáctica	17
2.1 Estructura de la Guía Didáctica	17
2.2 Desarrollo de la Guía	18
a) Evaluación Diagnóstica General	18
b) Introducción	21
c) Sección I: Temperatura, calor y dilatación	
i. Objetivos específicos	22
ii. Posibles esquemas conceptuales de los alumnos	22
iii. Actividades experimentales	23
iv. Lecturas de apoyo	51
v. Sumario de conceptos	75
vi. Ejercicios de repaso	76
vii. Evaluación escrita	82
d) Sección II: Formas de transmisión de energía a través de calor	
i. Objetivos específicos	87
ii. Posibles esquemas conceptuales de los alumnos	87
iii. Actividades experimentales	88
iv. Lecturas de apoyo	95
v. Sumario de conceptos	118
vi. Ejercicios de repaso	119
vii. Evaluación escrita	124
e) Sección III: Cambios de fase	128
i. Objetivos específicos	
ii. Posibles esquemas conceptuales de los alumnos	128
iii. Actividades experimentales	129

iv. Lecturas de apoyo	142
v. Sumario de conceptos	164
vi. Ejercicios de repaso	166
vii. Evaluación escrita	173
Capítulo III: Resultados y su análisis	177
3.1 La Práctica Docente	177
3.2 Los esquemas conceptuales de los alumnos	178
3.3 Las dificultades encontradas	180
Conclusiones	186
Anexo	190
Referencias bibliográficas	192

Introducción

Entre la mayoría de los profesores de física, cunde una creciente sensación de desasosiego, de frustración, al comprobar el limitado éxito de los esfuerzos docentes. En apariencia los alumnos cada vez aprenden poco y se interesan mucho menos por lo que aprenden. Esa crisis de la educación en física escolar, que se manifiesta no sólo en las aulas sino también en los resultados de la investigación en didáctica de la física, es atribuida por muchos a varias causas, entre ellas, a la reforma educativa, a los alumnos desmotivados, etc. Sin embargo, las causas parecen más profundas como se comenta posteriormente.

En este sentido, surge la necesidad de proponer nuevas formas de producir, organizar y distribuir los conocimientos en nuestra sociedad, sobre todo los conocimientos científicos y extender esas nuevas formas a las de enseñar y aprender. Esa es la intención de este trabajo.

El presente trabajo no sólo resume 3 años de permanencia en la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), sino también la historia de los aprendizajes logrados, en aproximadamente 25 años, enseñando física en el bachillerato.

Se aborda el aprendizaje y la enseñanza de la física desde una perspectiva psicopedagógica y didáctica, debido a que ambas miradas se exigen mutuamente, y a que sólo un proceso de construcción mutua, didáctica de la física y sus fundamentos psicológicos, hace posible el logro de aprendizajes significativos, pero además, por ser coherente con el modelo de aprendizaje y cambio conceptual que se propone más adelante.

Se concreta una propuesta didáctica basada no sólo en los estudios realizados, sino también en las contribuciones recientes al estudio de la enseñanza y el aprendizaje de la física. Se trata no tanto de resumir o describir esas

aportaciones sino, sobre todo, de interpretarlas y de situarlas en un marco teórico que les dé sentido.

Los contenidos de física son muchos y muy amplios, por lo que este trabajo, sólo está dedicado a proponer una **guía didáctica de termodinámica clásica para bachillerato**, que más que pretender hacer una propuesta redentora para la enseñanza de la termodinámica clásica, se trata de señalar la necesidad de adecuar las metas, los contenidos y los métodos en el desarrollo del currículum en el bachillerato y de lograr un equilibrio entre sus componentes para reducir la frustración de quienes enseñan y de quienes aprenden. En concreto, es una propuesta del cómo se puede enseñar la física escolar para lograr mejores resultados en el aprendizaje.

CAPÍTULO I

PROYECTO DE TRABAJO

I. Planteamiento del problema

Para todos los que enseñan física es conocida la dificultad que existe para su aprendizaje, que se ha traducido en nutridas estadísticas de reprobación y de deserción. Lo anterior pone de manifiesto muchas causales, entre ellas, la inadecuación de su enseñanza, la saturación de contenidos en los programas vigentes, las deficiencias de algunos textos que circulan en el mercado, la insuficiencia de laboratorios decorosamente equipados, la falta de un programa serio de actualización y formación docente, en fin, la problemática es bastante amplia.

Sin embargo, la problemática particular que caracteriza a la mayoría de los alumnos de bachillerato es, entre otra, la siguiente:

- La deficiente comunicación oral y escrita de sus ideas.
- La escasa o nula participación en las actividades de la clase.
- Un deficiente trabajo individual y grupal.
- La incapacidad de obtener información por sí mismos, ya sea recurriendo a libros o a su propia experiencia.
- La falta de iniciativa y un alto grado de pasividad, resultado de las etapas educativas previas y que les impide pensar críticamente.
- Las interpretaciones conceptuales en torno al tema de enseñanza.

Además, se puede mencionar, aunado a la problemática anterior que, actualmente el conocimiento escolarizado en el sistema educativo mexicano fomenta un aprendizaje poco útil para el alumno, por lo que es necesario contar con modelos que propicien la integración de los conocimientos con entorno cultural. Se debe replantear la manera de enseñar, para brindar una alternativa en la que se fomente la práctica al mismo tiempo que el aprendizaje.

Hoy en día, el conocimiento escolarizado está:

- Descontextualizado
- Centrado en contenidos declarativos
- Tiene una ruptura entre la teoría y la práctica
- Es poco útil y está inerte
- Es poco motivante y significativo
- Tiene una relevancia social y personal limitada

Ante este panorama es de suma importancia replantear la práctica docente, asumir que **el aprendizaje activo** es una de las tendencias actuales más representativas y promisorias en la enseñanza de las ciencias, que permitiría un cambio real de paradigma.

Como la física se imparte desde el primer semestre, el reto o problema principal es desarrollar un material didáctico que logre, con su aplicación en el aula, estimular la voluntad de aprender de estos alumnos y puedan desarrollar poco a poco los conocimientos, habilidades y actitudes básicos para integrarse a su comunidad de manera natural, logren entenderla y tengan la posibilidad, en un futuro, de transformarla.

Lo anterior implica un cambio radical en el desempeño docente, transmitiendo la información de forma diferente a lo tradicional, para que los alumnos construyan su conocimiento, y logren elaborar modelos que interpreten la estructura y el funcionamiento de la naturaleza de la mejor manera posible.

La implicación más importante del cambio que se propone, es concebir al currículo como un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que pretenda la construcción y adquisición de esos conocimientos, habilidades y actitudes.

I.2 Justificación

El presente estudio es originado por las siguientes causas:

- La necesidad de ubicar el objeto de estudio en un trascendente espacio educativo como es el bachillerato, donde se ha laborado durante 25 años, y donde se dan las bases necesarias para que un individuo que se forma en ese nivel, elija lo que será en el futuro.
- El rescate de los conocimientos y habilidades adquiridos, derivados del trabajo realizado durante la MADEMS.
- Ofrecer la posibilidad de contribuir en la actualización y en la formación docente, de tal manera que, los profesores cuenten con herramientas didácticas que los apoyen a realizar una dinámica de trabajo acorde a lo que la física demanda, sobre todo, en una sociedad global como la nuestra.
- Intentar construir un conocimiento más profundo en el campo de la física, en particular de la termodinámica clásica, que coadyuve en la formación de los estudiantes, proporcionándoles los elementos teórico-metodológicos suficientes para desarrollar sus habilidades del pensamiento.
- Mostrar a los docentes y a las instituciones que se puede hacer una mejora en la práctica docente y lograr, lo más cercano posible, los perfiles establecidos.

I.3 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es la mejora de la enseñanza y, como consecuencia, del aprendizaje de la física mediante el diseño de materiales didácticos encaminados a confeccionar una **guía didáctica de termodinámica clásica para bachillerato**, que logre motivar a este tipo de alumnos caracterizados como en situación de riesgo. Este diseño está basado en:

- La utilización de la energía como idea integradora para su desarrollo.
- El análisis previo de las representaciones conceptuales con que los alumnos llegan a las aulas, además de su motivación y autoestima.

- La introducción en las clases de una metodología que propugne la evolución conceptual, a través del enfoque didáctico llamado, **aprendizaje activo**.
- La utilización de la lectura, en una antología, como refuerzo de los contenidos y como base imprescindible del desarrollo intelectual.

Se espera que el trabajo aporte al profesorado un material didáctico con un enfoque nuevo, que tenga en cuenta no sólo la estructura lógica de la física, sino también los esquemas conceptuales iniciales de los alumnos, además de los avances en pedagogía, factores ignorados en casi todos los textos en uso. Así mismo, se espera lograr el tan esperado aprendizaje significativo el cuál se entiende como aquel que se elabora de forma no arbitraria, de forma sustantiva y con incorporación no mecánica de conocimientos en la estructura cognitiva en los alumnos y el incremento del interés por la física.

I.4 Hipótesis

Los materiales diseñados y la metodología de trabajo en el aula propuesta, aumentará el grado de participación e interés de los alumnos comparado con el observado en situaciones más estándar, y se logrará un aprendizaje significativo de los contenidos expuestos.

I.5 Marco Contextual

La institución donde se realizó el estudio fue el INSTITUTO DE EDUCACION MEDIA SUPERIOR DEL D.F. (IEMS)¹, en la preparatoria Josefa Ortiz de Domínguez y donde se suma una problemática más, a saber, las características de los alumnos que ingresan es muy especial, en otras palabras, el ingreso de los alumnos a este instituto, sólo depende del azar, es decir, no hay una evaluación que limite su entrada, simplemente se

¹ Bachillerato que fue creado en 1999 por el Gobierno del Distrito Federal.

registran y ante notario público se establece el ingreso de acuerdo al cupo de cada plantel.

Tales alumnos han estado marginados de la educación. En muchos casos el CENEVAL no los ha aceptado por su promedio menor a 7, o han tenido menos de 30 aciertos en el examen de admisión, la mayoría proviene de familias de escasos recursos, y en algunos casos, desintegradas, pero en general, carecen de habilidades de lectura, de escritura, de razonamiento lógico y no tienen tampoco, en muchos de los casos, habilidades en las operaciones básicas de la aritmética, y muchos provienen de tele-secundarias o han sido expulsados de otras instituciones, lo que constituye un reto adicional, sobre todo porque tampoco tienen interés en el estudio.

Se trabajó con 300 alumnos durante tres años que duró la maestría y la práctica docente, siendo yo mismo el supervisor del proceso, tomando videos, fotografías y cambiando continuamente los materiales para mejorar la enseñanza.

I.6 Marco Teórico

Desde tiempos remotos, por lo que se ha visto, un problema ha sido explicar el conocimiento, el cómo el ser humano lo desarrolla, desde qué fases evoluciona y debido a qué causas.

Una teoría del aprendizaje es una construcción que explica y predice cómo aprende el ser humano, sintetizando el conocimiento elaborado por diferentes autores. Una teoría es un cuerpo coherente de explicaciones fundamentadas en conceptos, todo lo cual es construido en forma lógica para responder hipótesis y proposiciones, interpretando sistemáticamente un área del conocimiento.

Hasta el momento no existe una teoría que contenga todo el conocimiento acumulado para explicar el aprendizaje. Todas son aproximaciones incompletas, limitadas, pero que siempre van evolucionando para dar una mejor explicación.

La estrategia de aprendizaje que se utilizó en el aula para el desarrollo de este estudio, se conoce como **Aprendizaje Activo**², el cuál ha sido desarrollado en las últimas décadas y ha demostrado, en países en desarrollo, que impulsa a los estudiantes a entender los conceptos básicos de la física.

En esta estrategia de aprendizaje los alumnos son guiados para que construyan sus conocimientos sobre los conceptos de la física, a través de la observación directa de los fenómenos en estudio. Se hace uso de un ciclo de aprendizaje que incluye:

- Las predicciones hechas por los alumnos, después de alguna pregunta generadora sobre un fenómeno físico, o por la presentación de algún fenómeno físico pidiendo que expliquen por qué sucede.
- Las pequeñas discusiones en grupo.
- Las observaciones o mediciones necesarias.
- La comparación de los resultados observados u obtenidos con las predicciones.
- El establecimiento de conceptos aceptados por la comunidad científica.
- La lectura adecuada de apoyo para los temas de enseñanza.

El método de aprendizaje activo ha mostrado considerablemente una mejoría en el entendimiento de los conceptos físicos. Este método reproduce, además, el proceso científico en el salón de clases o en el laboratorio y apoya el buen desarrollo de habilidades de razonamiento en física.

La tabla siguiente compara claramente las características de los contextos de aprendizaje activo y el del aprendizaje tradicional o pasivo:

² L.C. McDermott and the Physics Education Group at the University of Washington in Physics by Inquiry and ALOP, UNESCO.

Contexto de aprendizaje pasivo	Contexto de aprendizaje activo
El docente y el texto son las autoridades únicas, fuentes de todo el conocimiento.	Los alumnos construyen su propio conocimiento a través de observaciones de primera mano y de forma directa.
Las creencias de los alumnos raramente son cuestionadas.	Se usan círculos de aprendizaje en los cuales los alumnos son cuestionados para comparar sus predicciones, basadas en sus creencias, con las observaciones de experiencias reales.
Los alumnos pueden nunca darse cuenta de sus creencias y de lo que se les dice en clase.	Cambia las creencias de los alumnos cuando se les confronta con las diferencias entre sus observaciones y sus creencias.
El papel del docente es de autoridad y de gis, pizarrón y lengua (GPL).	El papel del docente es como una guía en el proceso de aprendizaje.
No se fomenta la colaboración con los compañeros.	Sí se fomenta la colaboración con los compañeros.
Las cátedras presentan los “hechos” de la física con muy poca referencia al experimento.	Los resultados del experimento real se observan de manera comprensible y directa.
El trabajo en el laboratorio, si es que lo hay, se usa para confirmar las teorías “aprendidas” en las cátedras.	El trabajo en el laboratorio se emplea para aprender los conceptos básicos.

Con base en lo anterior, es importante especificar lo más claro posible lo realizado en el aula y en el laboratorio.

I.7 Metodología del trabajo en el aula³

De acuerdo con la perspectiva expuesta, la metodología utilizada en el aula estuvo encaminada a conseguir que los alumnos:

- Pusieran en cuestión sus ideas.
- Confrontaran estas ideas con sus compañeros.
- Emitieran hipótesis acerca del comportamiento de determinados sistemas físicos estudiados.

³ Varela, N. P., et al, Iniciación a la física en el marco de la teoría constructivista, Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid, 1993.

- Contrastaran sus hipótesis con los resultados aportados por la experimentación y el profesor.
- Aplicaran las nuevas ideas a otras situaciones de la vida real.

En vista de todo lo anterior, el profesor dejó de ser un mero transmisor de información ya elaborada, para asumir otros roles coherentes con el nuevo enfoque metodológico. Entre estos cabe destacar:

- **El profesor como motivador:** se hizo explícito a los alumnos qué se pretende con el tema o la actividad a realizar, se alentó a los estudiantes a que se hicieran preguntas a sí mismos y a los demás, buscando siempre el por qué de las cosas y se les animó para que asumieran la responsabilidad de su propio aprendizaje.
- **El profesor como guía:** los alumnos necesitaron orientación para vincular adecuadamente sus experiencias y sus ideas con los nuevos conceptos que se estuvieron estudiando y para generar vínculos que hicieran significativa la nueva información para el aprendizaje. Esta guía, necesaria para que los alumnos aprendieran, requirió un trabajo por parte del profesor muy activo, que interaccionó continuamente con los individuos y los grupos, ofreciendo una y otra vez argumentos a favor y en contra de una idea o concepto. Afortunadamente esto es posible en este modelo educativo donde se realizó el estudio y la práctica docente.
- **El profesor como innovador-investigador:** posiblemente ésta fue la más desafiante de las nuevas tareas del profesor, para la cual fue imprescindible estar en contacto con otros profesores y conocer los hallazgos y resultados obtenidos dentro del campo en que se estuvo trabajando.

Dentro del modelo que se describió, un paso fundamental fue diseñar formas de cambiar o de hacer evolucionar los esquemas previos hacia los aceptados hoy en día por la comunidad científica, además de incidir en la motivación de los estudiantes.

En el plano pedagógico **motivación**⁴ significa proporcionar o fomentar motivos, es decir, **estimular la voluntad de aprender**. El papel que se asumió en el ámbito de la motivación se centró en inducir motivos en los alumnos en lo que respecta a sus aprendizajes y comportamientos para aplicarlos de manera voluntaria a los trabajos de clase, dando significado a las tareas escolares y proveyéndolas de un fin determinado, de manera tal que los alumnos desarrollaron un verdadero gusto por la física y comprendieron su utilidad personal y social.

De esta manera, la motivación se hizo presente en el aula mediante muy diversos aspectos:

- El lenguaje y los patrones de interacción entre profesor y alumnos
- La organización de las actividades académicas
- El manejo de los contenidos y las tareas
- Los recursos y apoyos didácticos
- Las recompensas y la forma de evaluar

Debe suponerse que los alumnos y el profesor deben comprender que existe interdependencia entre los siguientes factores:

- Las características y demandas de la tarea o actividad escolar
- Las metas o propósitos que se establecen para tal actividad
- El fin que se busca con su realización

Así, los propósitos en los que se trabajó mediante el manejo de la motivación escolar fueron:

- Despertar el interés en los alumnos y dirigir su atención
- Estimular el deseo de aprender que conduce al esfuerzo y la constancia
- Dirigir estos intereses y esfuerzos hacia el logro de los fines apropiados y la realización de propósitos definidos

⁴ Díaz Barriga, F., Hernández, R. G., Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista. 2ª. Edición, Mc Graw Hill. México, 2002.

El papel de la motivación en el logro del aprendizaje significativo se relaciona con la necesidad de fomentar en el alumno el interés y el esfuerzo necesarios para desarrollar el proceso con responsabilidad.

Se ha visto durante tantos años que una enseñanza enfocada a la exposición-recepción de contenidos inertes conduce a los estudiantes al aburrimiento y la pasividad. El aprendizaje es una práctica constructiva, propositiva, intencional, activa y consciente que incluye actividades recíprocas que implican intención-acción-reflexión.

El proceso de evaluación que se siguió, de acuerdo a lo expuesto anteriormente, no debe ser lo hecho tradicionalmente. A continuación se presentan las características esenciales de lo que se recomienda seguir.

I.8 Evaluación⁵

Una evaluación auténtica es aquella evaluación del desempeño que demanda que los aprendices demuestren sus conocimientos, habilidades o destrezas y conductas aprendidas en situaciones genuinas de la vida real.

La evaluación educativa contempla la existencia de una extensa gama de posibilidades respecto al objeto mismo de la evaluación. Si se toma como unidad de análisis al proceso de enseñanza-aprendizaje, es posible analizar elementos diferentes del currículo: los objetivos, el material, la metodología, el comportamiento del profesor, el ambiente del aprendizaje, los resultados del aprendizaje realizado por el alumno, e incluso, el proceso tomado en su globalidad. La evaluación conduce a emitir un juicio, una valoración que surge de comparar un conjunto de informaciones relativas al objeto evaluado con unos criterios previamente establecidos. **Evaluar no es sinónimo de medir.**

⁵Díaz Barriga, F., Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida, Mc Graw Hill. México, 2006.

El proceso evaluativo no se agota en sí mismo: se evalúa siempre con alguna finalidad, con el propósito de disponer de una base más sólida para tomar decisiones de diverso orden.

La evaluación es una exigencia interna de perfeccionamiento, lo que implica como condición necesaria la participación voluntaria de quienes actúan y desean conocer la naturaleza real de su intervención y las consecuencias y efectos que produce. La evaluación podrá influir positivamente tanto en la calidad y cantidad del aprendizaje de los alumnos como en sus características afectivas, su actitud e interés hacia las ciencias y su aprendizaje.

Este planteamiento de evaluación se desarrolló cubriendo las etapas descritas a continuación:

1.-Captura de informaciones⁶.

2.-Interpretación de las informaciones capturadas.

3.-Adaptación de las actividades pedagógicas.

A partir de esa “medida” de todo lo referente a los estudiantes, pudieron emitirse juicios acerca de:

- la validez de la metodología empleada, así como de las secuencias de aprendizaje utilizadas para un determinado concepto o teoría.
- la validez del currículo propuesto tanto en su lógica interna como en su adecuación a los alumnos a los que va dirigido.
- las principales dificultades que se presentan en el proceso de captura, o evolución conceptual e identificación de las ideas previas que persisten a pesar de la enseñanza.
- la fiabilidad y validez de las pruebas en sí mismas, así como de las preguntas que la componen y por tanto su adecuación como instrumento de medida.

⁶Litwin, E., *La* evaluación: campo de controversias y paradojas o un nuevo lugar para la buena enseñanza, en *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*, Camilloni, A. et al, Paidós, 2001.

Para que el proceso de enseñanza-aprendizaje resultara eficaz fue necesario que existiera una fuerte relación entre los objetivos del mismo, la metodología y las actividades que se realizaron en el aula y la evaluación.

Ello exigió una programación coherente y realista, así como una reflexión sobre lo que supone todo el proceso de evaluación, esto es, qué decisiones implica, qué factores afectan a esas decisiones y qué efectos tiene evaluar de uno u otro modo. Es preciso, por tanto conocer qué modos puede adoptar el proceso de evaluación y cuál es el impacto de cada uno de ellos, de forma que sea posible proponer modelos especialmente adecuados a los propósitos y necesidades del modelo educativo donde se labora.

Evaluar el conocimiento que un alumno tiene sobre algo implica, básicamente observar cómo actúa en una situación dada y comparar la información obtenida con algún criterio previamente establecido para emitir un juicio sobre la adecuación o inadecuación del conocimiento manifestado en la información recogida. Pero también, la evaluación es la **reflexión crítica** sobre todos los momentos y factores que intervienen en el proceso didáctico para determinar cuáles pueden ser, están siendo o han sido los resultados del mismo, a fin de que el estudiante y el medio escolar dispongan de la información necesaria para regular sus respectivos proyectos, así como para elegir, con conocimiento de causa, entre distintas estrategias educativas.

A continuación se presenta de manera clara la concepción sobre los tipos de evaluación que se sugieren en casi todas las instituciones, al menos en el papel, y que se siguieron en este trabajo.

a. TIPOS DE EVALUACIÓN

Los tipos de evaluación a los que se refiere son: diagnóstica, formativa y compendiada, para las cuales, se tienen las siguientes apreciaciones:

Un proceso evaluador entendido como el conocimiento sistemático de cómo los alumnos están aprendiendo a lo largo de una secuencia de enseñanza-aprendizaje, está estrechamente relacionado con la metodología empleada en dicha secuencia. Unas exigencias evaluadoras determinadas conllevan,

también, unas determinadas exigencias metodológicas. Por ejemplo, la opción por una concepción de aprendizaje supone que el proceso evaluador conste de las fases siguientes: **una evaluación diagnóstica inicial, otra reguladora o formativa y una evaluación final o compendiada.**

EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA INICIAL

Es la evaluación realizada antes de cualquier ciclo o proceso educativo con la intención de obtener información valiosa, respecto a valorar las características de ingreso de los alumnos (conocimientos, expectativas, motivaciones previas, competencia cognitiva general, etc.). La información que se obtiene de ésta evaluación puede utilizarse para realizar al menos un ajuste en la organización y secuencia de las experiencias de enseñanza y aprendizaje.

La evaluación diagnóstica, tiene las características siguientes:

- Se produce al principio o durante el proceso de aprendizaje, pero siempre antes de que el alumno se enfrente con los nuevos conocimientos.
- Su objetivo es determinar el grado de preparación del alumno antes de abordar una unidad de aprendizaje.
- Su utilidad radica, también, en la identificación de las causas que pueden subyacer tras determinados errores o dificultades de aprendizaje que se producen durante el proceso instructivo.

Lo anterior implica diferentes aspectos según las perspectivas en que se desenvuelva la enseñanza, y se consideró que se debían tener en cuenta las cuatro siguientes:

- El nivel de desarrollo cognitivo en que se encuentra el alumno (Que en este caso particular, la gran mayoría estaba en lo concreto).
- Los conocimientos previos que, desde la lógica de la física, son prerequisites para el aprendizaje posterior de la misma.

- La concepción actual que el alumno tiene del mundo y a partir de la cual ha de construir nuevos significados o experimentar un cambio conceptual en la línea establecida por la física.
- El grado de motivación y autoestima en el que se encuentra el alumno.

EVALUACIÓN FORMATIVA

Es la evaluación que ocurre durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, que, de hecho, juega un importante papel regulador en dicho proceso. Sin la evaluación formativa los procesos de ajuste de la ayuda pedagógica serían prácticamente imposibles. En tal sentido, su finalidad es estrictamente pedagógica.

Se puede afirmar entonces que, la evaluación no es un apéndice de la enseñanza, sino parte integral del proceso de enseñanza-aprendizaje, en el que se desempeñan funciones de diagnóstico, corrección, comprobación y prevención de necesidades. El propósito es formar a la persona y mejorar su actuación, de manera que alcance con éxito los objetivos de instrucción. Por ello, se denomina evaluación formativa aquella que tiene como propósito la modificación y la mejoría del alumno que está siendo evaluado, y se caracteriza por:

- Producirse a lo largo de todo el proceso de aprendizaje.
- Su objetivo es adaptar de forma continua el proceso de enseñanza-aprendizaje a las necesidades y dificultades del alumno.
- Su utilidad radica en la identificación del nivel alcanzado por cada alumno en cada uno de los objetivos propuestos, así como los puntos conflictivos para el grupo en su conjunto.

Por tanto, la evaluación formativa tiene dos consecuencias: de realimentación al alumno y al profesor, informándoles del progreso obtenido (evaluación para la confirmación de un estado) y de descubrimiento de problemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, señalando la necesidad de proponer actividades

alternativas que ayuden a lograr los objetivos propuestos (evaluación para la toma de decisiones).

Con los antecedentes de la evaluación formativa, los alumnos deben decidir sobre cómo orientar sus esfuerzos, modificar sus hábitos de estudio y trabajo, etc., mientras que el profesor ha de decidir sobre las modificaciones necesarias en la organización del proceso de aprendizaje, de los materiales o actividades propuestas, distribuciones temporales, etc.

EVALUACIÓN COMPENDIADA

Es la evaluación que se realiza al término de un proceso de instrucción o ciclo educativo. Su finalidad principal consiste en verificar el grado en que se han alcanzado las intenciones educativas y provee información que permite derivar conclusiones importantes sobre el grado de éxito y eficacia de la experiencia educativa global emprendida. En esta evaluación la función social generalmente tiende a prevalecer sobre la función pedagógica.

Con lo anterior y frente a los dos anteriores tipos de evaluación, centradas en el perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje, la evaluación compendiada tradicional se centra exclusivamente en el alumno y, por tanto, sus características son:

- Producirse al final del proceso.
- Su finalidad es “medir” el aprendizaje, asignando una calificación al alumno con el objetivo selectivo de determinar su situación dentro del grupo o de decidir su promoción o no a estudios posteriores.
- El juicio emitido es de carácter global y señala si el alumno ha superado el proceso de aprendizaje considerado como un todo, sin efectuar ninguna discriminación de las habilidades que ha desarrollado o dejado de desarrollar durante el proceso mismo.

Es indudable que este tipo de evaluación nunca puede constituir un instrumento de motivación del proceso de aprendizaje. Dicha motivación

solamente se alcanzará cuando los alumnos perciban las situaciones de evaluación como ocasiones de ayuda real, que generen expectativas positivas y útiles que les permitan tomar conciencia de sus propios avances, dificultades y necesidades.

Con respecto a la evaluación compendiada, cabe señalar que hasta estos momentos es la única que se utiliza en la gran mayoría de las diferentes escuelas, situación que tendrá que ir cambiando poco a poco, ya que no informa realmente lo que el alumno sabe y puede hacer.

CAPÍTULO II

La Guía Didáctica

2.1 Estructura de la Guía Didáctica

Una guía didáctica es un camino alternativo para dirigir un proceso de enseñanza y de aprendizaje. Con ella se pretende propiciar un diálogo pedagógico con el alumno para que conozca, analice y reflexione los contenidos temáticos que se van a tratar, con el propósito de resignificar y de aplicar los temas a desarrollar correctamente.

Esta guía didáctica es un material de apoyo para los docentes y los alumnos del área de física en el nivel de bachillerato, para el tratamiento de los temas: calor, temperatura, dilatación; formas de transmisión de la energía a través del calor y cambios de fase.

La guía se estructura de la siguiente manera:

- Evaluación diagnóstica general
- Introducción general
- Tres secciones de temas agrupados de la siguiente forma:
 - I. Temperatura, calor y dilatación.
 - II. Formas de transmisión de energía a través de calor.
 - III. Cambios de fase.

Cada sección contiene:

- i. Objetivos específicos
- ii. Posibles esquemas conceptuales de los alumnos
- iii. Actividades experimentales
- iv. Lecturas de apoyo
- v. Sumario de conceptos
- vi. Ejercicios de repaso
- vii. Evaluación escrita

2.2 Desarrollo de la Guía

a) Evaluación Diagnóstica General.

Instituto de Educación Media Superior del D.F.
Preparatoria Josefa Ortiz de Domínguez, Cuajimalpa.

Nombre _____ Grupo _____

Instrucciones Generales

Con esta evaluación se pretende conocer tus conocimientos y habilidades sobre algunos conceptos y sobre algunos fenómenos de tu vida cotidiana relacionados con el tema que vamos a iniciar, **calor y temperatura**, y sobre otros vistos anteriormente en el curso. La prueba no tiene valor numérico.

Dispones de 60 minutos para contestar, no olvides justificar tu respuesta cuando se te pida.

Utiliza lápiz, no utilices bolígrafo para contestar el examen.

Lee cuidadosamente cada pregunta y consulta al profesor en caso de duda.

Utiliza una hoja aparte para tus respuestas.

- 1) ¿Qué significa la palabra energía?
- 2) Escribe dos frases que expliquen para qué necesitamos la energía.
- 3) ¿Qué significa la palabra temperatura?
- 4) ¿Qué significa la palabra calor?
- 5) ¿Cuál será la temperatura de una mezcla de un litro de agua a 20°C con otro litro de agua a 20°C ? Justifica tu respuesta.
- 6) Supón que en tu recámara la temperatura ambiente es de 20°C , en ella estás tú, tu gato, una mesa de madera, una bufanda de lana y un cuchillo de metal. Comenta sobre la temperatura que aproximadamente tiene cada objeto. Justifica tu respuesta.
- 7) Estas frente a dos mesas pequeñas e iguales, una hecha de madera y la otra de metal. Si colocas simultáneamente un cubito de hielo en el centro de

cada una, ¿en cuál mesa se derretirá primero el hielo? Justifica tu respuesta.

- 8) Tú y tu hermana hacen hervir agua utilizando la misma estufa. En el recipiente de tu hermana hay mucha agua y en el tuyo muy poca. Describe cómo será la temperatura en ambos recipientes, cuando el agua hierva en ambos. Justifica tu respuesta.
- 9) Si fundes mantequilla en un sartén con la mínima flama de tu estufa, ¿qué pasará con la temperatura a la que funde la misma mantequilla si utilizas la máxima flama de la estufa? Justifica tu respuesta.
- 10) Nieves y Luisa hacen una experiencia. Ambas cogen hielo y lo ponen en un vaso. Ambas ponen un termómetro dentro del hielo de cada vaso. Nieves deja su vaso sobre la mesa. Luisa coloca su vaso dentro de otro vaso más grande donde hay agua caliente. Ambas leen la temperatura que marca el termómetro cuando el hielo se está fundiendo.

La temperatura leída por Nieves es:

- Mayor que la leída por Luisa
- Igual que la leída por Luisa
- Menor que la leída por Luisa

Justifica tu respuesta.

- 11) ¿A qué temperatura común un bloque de madera y un trozo de metal no se sienten fríos ni calientes cuando los tocas con la mano? Justifica tu respuesta.
- 12) ¿Qué contiene más energía interna, una taza de café hirviendo o un gigantesco témpano de hielo (iceberg)? Justifica tu respuesta.
- 13) ¿Por qué los focos incandescentes se suelen fabricar con vidrio muy delgado? Justifica tu respuesta.
- 14) Si envuelves un termómetro con una manta, ¿aumentará su temperatura? Justifica tu respuesta.

Las siguientes preguntas se refieren a los cambios de escala que ya se han discutido en el curso antes de iniciar los temas de calor y que ocurren en nuestra vida cotidiana. Interesa saber tus habilidades en ello.

I.- La famosa torre Eiffel hecha de hierro que se encuentra en Francia mide 300 m de altura y tiene una masa aproximada de 9000 toneladas. Calcula la masa que tiene su modelo a escala hecho también de hierro si este tiene 30 cm de altura. Justifica tu respuesta.



II.- Supón que un familiar tuyo está enfermo y requiere que le suministres 8 gotas de medicamento con un gotero especial cada cierto tiempo. Pero en un accidente se rompe el gotero especial y utilizas otro que deja salir gotas con el doble de diámetro. En este caso, ¿cuántas gotas deberás suministrarle al paciente? Justifica tu respuesta.



III.- La tía María fabrica manteles circulares de diferentes diámetros, siendo el costo de \$ 200.00 los de 1 m de diámetro, ¿cuánto deberán costar los de 2 m? Justifica tu respuesta.



IV.- La cisterna de abasto de agua de tu casa es cúbica y almacena 2700 litros. Pero por razones de espacio necesitas reducir su arista tres veces. En este caso, ¿cuántas veces es más chica la nueva cisterna? ¿Cuántos litros podría almacenar? Justifica tu respuesta.

Al analizar los resultados se detectaron una gran cantidad de ideas previas en los temas, no sólo en los alumnos propios, sino en los de colegas, como se esperaba. Lo anterior reforzó la necesidad de cambiar la forma de enseñar.

Introducción

El siguiente material describe principalmente la energía interna que se almacena por el movimiento y la interacción de los átomos de un sistema, es decir, se habla con generalidad de la temperatura, la transferencia y la transformación de la energía.

El estudio comienza con el concepto, muy crudo, de caliente y frío, con la experimentación y la descripción siempre, de qué se puede poner en la boca sin quemarse para comprender la temperatura y de qué propiedades de la materia se utilizan para su medición.

Así mismo, se estudian la energía interna, el calor y el comportamiento relacionado de la materia microscópica. Se trata de contestar preguntas como ¿qué es el calor? ¿Cuál es la relación entre calor y temperatura? ¿Qué sucede con la materia a granel al agregarle o quitarle energía? ¿Cómo se transfiere la energía de un lugar a otro?

De la misma manera se describen los cambios de fase en relación con la transferencia y transformación de la energía. Todo a través de actividades experimentales y lectura de apoyo.

Sección I: La temperatura, el calor y la dilatación.

Se presentan a continuación los objetivos específicos que el alumno debe lograr al finalizar la instrucción.

i Objetivos Específicos.

Después de haber realizado las actividades experimentales propuestas, las lecturas recomendadas, y los ejercicios de tarea, el estudiante podrá:

- Definir temperatura y explicar cómo se mide.
- Describir la relación entre temperatura y energía cinética molecular.
- Definir calor y explicar por qué es incorrecto pensar que la materia contiene calor.
- Describir qué determina que el calor fluya de una sustancia a otra.
- Distinguir entre energía interna y calor.
- Describir cómo puede medirse la cantidad de energía que sale o entra a una sustancia.
- Comparar la capacidad térmica específica (calor específico) de diferentes sustancias.
- Dar ejemplos de cómo la alta capacidad térmica específica del agua afecta el clima.
- Dar ejemplos de la expansión de la materia cuando se calienta.
- Explicar la función de un alambre bimetálico en un termostato.
- Comparar la expansión térmica de líquidos y sólidos.
- Describir el inusual comportamiento del agua cuando se calienta de 0° C a 15° C.
- Explicar por qué el agua a ciertas temperaturas se contrae.
- Resolver problemas con la relación $Q = m c \Delta T$.
- Realizar un examen escrito para determinar los logros y las dificultades en el manejo de estos temas.

ii Posibles esquemas conceptuales de los alumnos

- El calor y la temperatura son lo mismo
- Los objetos contienen calor
- Todo se expande cuando se calienta

Se inició la instrucción con las siguientes actividades experimentales siguiendo siempre el enfoque de aprendizaje activo.

iii ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

Actividad experimental No. 1

LA TEMPERATURA ¿Qué es?

Como el título lo dice, es una buena pregunta generadora de la discusión, la cuál deberá de tomarse en cuenta antes de cualquier experiencia. Así mismo, la actividad puede iniciarse con la siguiente pregunta generadora:

Pregunta.- ¿Cuál es la diferencia entre una taza de café caliente y una taza de café frío? Hacer hincapié en que las moléculas en la taza de café caliente se mueven más rápido

Todos sabemos intuitivamente de qué estamos hablando. Por medio del tacto notamos lo caliente o lo frío al tocar un objeto ya que unas terminaciones nerviosas situadas en la piel se encargan de ello.

¿Cómo se mide la temperatura?

¿Nuestro tacto detecta la temperatura o la pérdida o ganancia de energía interna?



Realizando la siguiente experiencia lo comprenderás: Introduce una mano en un recipiente frío y la otra en uno caliente, y luego las dos manos juntas en otro recipiente con agua templada.

La primera mano la encontrará _____ y la otra _____.

Lo sucedido anteriormente, **¿qué nos indica?**

Para diseñar un instrumento que mida la temperatura debemos escoger una cualidad de la materia que sea fácilmente observable, que varíe de manera importante con la agitación de sus partículas, que sea fácil de medir y que nos permita relacionar su variación con la agitación molecular que tiene el cuerpo.

¿Cuál es ésta?

Utiliza un tubo de ensaye, alcohol coloreado, un tapón horadado, un tubo de vidrio, una parrilla eléctrica, un mechero de alcohol, un mechero Bunsen o soplete, hielos, un matraz redondo con tapón, etc., en fin, lo que consideres necesario para evidenciar que tanto líquidos, sólidos y gases, en general, se dilatan cuando se calientan. En particular, utiliza el anillo de Gravesande para la dilatación en sólidos, calienta la esfera y observa si pasa por el orificio. ¿Qué pasará si en lugar de la esfera calentamos el orificio?, ¿pasa o no la esfera? argumenta tu respuesta. Observa la fotografía.



Un poco de historia sobre Willem Jacob's Gravesande

(Hertogenbosch, 1688-Leiden, 1742) Físico holandés. Profesor de matemáticas, astronomía y filosofía en la Universidad de Leiden. Desarrolló una teoría sobre la mecánica del choque y construyó el primer helióstato. Ideó el llamado *anillo de Gravesande*, consistente en una esfera de latón que pasa justo por el interior de un anillo del mismo metal; al calentar la esfera, ésta no pasa por el anillo, lo que le permitió demostrar la dilatación de los sólidos.

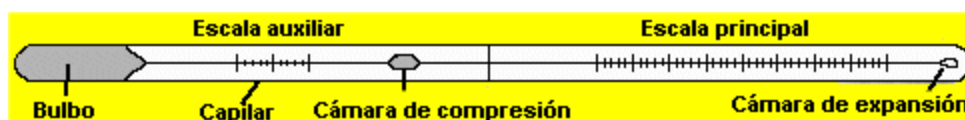
¿Puedes ya determinar qué propiedad utilizan los termómetros comunes para funcionar? ¿Cuál es?

Si un objeto recibe energía a través de calor aumenta la agitación de las partículas que lo forman (átomos, moléculas o iones) y se pueden producir también cambios en la materia: dilatación, cambios de color (piensa en una

barra de metal al calentarla), variación de su resistencia a la conducción, etc. Estos cambios se pueden utilizar para hacer una escala de temperatura. La cualidad elegida en los termómetros comunes de mercurio es **la dilatación**, pero existen otros tipos de termómetros basados en otras cualidades.

Realiza la lectura de las páginas 461-463 del libro Física General con experimentos sencillos de Máximo-Alvarenga, 4ª. Edición, que está en la biblioteca, para que conozcas otro tipo de termómetros. Si no se cuenta con el libro, es conveniente proporcionar las copias de dicha lectura o utilizar otra con el mismo contenido.

Se utiliza el mercurio para construir termómetros porque es un metal que es líquido entre -20°C y 100°C y porque se dilata bastante y se comporta de forma lineal en un rango muy amplio. Encerramos el metal dentro de un tubo fino (capilar) para que al dilatarse un poco avance mucho por el tubo (cuanto más fino sea el tubo más centímetros avanza). Midiendo longitudes de la columna podemos establecer una relación entre la dilatación y el nivel de agitación de la sustancia a medir.



¡Medimos la temperatura midiendo una longitud!

Al poner en contacto dos sustancias, por ejemplo un termómetro y un vaso con hielo, la agitación de las partículas de una se transmite, mediante choques, a las partículas de la otra hasta que se igualan sus velocidades. Las partículas de la sustancia más caliente son más rápidas y poseen más energía. En cada impacto ceden parte de la energía a las partículas más lentas con las que entran en contacto. Las partículas de la sustancia que está a mayor temperatura se frenan un poco, pero al mismo tiempo hacen que las más lentas aceleren.

Finalmente las partículas de las dos sustancias alcanzan la misma velocidad media y por lo tanto la misma temperatura: se alcanza lo que llamaremos **equilibrio térmico**. Curiosamente, un termómetro mide su propia temperatura, ¿no crees?

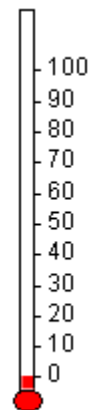
Se pueden tomar como base para medir las temperaturas otras propiedades que cambien con ella como el color, la resistencia eléctrica, etc. Aparatos basados en las anteriores propiedades son el pirómetro óptico, el termopar....

Esto posibilita el medir en distintos rangos de temperaturas. Piensa en lo que pasaría si midieras la temperatura de un alto horno con un termómetro de mercurio.

Calibrado de un termómetro. Para tener una idea de cómo se construyó.

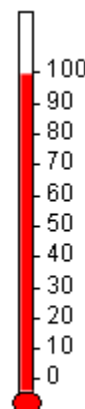
Podemos calibrar nuestro propio termómetro tapando la escala de un termómetro normal rodeándolo con una hoja de papel o el simple tubo de ensayo con agua coloreada y eligiendo como el cero de temperatura la del hielo en contacto con agua. Las temperaturas inferiores, por lo tanto, serán negativas.

Para marcar ese punto en el termómetro, lo introducimos en una mezcla de agua y hielo y esperamos hasta que se establezca la posición del mercurio de la columna. Marcamos ese punto en el vidrio (es el extremo de la columna de mercurio en ese momento) como punto 0.



Calentamos después agua en un matraz Erlenmeyer cerrado con un tapón bihoradado. Por un agujero del tapón sale un tubo y por él vapor, por el otro introducimos el termómetro. Se inserta hasta que el bulbo quede en un punto próximo a la superficie del agua. Si utilizas el tubo de ensayo, el tubo de vidrio debe ser más largo que el utilizado en el Erlenmeyer.

La columna de mercurio sube pero cuando el agua empieza a hervir se para y no sube más, ¿por qué?, eso lo discutiremos después. Marcamos el vidrio en ese punto como punto 100. Si la presión no es 1 atm., la temperatura de ebullición no será 100 °C. ¿De cuánto es en el lugar donde estamos?



Dividimos la longitud del vidrio entre 0 y 100 en 100 partes iguales, por eso se llama centígrada. A cada división le corresponde 1 grado centígrado. Con el termómetro calibrado puedes medir algunas temperaturas y compararlas con las medidas con un termómetro normal. Por ejemplo, la temperatura del aire. Este es el dato climatológico más conocido. El termómetro recibe la energía transmitida por conducción del aire que lo rodea.

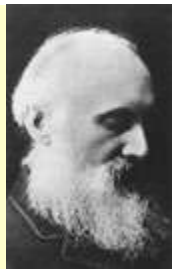
¡No debemos exponer el termómetro al Sol para medir la temperatura del aire!

No debemos exponer un bulbo del termómetro a los rayos del Sol porque, en este caso, además de la energía a través de calor que recibe del aire recibe la radiación solar y recibe más cuanto mayor sea el bulbo del termómetro, ¿por qué?.

Escalas de temperatura, un poco de historia

William Thomson

El aristócrata escocés **William Thomson** (1824- 1907), conocido también como barón Kelvin, fue uno de los científicos más eminentes del siglo XIX, y proyectó su influencia sobre un gran número de pensadores de su generación. El nombre dado a la unidad de temperatura en el Sistema Internacional, el kelvin, pretende ser un homenaje a la contribución de este destacado científico en el campo de la termodinámica.



Cero Absoluto

El valor llamado cero absoluto de temperaturas (origen de la escala absoluta o Kelvin) equivale a $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Según la teoría física, este valor es inalcanzable para cualquier partícula material, dado que en él las partículas no tendrían ninguna energía cinética interna, alcanzando un estado de quietud total.

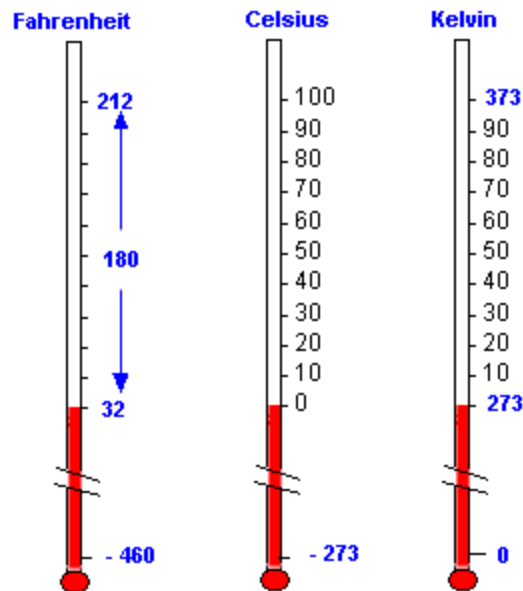
Otras escalas

Además de las tres escalas de temperatura más conocidas (absoluta o Kelvin, Celsius y Fahrenheit), se han propuesto otras de utilidad en determinados campos de la ciencia y la técnica. Entre ellas, sobresalen la escala Rankine ($^{\circ}\text{R}$), preferida en ciertos ámbitos de la ingeniería, que es una escala absoluta cuya división en grados se basa en la Fahrenheit y no en la Celsius; y la escala Réaumur ($^{\circ}\text{Re}$), donde el intervalo se divide en 80 grados y el origen se sitúa en el punto de congelación del agua.

En la temperatura del cero absoluto, como se dijo antes, no hay movimiento y desde él no se puede extraer energía. En ese estado todo el movimiento atómico y molecular se detiene, es la temperatura más baja posible. Todos los objetos tienen una temperatura más alta que el cero absoluto y por lo tanto

emiten energía. El espacio interestelar casi vacío tiene temperatura ligeramente superior al 0 K.

En este esquema comparativo puedes ver las escalas más importantes:



Conversión de valores de temperaturas

La escala Celsius y la escala Kelvin tienen una transformación muy sencilla:

$$K = 273.15 + ^\circ C$$

En la transformación de grados centígrados a grados Fahrenheit debes tener en cuenta que cada grado centígrado vale 1.8 °F (0 - 100 en la escala centígrada equivale a 32 - 212 en la escala Fahrenheit). Por lo tanto debes multiplicar los grados centígrados por 1.8 que equivale a 9/5. Como el cero Celsius corresponde al 32 Fahrenheit, debes sumar 32, así:

$$^\circ F = (9/5)^\circ C + 32$$

Para la transformación inversa se despeja y queda:

$$^\circ C = (5/9) (^\circ F - 32)$$

La temperatura no depende del número de partículas que se mueven sino de su velocidad media: a mayor temperatura mayor velocidad media. No depende por tanto de la masa total del cuerpo: si dividimos un cuerpo con una temperatura T en dos partes desiguales las dos tienen la misma temperatura. Por eso a la temperatura se le llama variable intensiva, porque no depende de la masa del objeto. **Es conveniente que se practique un poco con estos modelos, en cualquier libro de física se encontrarán muchos ejercicios.**

Anders Celsius, otro poco de historia.

(Uppsala, Suecia, 1701-id., 1744) Físico y astrónomo sueco. Profesor de astronomía en la Universidad de Uppsala (1730-1744), Anders Celsius supervisó la construcción del Observatorio de Uppsala, del que fue nombrado director en 1740. En 1733 publicó una colección de 316 observaciones de auroras boreales. En 1736 participó en una expedición a Laponia para medir un arco de meridiano terrestre, lo cual confirmó la teoría de Newton de que la Tierra se achataba en los polos. Celsius es conocido como el inventor de la escala centesimal del termómetro. Aunque este instrumento es un invento muy antiguo, la historia de su gradación es de lo más caprichosa. Durante el siglo XVI era graduado como "frío" colocándolo en una cueva y "caliente" exponiéndolo a los rayos del sol estival o sobre la piel caliente de una persona. Más tarde el francés Réaumur y el alemán Fahrenheit en 1714, lo graduaron basándose en la temperatura del hielo en su punto de fusión y en la del vapor de agua al hervir, pero la escala alemana iba de 32 a 212 grados, mientras que la francesa lo hacía de 0 a 80 grados. Las fotos siguientes son de Celsius y Fahrenheit respectivamente.



En la siguiente actividad experimental, se ha diseñado un dispositivo que contiene un termistor, para ilustrar que hay otras formas de medir la temperatura. En este caso, hay que establecer una relación entre la temperatura y la resistencia eléctrica.

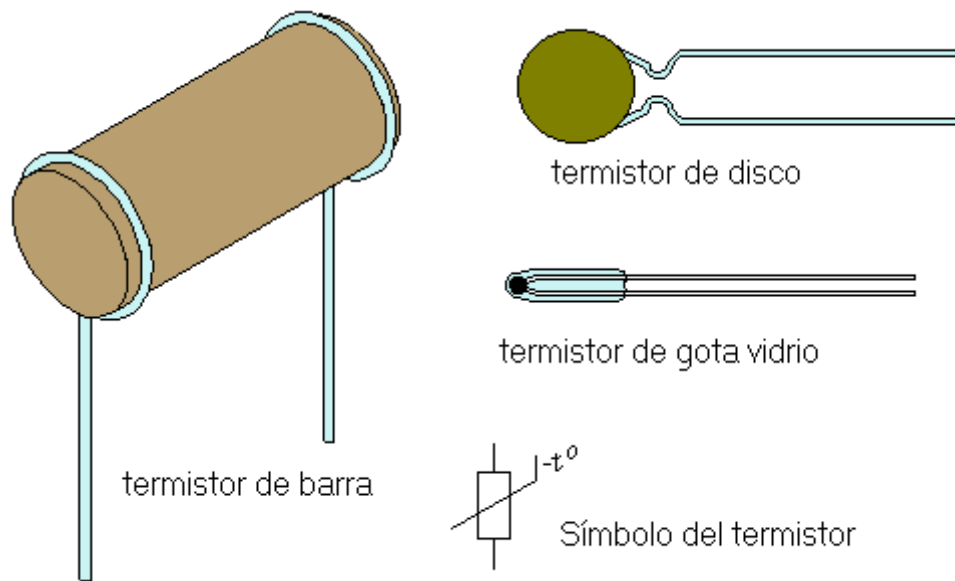
Actividad experimental No. 2

El termistor

Preguntas: ¿Si no se tiene un termómetro, podríamos estimar la temperatura con otro dispositivo? ¿Cuál se les ocurre?

Comentario

Una resistencia que es sensible a la temperatura es lo que se llama un termistor. Hay varios tipos de encapsulado, es decir, que vienen cubiertos con distintos materiales para su protección:



La resistencia de la mayoría de los tipos comunes de termistor disminuye mientras que se eleva la temperatura. Se llaman de coeficiente negativo de temperatura o termistores NTC. Observa el $-t^{\circ}$ al lado del símbolo del circuito. Un termistor NTC típico se hace usando materiales de óxido de metal semiconductor, como el silicio, el germanio, etc. Los semiconductores tienen la característica de ofrecer la mitad de la resistencia entre los conductores y los aislantes. Mientras más se eleva la temperatura, más portadores de carga están disponibles y esto causa la caída del valor de la resistencia.

Aunque es menos utilizado, es posible fabricar termistores de temperatura de coeficiente positivo o PTC. Éstos se hacen de diversos materiales y muestran un aumento de resistencia que varía con temperatura.

Con el dispositivo que se muestra en la figura, un termómetro, un multímetro, hielo, agua, papel milimétrico y cables conexión, establece una relación que te permita estimar la temperatura de algún objeto, sólido o líquido, sabiendo sólo la resistencia eléctrica.

Aplicaciones de los termistores

Los termistores se utilizan en lugares en los que puede que ni te imagines. Se utilizan extensivamente en coches, por ejemplo en:

- La inyección electrónica de combustible, en la cual la entrada de aire, la mezcla aire/combustible y las temperaturas del agua que le enfría, se supervisan para ayudar a determinar la concentración del combustible para la inyección óptima.
- Los controles de temperatura del aire acondicionado y de asientos en vehículos.
- Los indicadores de alertas, tales como temperaturas de aceite y de líquido, nivel de aceite y turbo-cargador.
- El control del motor del ventilador, basado en la temperatura del agua que se enfría.
- El sensor de escarcha, para la medida de la temperatura exterior.
- Los sistemas acústicos para estimar la intensidad del sonido.

Además, se utilizan para medir las temperaturas superficiales y profundas del mar para ayudar a supervisar corrientes del océano en el efecto el Niño. Obviamente, los termistores se utilizan para medir flujo de aire, por ejemplo en la supervisión de la respiración en bebés prematuros, entre otras aplicaciones.

Es importante recalcar que en el laboratorio el alumno logra el máximo de participación, y el profesor se convierte en su guía. La ayuda del profesor debe ser la mínima necesaria para que el alumno se inicie, y vaya pensando en lo que puede hacer y el significado de lo que hace en cada momento de la experiencia. El estudiante debe percibir la práctica como un pequeño trabajo de investigación, por lo que una vez terminada se deben elaborar informes que deberán entregar para su evaluación en los que se debe especificar:

- Título.
- Autor o autores.
- Objetivos, o resumen de la práctica.
- Descripción.

- Fundamentos físicos.
- Medidas tomadas.
- Tratamiento de los datos y resultados.
- Discusión y conclusiones.

La siguiente actividad tiene la importancia de entrar a las mezclas y al equilibrio térmico. Además de entrar al concepto de calor y diferenciarlo de la temperatura. Es importante hacer la invitación para que inicien la lectura de apoyo de este tema.

Actividad experimental No. 3

¿Qué onda con el calor y las mezclas?

Preguntas: ¿Quién tendrá una temperatura más alta, 100 ml de alcohol o 100 ml de agua, si los dos han estado un buen tiempo en el mismo lugar?

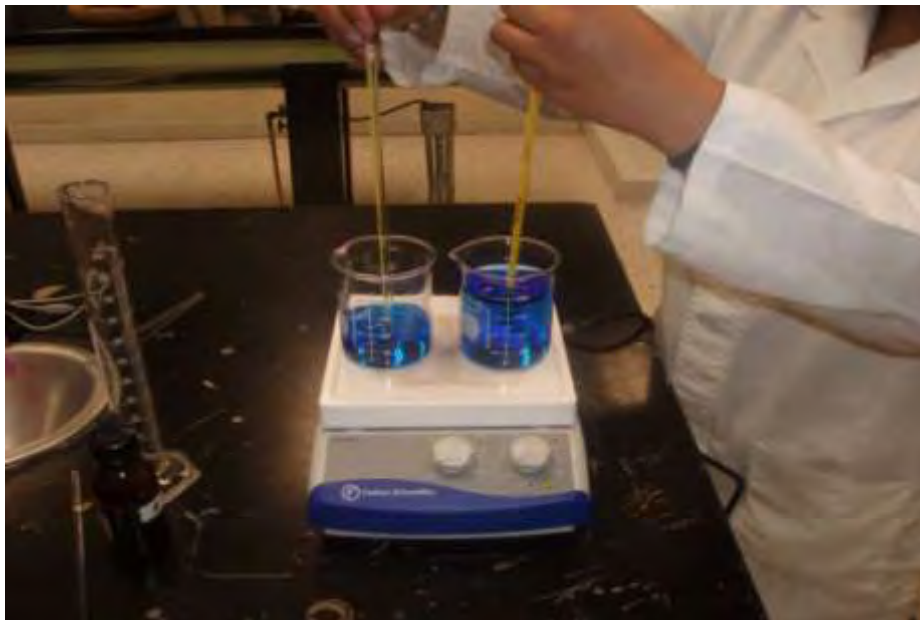
Si introduces un dedo en cada uno de los líquidos anteriores, ¿cuál sentirás más caliente? ¿Por qué?

Realiza las actividades necesarias para verificar si tus hipótesis son verdaderas.

Calienta ahora los 100 ml de agua y los 100 ml de alcohol con una parrilla eléctrica, hasta que ambos alcancen 50°C aproximadamente, retira los vasos de la parrilla inmediatamente e introduce un dedo en cada uno de los vasos. ¿Cuál sientes más caliente? ¿Por qué? ¿Cuál de ellos llegó más rápido a la temperatura deseada? ¿Por qué?



Ahora coloca 100 ml de agua en un vaso de precipitados de 250 ml y 200 ml en otro, ¿cuál de los dos está más caliente? Ponlos a calentar en la parrilla al mismo tiempo sin que se toquen y registra la temperatura de cada uno de ellos cada medio minuto. Construye una tabla de datos.



Tiempo (min)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Temp. 100 ml											
Temp. 200 ml											

¿Si mezclas los dos vasos en otro de 600 ml, a qué temperatura llegara la mezcla? ¿Por qué? Verifica tu predicción.

Si mezclas 100 ml de agua a 60⁰C con otros 100 ml a la misma temperatura, ¿cuál será la temperatura final de la mezcla? ¿Por qué? Verifica tu predicción.

Si mezclas iguales cantidades de agua pero a diferentes temperaturas, ¿cuál será la temperatura final de la mezcla? ¿Por qué? Verifica tu predicción.

Si calientas la misma cantidad de diferentes sustancias, con la misma fuente de energía, ¿todas aumentarán su temperatura de manera similar?, es decir, ¿llegarán por ejemplo, a 50⁰C al mismo tiempo? ¿Por qué? Verifica tus predicciones.

Elaboren conclusiones y su reporte de las actividades. Inicien la lectura titulada: —La temperatura, el calor y la dilatación”. Comiencen también a contestar las preguntas de repaso relacionadas.

Es importante mostrar aquí un dispositivo que ilustre la ley cero de la termodinámica, como el que se muestra en la siguiente fotografía, definir dicha ley y concluir que ésta define el concepto de temperatura, además de profundizar en el concepto de equilibrio térmico. El dispositivo es una caja de unicel forrada de madera y en el interior tiene tres espacios que hacen la función de los sistemas A, B y C, divididos por paredes, una adiabática entendida como aquella que no permite intercambio de energía y otra diatérmica que sí permite el intercambio de energía, las cuales van a estar en contacto térmico. Hay un foco que se enciende y se mide la temperatura después de cierto tiempo, observándose que la temperatura es aproximadamente la misma.



La ley cero puede ser definida como sigue⁷:

“Si dos sistemas A y B están en equilibrio térmico con un tercer sistema C, estarán en equilibrio térmico entre sí”

Después de cada actividad hay que consolidar aprendizajes y sugerir continuar con la lectura de apoyo de este tema.

Actividad experimental No. 4

Construcción de un calorímetro y el cálculo de su capacidad térmica

Comentario

Un calorímetro es un dispositivo que se usa para tener bajo control sustancias aisladas de las temperaturas externas y hacer que las transferencias de energía hacia el ambiente sean menores.

El calorímetro consiste de un recipiente metálico delgado, generalmente de aluminio sostenido en su parte central y colocado dentro de una camisa externa soportado por medio de otro material no conductor. De esta manera la transferencia de energía, como lo reforzarás en el siguiente capítulo, se minimiza de tres maneras:

⁷ Halliday, D., et al. Física, vol 1, 5ª. Ed. CECSA. México, 2007.

- 1.- Se evitan transferencias de energía por conducción.
- 2.- El espacio cerrado entre las paredes del recipiente previene la transferencia de energía por corrientes de aire, y
- 3.- El recipiente de metal muy bien pulido reduce la transferencia de energía por radiación.

El calorímetro se usa comúnmente para determinar la capacidad térmica específica o calor específico de diversas sustancias conociendo la del agua.

Pregunta.- De acuerdo con lo que leíste sobre el calorímetro, ¿cómo se te ocurre construir uno con material de bajo costo y uso común?

Una buena opción que seguramente te dará resultados aceptables, es usando el "Uicel". Puedes utilizar un vaso de ese material de un litro de capacidad y proveerle una tapa ajustada. En su interior puedes colocar otro recipiente de plástico o de lata y llenar con algodón el espacio entre los dos. Haz en la tapa dos orificios; introduce en uno de ellos un alambre con la punta encorvada que hará la función de agitador, y en el otro, un termómetro común de mercurio. De esta manera, el calorímetro estará listo para ser utilizado.



Con este dispositivo podrás estimar, con buenos resultados, la capacidad térmica específica de un sólido o un líquido cualquiera, pero antes debes determinar primero la capacidad térmica de este calorímetro. Para esto, coloca en su interior 100 ml de agua a una temperatura más baja que la del medio ambiente. Espera un cierto tiempo hasta que llegue el equilibrio térmico,

notarás que hay un espacio de tiempo en que la temperatura permanece constante. Anota esa temperatura. Enseguida agrega otros 100 ml de agua caliente, digamos a 50°C.

Cierra rápidamente el dispositivo y espera a que se vuelva a establecer el equilibrio térmico, anota también esa temperatura.

La capacidad de una sustancia para ceder o absorber energía entre los límites de ciertas temperaturas es, su **capacidad térmica específica**, es decir, el número de calorías o joules requeridos para que un gramo de dicha sustancia aumente o disminuya su temperatura en un grado centígrado.

Por lo que has leído en tu lectura de apoyo, el agua es una de las sustancias en el planeta que más capacidad térmica tiene, es decir, el agua tarda más tiempo en calentarse o enfriarse. El valor de la capacidad térmica específica del agua aceptado hasta ahora es de 1 cal/g°C o de 4.186 j/g°C, lo cual significa que 1 cal = 4.186 j, y además que el agua puede absorber o ceder una caloría de energía por cada gramo de sustancia y por cada grado Celsius que aumente o disminuya su temperatura. La capacidad térmica C es la cantidad de energía que un material absorbe o libera cuando su temperatura varía, es decir, $Q = C \Delta T$.

Con los datos que tienes, las masas del agua, las temperaturas, tanto iniciales como finales, y utilizando la conservación de la energía, es decir, **energía interna cedida por el agua caliente = energía interna absorbida por el agua fría y por el calorímetro**, calcula la capacidad térmica del calorímetro usando la relación: $-mc (T_f - T_i)_{\text{agua caliente}} = mc (T_f - T_i)_{\text{agua fría}} + C (T_f - T_i)_{\text{calorímetro}}$

De donde tendrás que calcular **C**, que es la capacidad térmica de tu calorímetro. Las masas del agua se representan por **m** y el signo menos significa solamente que el agua caliente es la que cede energía a lo demás.

Consulta las dudas con tu profesor.

Con el resultado obtenido y siguiendo el mismo proceso, determina la capacidad térmica específica de algún metal o de algún líquido, como se sugiere a continuación.

Actividad experimental No. 5

Determinación de la capacidad térmica específica de un metal

Pregunta.- ¿Cómo determinarías la cantidad de energía que una sustancia puede absorber o ceder?

Procedimiento

Mide la masa del metal que tengan o decidan utilizar en el equipo de trabajo, éste debe caber bien en el calorímetro, y agrégalo al calorímetro, espera a que haya un equilibrio térmico y mide esa temperatura inicial. Calienta 100 ml de agua hasta unos 80 grados, ésta debe cubrir bien al metal y vacíalos inmediatamente al calorímetro, espera el equilibrio térmico y registra la temperatura final.

Con tales datos calcula la capacidad térmica específica del metal, tal y como lo hiciste en el experimento anterior, es decir,

$$-mc (T_f - T_i)_{\text{agua caliente}} = mc (T_f - T_i)_{\text{metal}} + C(T_f - T_i)_{\text{calorímetro}}$$

Encuentra la c del metal y compárala con alguna tabla de calores específicos de algún libro, ¿qué concluyes? Consulta las dudas con tu profesor y analicen las diferencias obtenidas.

Durante la realización de estas actividades es importante hacer ver que el proceso seguido anteriormente es una forma de utilizar la conservación de la energía, cuyo concepto debe exponerse a los estudiantes como sigue:

En la formación del concepto de energía, como en cualquier concepto, se deben tomar en cuenta aquellos atributos que le son característicos, en especial los siguientes:

- La energía es una propiedad de los sistemas que se pone de manifiesto en las transformaciones.
- Esta propiedad puede transmitirse o transferirse de un sistema a otro.

- La propiedad llamada energía puede manifestarse de manera diferente; son los distintos tipos de energía: cinética, potencial, eléctrica, química, etc., siendo convertibles unos en otros.
- La energía se degrada en los procesos de transformación, de manera que existen unas formas que permiten un número mayor de transformaciones que otras.
- La cantidad total de energía se conserva, aunque a veces, dado el proceso de degradación, el efecto práctico es como si se hubiese perdido parte de la energía.

Tomando en cuenta los atributos anteriores, la energía puede definirse como sigue:

“La energía es una propiedad de todo cuerpo o sistema material en virtud de la cual éste puede transformarse, modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros originando en ellos procesos de transformación”.

Esta definición podría completarse con algunos otros atributos del concepto, y este tomaría sentido cuando el alumno lo use en las diversas situaciones que se van a tratar.

Hay que recomendar la continuación de la lectura y que sigan resolviendo los ejercicios propuestos al final.

La siguiente actividad tiene la finalidad de consolidar los aprendizajes y vincularlos todavía más con la vida real al resolver la siguiente situación.

Actividad experimental No. 6

¿Anticongelante o refrigerante?

Preguntas.- ¿Qué líquido tiene menor capacidad térmica específica: el agua pura o el llamado anticongelante para automóviles? ¿Cuál es el papel del anticongelante en un automóvil?

Como sabes, el agua tiene una capacidad térmica específica mayor que la de casi todos los materiales que existen en el planeta. Esta propiedad hace que el agua sea un refrigerante excelente, por eso se usa en los radiadores de los automóviles para evitar que el motor se sobrecaliente. Pero existe una desventaja, el agua se congela a 0°C y, lo que es peor, se expande al congelarse. Esta expansión puede romper el bloque del motor del automóvil o fracturar el radiador. Para evitar tal problema, hoy en día se usa el llamado anticongelante.



Pero, ¿qué efecto tiene el llamado anticongelante en los automóviles? **Comienza por determinar su capacidad térmica específica.**

Para determinar la capacidad térmica específica del anticongelante simplemente medirás la cantidad de energía que absorbe y el correspondiente cambio de temperatura. Para suministrar la energía usa un calentador eléctrico de inmersión o un resistor eléctrico para cafetera, y con ésta última construye tu calentador con una jarra de plástico como se ve en la fotografía.



Estos calentadores eléctricos están constituidos por una pequeña espiral de alambre de nicromel y son muy eficientes, porque, a diferencia de una parrilla eléctrica o un mechero, transfiere toda su energía al material que se está

calentando. La energía transferida por estos calentadores es la misma, independientemente de que el líquido sea agua pura o un anticongelante.

Calienta 500g de agua durante 3 minutos, anotando la temperatura inicial y la final. Determina la cantidad de energía transferida por el calentador.

Precaución: Conecta y desconecta tu calentador solamente cuando el elemento calefactor está sumergido en el líquido. Si lo haces funcionar en el aire, se destruirá de inmediato. Además, al manipular el anticongelante procura que no tenga contacto con la piel, si es así, lávate con abundante agua y jabón, obviamente es muy peligroso si se ingiere. Es muy importante usar bata.

Calienta ahora, 500g de anticongelante durante el mismo tiempo, es decir, 3 minutos. Anota las temperaturas inicial y final. Con estos datos, calcula la capacidad térmica específica del anticongelante. Recuerda que ya tienes la energía que tu calentador transfiere en determinado tiempo.

¿Qué resultados obtienes? ¿Qué líquido tiene menor capacidad térmica específica: el agua o el anticongelante? ¿Qué podría calentarse de 25°C a 50°C más rápidamente con la misma tasa de aporte de energía: agua pura o el anticongelante?

De acuerdo al resultado obtenido, has descubierto que la capacidad térmica específica del anticongelante es menor que la del agua. Esto sugiere que el anticongelante es un refrigerante menos eficaz que el agua pura. Entonces, ¿por qué se sigue usando el anticongelante?

Para responder a esa pregunta, necesitas entender el papel del refrigerante en un automóvil. El refrigerante extrae energía a través de calor del bloque del motor y la hace circular hacia el radiador, donde se disipa hacia la atmósfera. Luego el refrigerante se recicla de nuevo hacia el motor.

La temperatura del refrigerante aumenta a medida que absorbe energía del motor, pero si alcanza el punto de ebullición el líquido se derrama. Esto implica

que el refrigerante solo es efectivo a temperaturas por debajo del punto de ebullición. Si el refrigerante es agua pura a la presión de una atmósfera, la temperatura es de 100°C . Con la tapa del radiador tanto la presión como el punto de ebullición son más altos. ¿Sería posible entonces que el anticongelante tuviera un punto de ebullición más alto que el agua pura? Si es así, esto minimiza la probabilidad de que hierva y se derrame cuando el motor trabaja en exceso.

Realiza el experimento para averiguarlo, es decir, calienta una muestra suficiente de anticongelante con tu calentador eléctrico hasta que hierva, y mide su temperatura. ¿Qué resultado obtienes? ¿Hierve a más temperatura que el agua?

Preguntas para el análisis

¿Qué efecto tiene el punto de ebullición del anticongelante sobre la capacidad para comportarse como refrigerante?

¿Sería apropiado llamar al anticongelante, mejor —“~~ant~~ebullente”, en lugares donde la temperatura nunca baja más allá del punto de congelación como aquí en la ciudad de México?

Averigua si el anticongelante se congela a 0°C o a menos temperatura, puedes introducir una cantidad de anticongelante al congelador del refrigerador del laboratorio o en el de tu casa y revisar después de unas horas.

Elabora conclusiones y haz un reporte de la actividad experimental.

No debe olvidarse la recomendación de que la lectura de apoyo debe realizarse de manera paralela, lo mismo que responder las preguntas de repaso relacionadas con las actividades desarrolladas.

La siguiente actividad experimental tiene gran importancia, dado que se refiere al concepto de potencia, que tiene tanto significado en la vida diaria. Por lo extensa puede distribuirse en dos sesiones según se crea conveniente.

Actividad experimental No 7

Tipos de calentadores y el concepto de potencia

Preguntas.- Cuando algún combustible como alcohol, gasolina, etc., entra en combustión, ¿se transforma energía? ¿Cómo podríamos estimar aproximadamente la energía transformada o transferida? ¿Podrías calentar agua con un foco?

Vierte 50 ml de alcohol en una lata de atún y calienta con la combustión del alcohol que le cabe a una corcholata de refresco; mide la temperatura cuando todo el alcohol se haya consumido y estima la energía transformada. Realiza lo mismo con gasolina y determina cuál combustible es más eficiente.

Cuando se “quema” algún combustible hay un proceso de transformación de energía debida a la combustión, la cual puede calcularse aproximadamente con la relación $Q = mc \Delta T$. Debe suponerse que toda la energía se transforma en energía interna del agua, es decir, no se transfiere al ambiente por ejemplo.

Podemos asumir que iguales incrementos de temperatura en iguales cantidades de agua requieren cantidades iguales de energía.

Calienta ahora dos cantidades iguales de agua, en dos latas de atún, en la foto se aprecia cómo son los dispositivos mencionados. Una lata con una ficha de alcohol y la otra con dos fichas pero con la misma cantidad de combustible, es decir, lo que le cabe a una ficha repartida en dos. Mide la temperatura que alcanza cada lata y determina en qué tipo de calentador se transformó más rápido el alcohol.



En ambos casos la transferencia de energía se realiza a través de calor y se transforma en energía interna del agua. La rapidez de transmisión de energía es una variable importante en nuestra vida diaria, es decir, el tiempo en que se transforma energía es esencial para valorar la eficiencia de combustibles o aparatos de uso común.

La potencia es la energía transformada o transmitida en la unidad de tiempo, sus unidades de medición son los Joules/segundo llamados watts. Así, un watt significa un joule de energía transformada en un segundo. Por ejemplo, un foco o bombilla de 100 watts, —consume” 100 joules de energía cada segundo que esté encendido, y así podemos analizar los diferentes aparatos de uso común en nuestras casas. Un horno de microondas y las planchas eléctricas son los aparatos que más transforman energía eléctrica en otras formas como calor y otras. Matemáticamente:

$$P = E/t$$

La siguiente actividad ilustra que sí es posible calentar agua con un foco, y además ayudará a desarrollar habilidades para combinar relaciones que tienen que ver con las transformaciones de la energía.

Con un calentador eléctrico de foco como el de la fotografía, determina la potencia desconocida del foco que es utilizado para calentar determinada cantidad de agua en cierto tiempo.



Algunas sugerencias para realizar la actividad son las siguientes:

- Con una probeta u otro material mide la cantidad de agua que vas a depositar en el calentador eléctrico. **Verifica que ésta cubre totalmente el foco sin que toque el socket (que se cubra sólo $\frac{3}{4}$ del foco)**. Con este volumen determina la masa de agua. Recuerda que para este líquido aproximadamente, 1 ml tiene la masa de 1 gr.
- Deposita una pequeña cantidad de tinta china negra lo suficiente para ennegrecer el agua. ¿Para qué?
- Toma la temperatura inicial del agua.
- Cierra el calentador eléctrico y conéctalo midiendo el tiempo simultáneamente con un cronómetro.
- Durante el proceso mueve el calentador varias veces para que se homogenice la temperatura.
- Toma la temperatura final del agua después de 15 minutos.

Con los datos que obtuviste y con el siguiente modelo matemático encuentra la energía transmitida por el foco al agua.

$$Q = mc (T_f - T_i)$$

Con el tiempo que empleaste al calentar el agua calcula la potencia del foco.

$$P = Q/t$$

Compara el valor obtenido experimentalmente con la potencia del fabricante, la cual sabe tu profesor. Es importante tener en cuenta que los focos comunes

transforman la energía eléctrica en sólo el 5% para iluminar y el 95% en calor. Si no coinciden los valores, explica a qué piensas que se deba la diferencia.

Antes de finalizar el tema, es importante retomar la dilatación mostrando un dispositivo utilizado en diversos aparatos, sobre todo, en cafeteras eléctricas llamado termostato, el cual, contiene una tira bimetalica que al dilatarse un metal más que el otro se aprovecha para conectar y desconectar eléctricamente cafeteras y otros aparatos.

El que puede mostrarse es el de la fotografía, o algún otro, por ejemplo el que tiene un pequeño alambre de platino que al pasar corriente eléctrica por él se dilata y cierra un circuito que hace que un pequeño foco se encienda y se apague.



Un experimento sencillo que puede realizarse también de manera demostrativa, es el que se muestra en la siguiente fotografía:



Se puede apreciar la dilatación lineal de un alambre por medio del giro de una aguja indicadora que se encuentra apoyada sobre él.

IV Lectura de apoyo⁸

La temperatura, el calor y la dilatación

INTRODUCCIÓN

Como recordarás, toda la materia (sólida, líquida, gaseosa y plasma) se compone de átomos o moléculas que se agitan continuamente. En virtud de esta agitación aleatoria, los átomos y las moléculas de la materia tienen energía cinética. La energía cinética promedio de cada uno de estos átomos y moléculas causa un efecto que podemos percibir: **lo caliente**. Siempre que un objeto se calienta aumenta la energía cinética de sus átomos o moléculas.

Es fácil incrementar la energía cinética de la materia. Puedes calentar una moneda golpeándola con un martillo, pues tan solo un golpe hará que las moléculas que componen el material de la moneda se agiten más aprisa y por tanto su energía interna se incremente. Si aplicas una llama a un líquido, éste también se calentará por la misma razón que la moneda. Si comprimes rápidamente el aire que está dentro de una bomba manual para inflar llantas, el aire se calienta. Cuando los átomos o moléculas de la materia se mueven más aprisa, la materia aumenta su energía interna. Sus átomos o moléculas tienen más energía cinética. En aras de la brevedad, en esta lectura diremos simplemente moléculas en lugar de decir *átomos* y *moléculas*, aunque estaremos hablando de ambas cosas. Así pues, cuando te calientas junto al fuego en una fría noche de invierno estás incrementando la energía cinética de tu cuerpo.

La cantidad que nos dice qué tan caliente y qué tan frío está un objeto en comparación con una referencia, es la temperatura. Expresamos la temperatura por medio de un número que corresponde a una marca en la escala graduada. Casi toda la materia se expande, es decir, aumenta su volumen, cuando su temperatura aumenta y se contrae o reduce su volumen cuando la misma disminuye. Un termómetro ordinario por

⁸ Hewitt, P., Física Conceptual. 3a. Edición, Pearson Addison Wesley Longman. México, 1999.



ejemplo, mide la temperatura mostrando la expansión y la contracción de un líquido, por lo común mercurio o alcohol coloreado que se encuentra en un tubo de vidrio provisto de una escala.

La escala de temperatura de uso más extendido en el mundo es la escala internacional, se asigna el número 0 a la temperatura a la cual el agua se congela, y el número 100 a la temperatura a la cual el agua hierve (a la presión de una atmósfera). El intervalo entre el punto de congelación y el de ebullición se divide en 100 partes iguales llamadas *grados*. Esta escala de temperatura es la escala Celsius.⁹ En la escala de temperatura que es de uso común en Estados Unidos el número 32 designa la temperatura de congelación del agua, y se asigna el número 212 a la temperatura de ebullición del agua. Esta escala de temperatura se conoce como escala Fahrenheit pero resultará obsoleta si Estados Unidos adopta el sistema métrico.

La escala que se emplea en la investigación científica es la del SI: la escala Kelvin. Sus grados son del mismo tamaño que los grados Celsius y se llaman —kelvin—. En la escala Kelvin el número 0 se asigna a la temperatura más baja posible que puede existir: esta es el cero absoluto. A la temperatura del cero absoluto las sustancias ya no tienen energía cinética que ceder, es decir, sus moléculas ya no tienen movimiento, están paralizadas. El cero de la escala Kelvin, o cero absoluto, corresponde a -273° en la escala Celsius. Existen fórmulas aritméticas para hacer conversiones de una escala de temperatura a otra, y es frecuente su uso durante los exámenes en clase. Este tipo de ejercicios aritméticos no son realmente física, sin embargo, con que realices sólo algunos será suficiente. Además, podemos pasar de la escala Celsius a Fahrenheit, o viceversa, con cierta aproximación, simplemente leyendo la temperatura correspondiente en las escalas que viste en la práctica 1.

⁹ La escala Celsius se llama así en honor de la persona que la sugirió por primera vez, como lo leíste en la práctica 1, el astrónomo sueco Anders Celsius (1701-1744). Solía llamársele escala centígrada, palabra que proviene de centi (—centésimo—) y gradus (—grado—). La escala Fahrenheit se llama así en honor del físico alemán Gabriel Fahrenheit (1686-1736), y la escala Kelvin en honor del físico británico Lord Kelvin (1824-1907).

TEMPERATURA Y ENERGÍA CINÉTICA

La temperatura se asocia con los movimientos aleatorios de las moléculas de una sustancia. En el caso más sencillo de un gas ideal, la temperatura es proporcional a la energía cinética promedio debida al movimiento de traslación de las moléculas (esto es, el movimiento que se da a lo largo de trayectorias rectas o curvas). La temperatura es más complicada en los sólidos y en los líquidos, cuyas moléculas tienen menos libertad de movimiento que los gases y poseen energía potencial. Pero no deja de ser cierto que la temperatura guarda una relación estrecha con la energía cinética promedio del movimiento de traslación de las moléculas. Así pues, el calor que sientes cuando tocas una superficie caliente sea cual sea, es la energía cinética que transfieren las moléculas de la superficie que se trate a las moléculas de tus dedos.

Ten en cuenta que la temperatura **no** es una medida de la energía cinética **total** de las moléculas de una sustancia. Hay dos veces más energía cinética en dos litros de agua hirviente que en un litro, pero la temperatura de ambos litros de agua es la misma porque la energía cinética promedio de las moléculas es la misma en cada caso.



Hay más energía cinética molecular en la cubeta de agua tibia que en la pequeña taza de agua que está a una temperatura mayor.



Experimentaste la física

¿Pudiste confiar en tus sentidos?

Colocaste un poco de agua caliente, de agua tibia y de agua fría en tres recipientes abiertos. Introdujiste un dedo en el agua caliente y un dedo de la otra mano en el agua fría. Unos segundos más tarde, introdujiste ambos dedos en el agua tibia ¿Qué sentiste? ¿Qué dirías ahora sobre lo que percibe la piel

de las manos, la temperatura o la pérdida o ganancia de energía? ¿Es valioso o no utilizar un termómetro?



EL CALOR

Si tocas una taza que contenga alguna sustancia caliente con tu mano, por el hecho de estar más caliente pasará más energía de ella a tu mano. Pero si tocas un trozo de hielo tu mano cederá más energía al hielo, por estar más frío. El sentido de la transferencia espontánea de energía es siempre de la sustancia más caliente a la más fría. **La energía que se transfiere de un objeto a otro debido a una diferencia de temperatura entre ambos es lo que se llama calor.**



La taza de café caliente cede energía a tu mano al estar más caliente y tu mano la cede al hielo por estar este último más frío.

Es común pensar que la materia *contiene* calor (aunque esto resulta erróneo para los físicos). La materia contiene energía en diversas formas pero no contiene calor. El calor es la energía en tránsito de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Una vez transferida la energía deja

de ser calor.¹⁰ Cuando fluye energía entre dos objetos o sustancias que están en contacto, se dice que los objetos o sustancias están en contacto térmico. Si existe contacto térmico, la energía fluye de la sustancia de mayor temperatura a la sustancia cuya temperatura es más baja. Sin embargo, el calor no fluye necesariamente de una sustancia con más energía cinética molecular total a una sustancia con menos energía cinética molecular total. Por ejemplo, hay más energía cinética molecular total en un tazón grande de agua tibia que en una tachuela al rojo vivo. Pero si sumergimos la tachuela en el agua, el calor no fluye del agua, la cual tiene más energía cinética total, a la tachuela, que tiene menos, sino que fluye de la tachuela caliente al agua tibia. El calor fluye de acuerdo con las diferencias de temperatura, esto es, las diferencias de energía cinética molecular promedio. El calor nunca fluye por sí solo de una sustancia más fría a una más caliente así como el agua no fluye de un nivel más bajo a otro más alto por sí sola como se muestra en la figura.



Así como el agua no fluye cuesta arriba por sí sola, no importa cuáles sean las cantidades relativas de agua en los depósitos, el calor no fluye por cuenta propia de una sustancia más fría a una más caliente sino de una sustancia caliente a una fría como en el caso de una taza de agua caliente a la que se agrega un hielo.

ENLACES CON LA TECNOLOGIA

HORMIGAS DEL DESIERTO

¹⁰ Análogamente, también el trabajo es energía en tránsito. Un cuerpo no contiene trabajo, sino que realiza trabajo o se realiza trabajo sobre él.

Las temperaturas en la superficie de algunos desiertos de África y de Asia Central alcanzan los 60°C (140 °F). Esta temperatura es muy alta, pero no lo es en demasía para una especie de hormiga (*Cataglyphis*) que prolifera en estas ardientes condiciones. Estas hormigas del desierto pueden ir en busca de alimento a temperaturas que son demasiado elevadas para los reptiles que se alimentan de ellas. Estas resistentes hormigas son capaces de soportar temperaturas más altas que cualquier otra criatura del desierto, y barren la superficie del desierto en busca de los cadáveres de quienes no encontraron cobijo a tiempo



. Estas hormigas tocan la arena lo menos posible, y suelen saltar sobre cuatro patas mientras mantienen las otras dos en el aire. Aunque durante su búsqueda de alimento describen trayectorias en zig zag sobre el suelo del desierto; sus trayectorias de regreso son líneas casi rectas hacia sus nidos. Estos insectos alcanzan velocidades de 100 longitudes corporales por segundo. Durante su vida de seis días en promedio, la mayoría de estas hormigas recoge de 15 a 20 veces su peso en alimento.

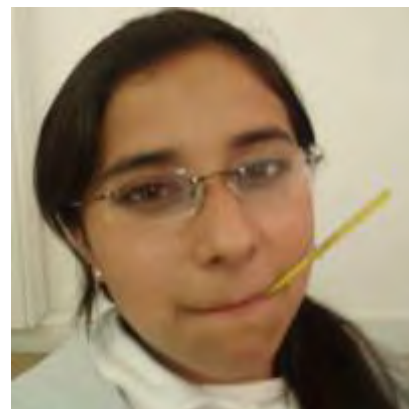
EL EQUILIBRIO TÉRMICO

Cuando los objetos que están en contacto térmico alcanzan la misma temperatura, ya no fluye calor entre ellos y decimos que los objetos están en equilibrio térmico de forma similar al agua de los tubos que busca un nivel común como en la figura.



De forma parecida al agua de los tubos que busca un nivel común (en el cual las presiones son iguales a una misma elevación), el termómetro y sus alrededores inmediatos alcanzan una temperatura común (a la cual la energía cinética promedio por partícula es igual para ambos).

Para leer un termómetro esperamos hasta que alcanza el equilibrio térmico con la sustancia cuya temperatura mide. Cuando un termómetro está en contacto con una sustancia fluye calor entre ellas hasta que alcanzan la misma temperatura. Sabemos entonces que la temperatura del termómetro es también la temperatura de la sustancia. De modo que, curiosamente, un termómetro muestra sólo su propia temperatura.



El termómetro nos proporciona información sobre nuestra temperatura corporal midiendo curiosamente su propia temperatura.

Un termómetro debe ser lo bastante pequeño para que no altere de manera apreciable la temperatura de la sustancia en cuestión. Si mides la temperatura del aire de una habitación, entonces la energía que el termómetro absorbe no reducirá la temperatura del aire de manera apreciable. En cambio, si intentas medir la temperatura de una gota de agua, la temperatura de la gota después del contacto térmico puede ser muy diferente de su temperatura inicial.

LA ENERGÍA INTERNA

Además de la energía cinética de traslación de las moléculas que se agitan, una sustancia contiene energía en otras formas. Hay energía cinética de rotación de las moléculas y energía cinética debida a los movimientos internos de los átomos dentro de las moléculas. Hay también energía potencial debida a las fuerzas que se ejercen entre las moléculas. **El gran total de todas las energías que una sustancia contiene se conoce como energía interna. Las sustancias no contienen calor, sino energía interna.**

Cuando una sustancia absorbe o desprende energía puede cambiar cualquiera de estas energías. Así, cuando una sustancia absorbe energía, a través de calor, esta energía puede hacer o no que las moléculas se agiten más aprisa. En ciertos casos, como en la fusión del hielo, la sustancia absorbe calor sin que la temperatura aumente.

LA MEDICIÓN DEL CALOR

Vemos pues que el calor es un proceso de transferencia de energía que se transfiere de una sustancia a otra en virtud de una diferencia de temperatura. Se puede determinar la cantidad de calor que se transfiere midiendo el cambio de temperatura de una masa de agua conocida que absorbe el calor. Cuando una sustancia absorbe energía, el cambio de temperatura que produce no depende sólo de la masa de la sustancia. La cantidad de calor que hace hervir un tazón de sopa quizá eleve la temperatura de un cazo de ésta misma en unos cuantos grados. Para cuantificar el calor debemos especificar la masa y el tipo de sustancia afectada por el cambio.



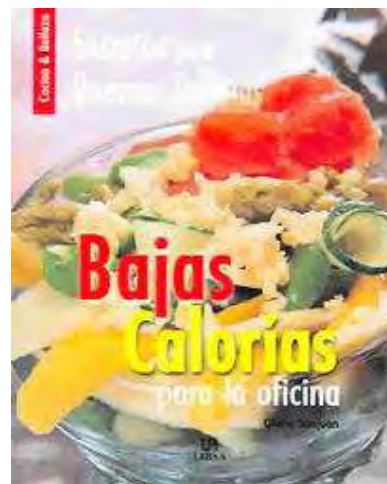
Aunque se adiciona la misma cantidad de calor a ambos recipientes, la temperatura del recipiente que contiene menos agua aumenta más.

La unidad de calor se define como el calor necesario para producir cierto cambio especial de temperatura, previamente acordado, en una masa específica del material. La unidad de energía de uso más común es la caloría, la cual se define como la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua en 1°C .

La kilocaloría es igual a 1000 calorías (el calor necesario para elevar la temperatura de 1 kilogramo de agua en 1°C). La unidad de calor que se usa para indicar el valor energético de los alimentos es en realidad la kilocaloría, aunque se le suele llamar Caloría. Para distinguirla de la caloría más pequeña, la unidad que se usa para los alimentos se designa a veces como Caloría (con C mayúscula) como en la revista de la figura.

La reducción de calorías es el centro de atención de muchas revistas.

Es importante recordar que la caloría y la Caloría son unidades de energía. Estos nombres son residuos históricos de la antigua idea según la cual el calor era un fluido invisible llamado *calórico*. Hoy sabemos que el calor es un proceso de transferencia de energía. En algunos países, incluido México, atravesamos por un periodo de



transición para adoptar el Sistema Internacional de Unidades (SI) en el cual la cantidad de energía se mide en joules, la unidad SI para todas las normas de energía. La relación entre calorías y joules es $1 \text{ caloría} = 4.184 \text{ J}$.

En este tema estudiaremos el calor con base en la caloría, que es conceptualmente más simple, pero en el laboratorio emplearás probablemente el equivalente en joules (una aportación de 4.184 joules eleva la temperatura de 1 gramo de agua en 1°C).¹¹El valor energético de los alimentos se determina quemando el alimento y midiendo la energía que se desprende en forma de calor. Los alimentos y otros combustibles se clasifican con base en la cantidad de energía que una cierta masa del combustible desprende en forma de calor cuando se quema.



Para una persona que cuida su peso, el cacahuete contiene 10 Calorías; para un físico, libera 10 000 calorías (o 41 840 joules) de energía cuando se quema o se digiere.

³ Otra unidad de calor es la unidad térmica británica (Btu; del inglés *British thermal unit*. La Btu se define como la cantidad de calor necesaria para cambiar la temperatura de 1 libra de agua en 1°F Una Btu es igual a 1054 J.

EJEMPLO DE CÁLCULO: ANÁLISIS DIMENSIONAL.

Una mujer que sigue una dieta promedio consume y gasta alrededor de 2000 Calorías por día. La energía que consume su organismo se desprende en último término en forma de calor. ¿Cuántos joules por segundo emite su cuerpo? En otras palabras, ¿cuál es la potencia térmica promedio que desarrolla?

Podemos determinar esta potencia convirtiendo 2000 Calorías por día a joules por segundo. Sabemos que 1 Caloría = 4184 joules, 1 día = 24 horas y 1 hora = 3600 segundos.

La conversión se efectúa de la manera siguiente:

$$\frac{2000 \text{ Cal}}{1 \text{ d}} \times \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{4184 \text{ J}}{1 \text{ Cal}} = 96.8 \text{ J/s} = 96.8 \text{ W}$$

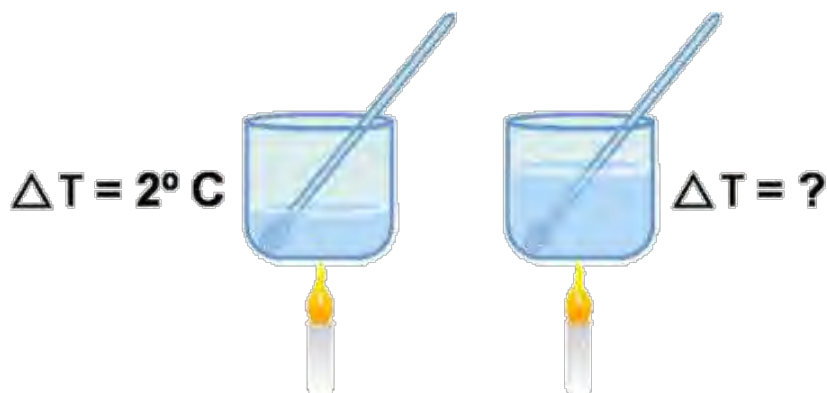
Observa que la cantidad original (2000 Cal/d) se multiplica por un conjunto de fracciones en el cual el numerador es igual al denominador. Como cada una de estas fracciones es igual a 1, la multiplicación no altera el valor de la cantidad original. La regla para determinar cuál de las cantidades debe ser el numerador es que las unidades se cancelen y se reduzcan a las del resultado final. (Esta técnica se conoce como —análisis dimensional’) Así pues, en promedio, la mujer desprende calor a razón de 96.8 J/s, esto es, 96.8 watts. Casi lo mismo que una bombilla de 100 W ¡Por eso se calienta tanto una habitación llena de gente! (No confundas los 96.8 watts que emite la mujer con su temperatura interna de 98.6°F La similitud de estos valores numéricos es pura coincidencia. La temperatura del cuerpo y la rapidez con la que cede energía a través de calor son cosas enteramente distintas.)



Pregunta para evaluar tu comprensión

- 1.- Supón que aplicas una flama para proporcionar cierta cantidad de calor a 1 litro de agua y que la temperatura del agua aumenta 2°C. Si proporcionas la

misma cantidad de calor a 2 litros de agua, ¿cuanto aumentará su temperatura?



Casi todos hemos observado que ciertos alimentos permanecen calientes mucho más tiempo que otros. Por ejemplo, las cebollas hervidas y las calabacitas en un plato caliente suelen estar a menudo demasiado calientes para comerse, mientras que el puré de papa está a la temperatura adecuada. El relleno de un pay de manzana caliente, un panqué o los ingredientes de una pizza te pueden quemar la lengua, pero la corteza de harina no, aún cuando ambas cosas estén recién horneadas (Figura 11). Puedes quitar con los dedos la cubierta de aluminio de un platillo recién salido del horno. Pero ten cuidado con el alimento que está abajo de ella.



Las distintas sustancias tienen diferente capacidad para almacenar energía interna. Si ponemos un cazo de agua en la estufa, quizá encontremos que se necesitan 15 minutos para calentarlo desde la temperatura ambiente hasta el punto de ebullición. Pero si colocásemos una masa equivalente de hierro sobre la misma flama, veríamos que alcanzaría la misma temperatura en tan sólo 2 minutos. Si se tratase de plata, el tiempo sería inferior a un minuto. Observamos que los distintos materiales requieren cantidades de calor específicas para aumentar la temperatura de una masa dada del material en un cierto número de grados.

La energía que se absorbe puede afectar a las sustancias de distintas maneras. La energía absorbida que incrementa la rapidez de traslación de las

moléculas causa un aumento de temperatura. La energía absorbida puede incrementar además la rotación de las moléculas y las vibraciones internas dentro de las moléculas, o alargar las uniones intermoleculares y almacenarse como energía potencial. Sin embargo, estos tipos de energía no son medidas de la temperatura. La temperatura es únicamente una medida de la energía cinética asociada al movimiento de traslación. En general, sólo una porción de la energía que una sustancia absorbe eleva su temperatura.



Mientras que un gramo de agua requiere 1 caloría de energía para elevar su temperatura en 1°C , se necesita sólo alrededor de una octava parte de esa energía para elevar la temperatura de un gramo de hierro en la misma medida. Los átomos de hierro de la red cristalina se agitan principalmente en un movimiento de traslación, en tanto que las moléculas de agua absorben gran cantidad de energía para movimientos de rotación, vibraciones internas y alargamiento de uniones. Así pues, el agua absorbe más calor por

gramo que el hierro para un mismo cambio de temperatura. Decimos que la **capacidad térmica específica** (llamada con frecuencia simplemente *calor específico*) es mayor.

Puedes tocar el recipiente de loza al poco tiempo de haberlo sacado de un microondas, pero te quemarás si tocas los alimentos que contiene como el panqué de la foto anterior.



Pregunta para evaluar tu comprensión

2.- ¿Cuál material tiene una capacidad calorífica **específica** más grande: el agua o la arena?

La capacidad calorífica específica de una sustancia se define como:

La cantidad de energía necesaria para elevar en 1 grado la temperatura de una masa unitaria de la sustancia.

Podemos considerar la capacidad calorífica específica como inercia térmica. Recuerda que el término *inercia* se usa para denotar la resistencia que opone un objeto a los cambios en su estado de movimiento. La capacidad calorífica específica es como una inercia térmica porque representa la resistencia que una sustancia opone a los cambios de temperatura.

EJEMPLO

DE

CÁLCULO:

CALENTAMIENTO DE AGUA

Si conocemos la capacidad calorífica específica c de una sustancia determinada, entonces la cantidad de energía interna que se transfiere cuando una masa m de la sustancia sufre un cambio de temperatura ΔT la podemos representar con la expresión matemática: $Q = mc\Delta T$.

En palabras, energía transferida = masa X capacidad calorífica específica X cambio de temperatura.

Supón que deseamos conocer cuántas calorías se necesitan para elevar la temperatura de 1 litro de agua en 15°C . La capacidad calorífica específica del agua, c , es $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$, y la masa de 1 litro de agua es 1 kilogramo, o sea, 1000 gramos. Puesto que c se expresa en calorías por $\text{gramo}^{\circ}\text{C}$, debemos expresar la masa de agua —ñen gramos. Así pues,

$$Q = mc\Delta T$$
$$Q = (1000 \text{ g}) (1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C})(15^{\circ}\text{C}) = 15\,000 \text{ calorías}$$

Supón que aportamos esta energía al agua con un calentador de inmersión de 1000 watts. ¿Cuánto tiempo tomará el calentamiento del agua? Sabemos que

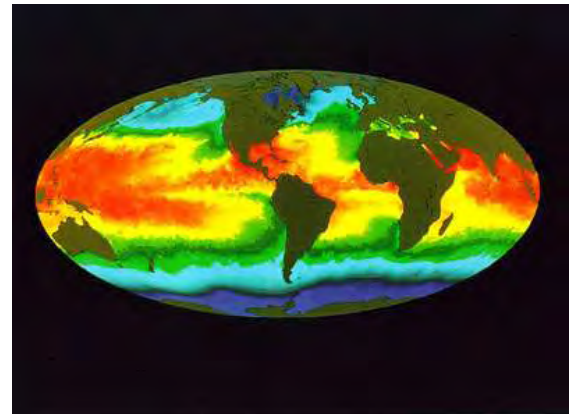
1000 watts proporcionan energía a razón de 1000 joules por segundo. Si convertimos las calorías a joules,

$$15\ 000\ \text{cal} \times 4.184\ \text{J/cal} = 62\ 760\ \text{joules.}$$

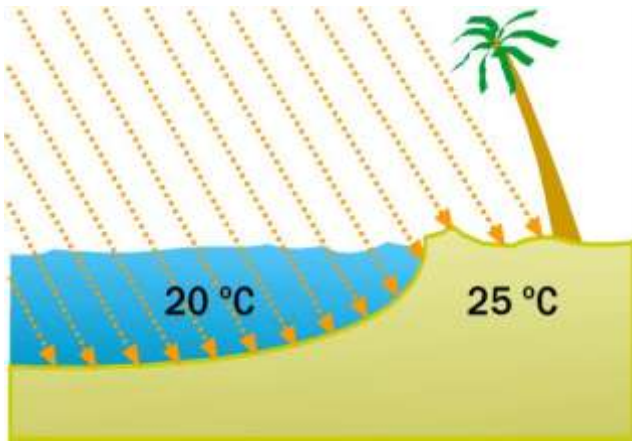
A razón de 1000 joules por segundo, ¿puedes ver que el tiempo que se necesita para calentar el agua 15°C es solo un poco más de un minuto?

LA ELEVADA CAPACIDAD TÉRMICA ESPECÍFICA DEL AGUA

El agua tiene una capacidad para almacenar energía mucho mayor que casi todos los materiales comunes. Una cantidad de agua relativamente pequeña absorbe una gran cantidad de energía a través del calor que produce un aumento de temperatura de poca magnitud. Por esta razón el agua es un agente refrigerante muy útil que se utiliza en los sistemas de enfriamiento de los automóviles y de otros motores. Si en los sistemas de enfriamiento se emplease un líquido de menor capacidad calorífica específica, el aumento de temperatura sería mayor para una misma cantidad de calor absorbido. (Desde luego que, si la temperatura del líquido se hace igual a la del motor, ya no habrá enfriamiento). El agua también tarda más tiempo en enfriarse, un hecho que les resultaba útil a tus abuelos, quienes en las frías noches de invierno quizá metían botellas de agua caliente entre las sábanas para calentarse los pies.



Esta propiedad del agua de resistirse a los cambios de temperatura mejora el clima en muchos lugares del planeta. La próxima vez que examines un globo terráqueo observa la elevada latitud de Europa. Si la capacidad calorífica del agua no fuese grande, los países europeos serían tan fríos como las regiones del noreste de Canadá, porque Europa y Canadá reciben aproximadamente la misma cantidad de energía del Sol por kilómetro cuadrado.



El agua tiene una elevada capacidad calorífica específica y es transparente, por lo cual necesita más energía que el suelo para calentarse ¿Por qué afecta el hecho de que sea transparente?

La corriente atlántica que conocemos como Corriente del Golfo transporta agua caliente hacia el noreste desde el Caribe. La corriente guarda una buena parte de

su energía interna el tiempo suficiente para alcanzar el Atlántico Norte frente a las costas de Europa, donde se enfría. Los vientos del oeste difunden la energía que se desprende (una caloría por grado por cada gramo de agua que se enfría) sobre el continente europeo.

Hay una diferencia similar entre los climas de la costa oriental y la costa occidental de Norteamérica. En las latitudes de Norteamérica los vientos vienen del oeste. En la costa occidental el aire se desplaza del Océano Pacífico hacia tierra. Debido a la gran capacidad calorífica del agua la temperatura del océano no varía mucho del verano al invierno. El agua está más caliente que el aire en el invierno, y más fría que el aire en el verano. En invierno el agua calienta el aire que se desplaza sobre ella, el cual calienta a su vez las regiones costeras occidentales de Norteamérica. En verano el agua enfría el aire y las regiones costeras occidentales se enfrían. En la costa oriental el aire se desplaza desde tierra hacia el Océano Atlántico. La tierra, cuya capacidad calorífica es menor, se calienta en el verano pero se enfría rápidamente en invierno. Como consecuencia de la elevada capacidad calorífica del agua y de la dirección del viento, la ciudad de San Francisco, situada en la costa occidental, es más cálida en invierno y más fresca en verano que la ciudad de Washington, D.C., ubicada en la costa oriental a una latitud similar.

El centro de los grandes continentes experimenta en general temperaturas extremas. Por ejemplo, las altas temperaturas estivales y las bajas temperaturas invernales de Manitoba y de los estados de Dakota del Norte y Dakota del Sur en los Estados Unidos, se deben en gran medida a la ausencia

de grandes cuerpos de agua. Los europeos, los isleños y las personas que viven cerca de las corrientes de aire oceánicas deben alegrarse de que el agua tenga una capacidad calorífica específica tan grande, ¡como sin duda lo hacen los habitantes de Acapulco!

LA DILATACIÓN TÉRMICA

Cuando la temperatura de una sustancia aumenta, sus moléculas se agitan más aprisa y normalmente tienden a separarse. Esto da por resultado una expansión de la sustancia. Con pocas excepciones, la materia en todas sus formas se expande cuando se calienta y se contrae cuando se enfría. En general, para presiones y cambios de temperatura comparables los gases se expanden o se contraen mucho más que los líquidos, y éstos se expanden o se contraen más que los sólidos.¹²

Si las aceras de concreto y el pavimento de las carreteras se tendiesen como una pieza continua, se formarían grietas a causa de la expansión y la contracción ocasionadas por la diferencia entre las temperaturas estivales y las invernales. Para evitar esto, la superficie se tiende en secciones pequeñas, cada una separada de la siguiente por un pequeño espacio que se llena con una sustancia como la brea así como se observa en la figura. En los días calurosos de verano la expansión suele hacer que este material se levante de las uniones.

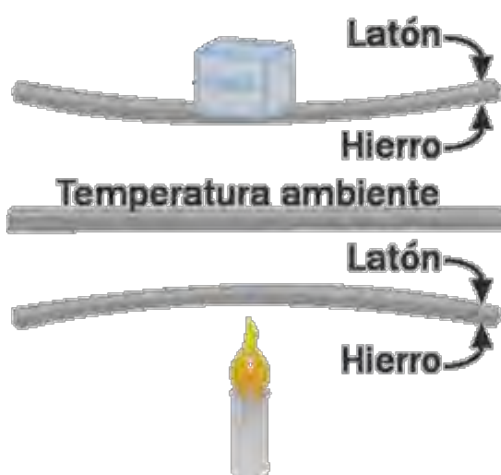


Este espacio es una junta de expansión en una carretera, la cual una vez rellena de granito con chapopote, permite al asfalto de la superficie expandirse y contraerse sin agrietarse en los días de temperaturas severas.

¹² Esta regla es válida si el sólido, el líquido y el gas se expanden contra una presión constante. Se puede impedir que un gas contenido en un recipiente se expanda, pero en ese caso la presión no es constante.

En la construcción de estructuras y dispositivos de todo tipo se debe tomar en cuenta la *expansión* de los materiales. Los dentistas usan materiales de relleno que se expanden en la misma proporción que los dientes. El diámetro de los pistones de aluminio de un motor de automóvil es suficientemente más pequeño que el de los cilindros de acero, en función de la mayor razón de expansión del aluminio. Para reforzar el concreto los ingenieros civiles emplean acero cuya razón de expansión es igual a la del concreto. Los puentes de acero de gran longitud suelen tener un extremo fijo, mientras que el otro descansa sobre un pedestal de oscilación que permite la expansión. La calzada misma se construye en segmentos unidos por juntas de cremallera llamadas juntas de expansión.

Los distintos materiales se expanden en diferente proporción, Una tira bimetalica consiste en dos tiras de metales distintos, por ejemplo, latón y hierro, unidas por medio de soldadura o de remaches. Cuando la tira se calienta se ve claramente la diferencia en la magnitud de la expansión del latón y del hierro. Un lado de la tira doble se hace más largo que el otro, y esto hace que la tira se curve; cuando la tira se enfría, se dobla en sentido contrario, porque el metal que se expande en mayor medida también se contrae más. Se puede usar el movimiento de la tira para mover un indicador, para regular una válvula o para accionar un interruptor.



Tira bimetalica. El latón se expande (o se contrae) más que el hierro cuando se calienta (o se enfría), y la tira se curva como se muestra en la figura.



Este espacio es una junta de expansión que permite al puente expandirse y contraerse.



Experimenta la física

Cerebro contra músculo.

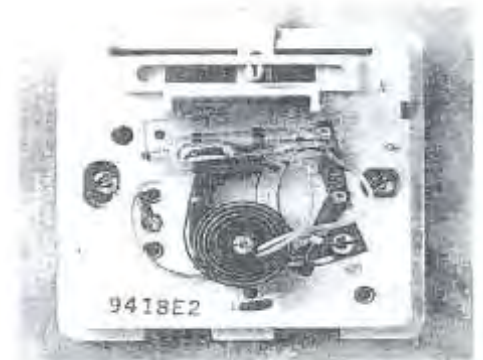
La próxima vez que tengas dificultad para destapar un frasco, deja que la expansión térmica te ayude a hacerlo. Calienta la tapa metálica colocándola bajo un chorro de agua caliente o colocándola por un momento sobre una estufa caliente. La tapa de metal se expandirá más que el vidrio y ¡listo! Un pequeño giro y el frasco se abrirá. ¿Puedes explicar cómo funciona esto? ¿Cuál es la física en este caso?



El termostato es una aplicación práctica de la tira bimetálica (Figura 15). Las expansiones y contracciones de la bobina bimetálica abren y cierran un circuito eléctrico. Cuando la habitación se enfría demasiado, la bobina se curva hacia el lado del latón, y al hacerlo cierra un interruptor eléctrico que pone en marcha el calentador. Cuando la habitación se calienta demasiado, la bobina se curva hacia el lado del hierro, abre éste y desconecta la unidad de calefacción. Los refrigeradores están provistos de termostatos especiales que impiden que se calienten o se enfríen demasiado. Se utilizan tiras bimetálicas en los

termómetros de horno, los tostadores eléctricos, los estranguladores automáticos de carburador y en otros dispositivos.

Figura 15 Termostato. Cuando la bobina bimetálica se expande, el mercurio se aleja de los contactos eléctricos y abre el circuito. Cuando la bobina se contrae, el mercurio se acerca a los contactos y cierra el circuito eléctrico.



El grado de expansión de una sustancia depende del cambio de temperatura. Si una parte de un trozo de vidrio se calienta o se enfría más aprisa que las partes adyacentes, la expansión o contracción consiguiente puede romper el vidrio, en especial si éste es grueso. El vidrio resistente al calor está formulado especialmente para conseguir que se expanda muy poco al aumentar su temperatura.

Los líquidos se expanden apreciablemente al aumentar su temperatura. Cuando llenamos el tanque de un auto en la gasolinera y después lo dejamos estacionado, suele ocurrir que la gasolina rebosa el tanque al cabo de un tiempo. Esto sucede cuando la gasolina, que estaba fría en los tanques de almacenamiento subterráneos, se calienta en el tanque del auto. A medida que el líquido se calienta, se expande y rebosa el tanque de combustible.

Análogamente, el radiador de un automóvil lleno hasta el borde con agua fría rebosa cuando se calienta. En la mayoría de los casos los líquidos y gases se expanden más que los sólidos, esto lo vemos por ejemplo en un cazo lleno de agua hasta el borde, rebosa muy pronto cuando se calienta o en una pelota de tenis, la cual al calentarla restaura su forma después de alguna abolladura. El mercurio líquido sube en un termómetro cuando se calienta porque se expande más que el vidrio.



Pregunta para evaluar tu comprensión

3.- ¿Por qué es aconsejable dejar que los cables telefónicos cuelguen un poco al instalarlos en los postes durante el verano?

EJEMPLO DE CÁLCULO: RAZONES Y PROPORCIONES.

La longitud de un objeto de acero cambia alrededor de 1 parte en 100 000 por cada grado Celsius que cambia su temperatura. Esto es una razón,

$$\frac{1}{100000}$$

La expansión ocurre en la misma proporción para cualquier longitud del acero. Si la longitud es pequeña, la expansión puede ser insignificante. Pero considera la expansión de un tubo de acero imaginario ceñido perfectamente en torno al perímetro de la Tierra. ¿Cuánto aumentaría la longitud de este tubo de 40 millones de metros si su temperatura se incrementase en 1°C

El cociente del cambio de longitud X entre el tamaño total del tubo es igual a la razón antes citada, así que, para un cambio de temperatura de 1°C,

$$\frac{1}{100000} = \frac{Xm}{40000000m}$$

Un pequeño cálculo muestra que el cambio de longitud X es de 400 m. Ahora viene lo interesante: si el tubo se alargase en estos 400 m, entonces habría un espacio entre el tubo y la superficie de la Tierra. ¿Sería suficiente ese espacio para que cupiese este libro en él? ¿Para que cupiese tu cuerpo? ¿Para que pudiese pasar un camión? ¿De qué tamaño sería ese espacio? Podemos calcularlo por razones y proporciones. La razón de la circunferencia C al diámetro D de cualquier círculo es igual a

π (aproximadamente 3.14). La razón del cambio de circunferencia C al cambio de diámetro ΔD tiene también el mismo valor. Si insertamos los valores tenemos que

$$\frac{\Delta C}{\Delta D} = \frac{400m}{\Delta D} = 3.14$$

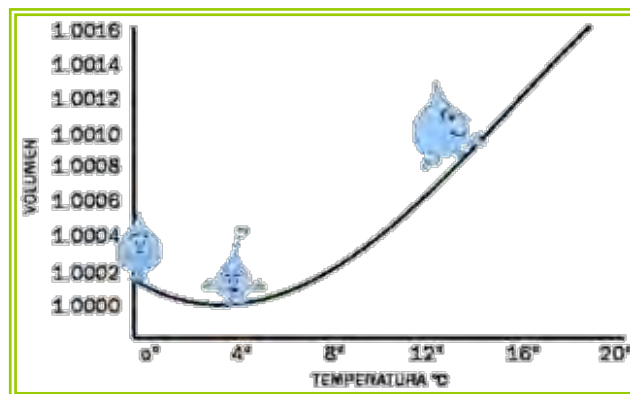
Despejando obtenemos

$$\Delta D = \frac{400m}{3.14} = 127.4 \text{ m}$$

Esta distancia de 127.4 m es lo que aumenta el diámetro del tubo circular. El incremento en la distancia entre la superficie de la Tierra y el tubo expandido es igual al aumento en el radio, que es la mitad del aumento en el diámetro, esto es, 63.7 m.

De modo que si aumentamos en 1°C la temperatura de un tubo de acero ceñido al perímetro de la Tierra, lo que tal vez podría lograrse haciendo que unas personas colocadas a todo lo largo del tubo respirasen sobre él, ¡el tubo se expandiría y quedaría a la asombrosa altura de 63.7 metros sobre el suelo! El uso de razones y proporciones es una forma sencilla de resolver muchos problemas ¿no crees?. Otra manera de determinar la expansión de un material consiste en el uso de cierta fórmula $\Delta L = \alpha L \circ \Delta T$. Que utilizarás posteriormente.

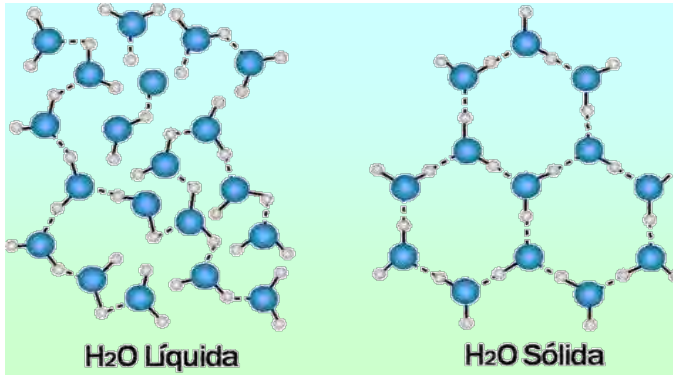
Todos los líquidos se expanden al calentarse. ¡El agua helada, no obstante, hace todo lo contrario! El agua a la temperatura de fusión del hielo 0°C (o 32°F), se *contrae* cuando la temperatura aumenta. Esto es algo extraordinario. Conforme se calienta y su temperatura se eleva, el agua continúa contrayéndose hasta que alcanza una temperatura de 4°C. Si la temperatura sigue en aumento, el agua comienza entonces a *expandirse* la expansión prosigue hasta el punto de ebullición (100°C). Este extraño comportamiento se muestra gráficamente en la figura siguiente.



Cambio de volumen del agua al aumentar la temperatura.

Una cantidad determinada de agua ocupa el volumen más pequeño (y es por tanto más densa) a 4°C. La misma cantidad de agua alcanza su volumen más grande (y su densidad más pequeña) en su forma sólida, el hielo. (Recuerda que el hielo flota en el agua, así que debe ser menos denso que el agua). En la figura no se muestra el volumen del hielo a 0°C. (Si se graficara a la misma escala exagerada, la gráfica llegaría mucho más allá del borde superior de esta página.) Una vez transformada en hielo, el agua se contrae si reducimos aún más su temperatura.

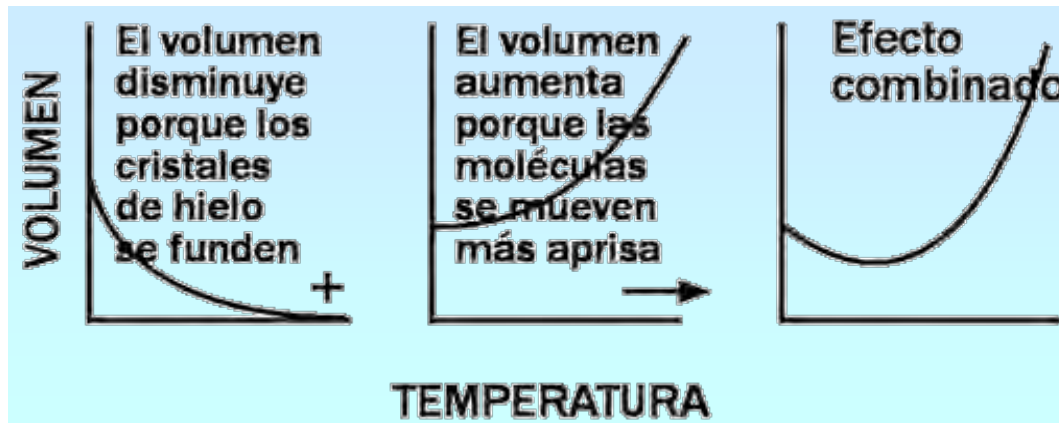
La explicación de este comportamiento tiene que ver con la extraña estructura cristalina del hielo. Los cristales de la mayor parte de los sólidos están estructurados de tal manera que el estado sólido ocupa un volumen más pequeño que el estado líquido. Sin embargo, el hielo tiene cristales de estructura abierta. Estos cristales son consecuencia de la forma angular de las moléculas de agua y del hecho de que las fuerzas que unen las moléculas de agua entre sí son más intensas a ciertos ángulos. En esta estructura abierta las moléculas de agua ocupan un volumen mayor que en el estado líquido. En consecuencia, el hielo es menos denso que el agua.



Quando están en forma cristalina las moléculas de agua están ordenadas en una estructura abierta de seis lados. En consecuencia, el agua se expande al congelarse y el hielo es menos denso que el agua.

El descenso de la curva de la figura de abajo se debe a

que se están llevando a cabo dos tipos de cambio de volumen. La fusión de los cristales de hielo causa una reducción del volumen. Entre 0°C y 10°C, el agua (convertida en “aguanieve microscópica”) contiene cristales de hielo microscópicos. Cuando se alcanza una temperatura de alrededor de 10°C todos los cristales de hielo se han fundido. La gráfica de la izquierda de la figura 6.18 muestra el cambio de volumen del agua fría debido a la fusión de los cristales de hielo microscópicos.



La fusión de los cristales de hielo (izquierda) y la intensificación del movimiento molecular con el aumento de temperatura (centro) se conjugan para hacer que el agua alcance la máxima densidad a 4°C.

Mientras los cristales se funden al aumentar la temperatura entre 0°C y 10°C, el incremento en el movimiento molecular produce una expansión. Este efecto se muestra en la gráfica central de la



figura 6.18. Haya o no cristales de hielo en el agua, el incremento en el movimiento de vibración de las moléculas hace aumentar el volumen del agua.

Si combinamos los efectos de la contracción y la expansión la curva es como la gráfica de la derecha de la figura. Este comportamiento del agua tiene gran importancia en la Naturaleza. Supón que el agua alcanzase su máxima densidad en el punto de fusión, como ocurre con casi todos los líquidos. Entonces el agua más fría se asentaría en el fondo y los estanques se congelarían del fondo hacia arriba y los organismos que viven en los estanques morirían en el invierno. Por fortuna no ocurre así. La temperatura del agua más densa, que se asienta en el fondo del estanque, es 4 grados mayor que la temperatura de congelación. El agua que tiene la temperatura de congelación, 0°C , es menos densa y flota, de modo que el hielo se forma en la superficie, en tanto que el agua que está bajo el hielo permanece líquida.

Examinemos este fenómeno con más detalle. El estanque se enfría principalmente en la superficie cuando el aire es más frío que el agua. A medida que se enfría el agua de la superficie, se hace más densa y se hunde. El agua flotará en la superficie para continuar enfriándose sólo si es tanto o menos densa que el agua de más abajo.

Considera un estanque que inicialmente está, digamos, a 10°C . No es posible enfriarlo a 0°C sin antes reducir su temperatura a 4°C , y el agua a 4°C no puede permanecer en la superficie para continuar enfriándose a menos que toda el agua que está abajo de ella tenga al menos la misma densidad, esto es, a menos que toda el agua esté a menos de 4°C . Si el agua que está abajo de la superficie tiene una temperatura distinta de 4°C , el agua de la superficie que está a 4°C es más densa, se hunde y ya no puede seguir enfriándose. Así pues, para que se pueda formar hielo es necesario que toda el agua del estanque se enfríe a 4°C . Sólo cuando se satisface esta condición el agua de la superficie se puede enfriar a 3° , 2° , 1° y 0° sin hundirse. Entonces se puede formar hielo (Figura 6.19).



Conforme se enfría, el agua de la superficie se hunde hasta que todo el lago está a 4°C. Sólo entonces se puede enfriar el agua superficial hasta 0°C sin hundirse.

Así pues, el agua de la superficie se congela primero. Si el enfriamiento continúa, se congela el agua que está junto al hielo, y el estanque se congela de la superficie hacia abajo. El hielo es más grueso durante un invierno crudo que en uno más benigno.

Los cuerpos de agua muy profundos no se cubren de hielo ni aun en los inviernos más crudos. La razón de esto es que toda el agua del lago debe enfriarse hasta 4°C para que se puedan alcanzar temperaturas más bajas, y el invierno no es suficientemente largo para que esto suceda. Si sólo una parte del agua está a 4°C, se asentará en el fondo. A causa del elevado calor específico del agua y a que la misma no es buena conductora del calor, el agua del fondo de los lagos profundos de regiones frías tiene una temperatura constante de 4°C durante todo el año. Los peces deben considerarse muy afortunados de que así sea.

V SUMARIO DE CONCEPTOS

- **La temperatura es la medida que nos dice qué tan caliente o tan frío está un objeto.**
- **La temperatura es directamente proporcional a la energía cinética promedio de traslación de las moléculas de un gas ideal.**
- **El calor es el proceso de transferencia de energía entre dos cuerpos debido a una diferencia de temperatura.**

- La materia no contiene calor, sino energía interna.
- La capacidad térmica específica es una medida de cuánta energía se necesita para elevar en un grado la temperatura de una masa unitaria de una sustancia.
- La capacidad térmica específica del agua es mucho mayor que el de otras sustancias comunes.
- La materia tiende a expandirse cuando se calienta y a contraerse cuando se enfría, salvo algunas excepciones.
- En general, los líquidos y gases se expanden ligeramente más que los sólidos.
- Los gases se expanden mucho más que los líquidos y que los sólidos, dado un cierto aumento de temperatura (y a una presión similar).
- El agua presenta un comportamiento muy poco común en cuanto a que se contrae al calentarse de 0°C a 4°C y su forma sólida (hielo) es menos densa que su forma líquida.



VI EJERCICIOS DE REPASO

1. ¿Cómo se mide la temperatura comúnmente?

2. ¿Cuántos grados hay entre el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua en la escala Celsius? ¿Y en la escala Fahrenheit?

3. ¿Por qué es incorrecto decir que la materia *contiene* calor?

4. En términos de diferencias de temperatura entre objetos que están en contacto térmico, ¿en qué sentido fluye el calor?

5. ¿Qué queremos decir cuando afirmamos que un termómetro mide su propia temperatura?

6. ¿Qué es el equilibrio térmico?

7. ¿Qué es la energía interna?

8. ¿Cuál es la diferencia entre una caloría y una Caloría?

9. ¿Qué significa afirmar que un material tiene una capacidad calorífica específica grande o pequeña?

10. ¿Cómo es la capacidad calorífica específica de las sustancias que se calientan rápidamente: grande o pequeña?

11. ¿Cómo es la capacidad calorífica específica del agua en comparación con la de otras sustancias comunes?

12. ¿Por qué la costa occidental de Norteamérica es más cálida durante el invierno y más fresca en el verano que la costa oriental?

13. ¿Por qué se curva una tira bimetálica cuando se calienta (o se enfría)?

14. ¿Qué se expande más cuando aumenta la temperatura: los sólidos, los líquidos o los gases?

15. ¿A qué temperatura alcanza el agua su máxima densidad?

16. El hielo es menos denso que el agua a causa de su estructura cristalina abierta. Pero, por qué el agua a 0°C es menos densa que el agua a 4°C ?

17. ¿Por qué los lagos y estanques se congelan de arriba hacia abajo y no de abajo hacia arriba?

18. ¿Por qué los lagos poco profundos se congelan rápidamente en invierno, mientras que los lagos profundos no llegan a congelarse?

PARA PRACTICAR LOS MODELOS MATEMÁTICOS

La transferencia de energía en calorías está dada por la expresión $Q = mc\Delta T$, donde m es la masa en gramos, c es la capacidad calorífica específica en cal/g°C y ΔT está dada en °C.

1. Calcula cuántas calorías se necesitan para cambiar la temperatura de 500 gramos de agua en 50 grados Celsius.
2. Calcula cuántas calorías desprenden 500 gramos de agua cuando se enfrían de 50°C a 20°C.
3. Un trozo de hierro de 30 gramos se calienta a 100°C y luego se pone en agua fría donde su temperatura baja a 30°C. ¿Cuántas calorías cede el hierro al agua? (La capacidad calorífica específica del hierro es de 0.11 cal/g°C.).
4. Supón que el mismo trozo de hierro de 30 gramos se deposita en otro recipiente con agua donde cede 165 calorías al enfriarse. Calcula el cambio de temperatura del hierro.
5. ¿Qué masa de agua cede 240 calorías cuando su temperatura baja de 80°C a 68°C?
6. Cuando un trozo de aluminio de 50 gramos a 100°C se deposita en agua, cede 735 calorías mientras se enfría hasta 30°C. Calcula la capacidad calorífica específica del aluminio.

PREGUNTAS PARA PROFUNDIZAR MÁS

1. Si dejas caer una piedra caliente en un cubo de agua, la temperatura de la piedra y la del agua cambiarán hasta ser ambas iguales. La piedra se enfría y el agua se calienta. ¿Es válido el mismo principio si dejas caer la piedra en un lago grande? Explica tu respuesta.

2. Si haces la demarcación de un predio con una cinta metálica de medir con base en las medidas indicadas en un mapa, en un día muy caliente, ¿encerrarás más o menos terreno del que indican tus mediciones?

3. Una esfera metálica alcanza a pasar apenas por un anillo metálico. Cuando la esfera se calienta, su expansión térmica no le permite pasar por el anillo. ¿Qué sucedería si se calienta el anillo en vez de la esfera? Indica si el tamaño del orificio del anillo aumenta, disminuye o permanece igual.



4. Un tubo de acero muy bien ajustado que circundase el mundo quedaría a 64 metros de altura respecto al suelo si su temperatura aumentase 1°C . ¿Qué ocurriría si el tubo se enfriase 1°C ?

5. Después de que un mecánico desliza un anillo de hierro caliente y bien ajustado sobre un cilindro de latón frío, el anillo se “cierra” y ya no se puede extraer ni siquiera por calentamiento ulterior. Este procedimiento se conoce como “ajuste por contracción”. ¿Cómo ocurre esto? ¿Puedes llegar a alguna conclusión respecto a la razón de expansión térmica respectiva del hierro y del latón?



6. Si muerdes una pizza caliente te puedes quemar la boca con la salsa, mas no con la corteza, aunque están a la misma temperatura. Explica a qué se debe esto.

7. En los viejos tiempos era común llevarse objetos calientes a la cama en las noches frías de invierno. ¿Cuál de estos objetos sería más eficaz: un bloque de hierro de 10 kilogramos o una botella con 10 kilogramos de agua caliente a la misma temperatura? Explica tu respuesta.

8. En un día caluroso sacas de un refrigerador para días de campo una sandía y unos emparedados fríos. ¿Cuál de los dos alimentos permanecerá frío más tiempo? ¿Por qué?

9. Islandia (cuyo nombre en inglés significa Tierra de Hielo), llamada así para desalentar a posibles invasores de imperios en expansión, no está cubierta totalmente de hielo como Groenlandia y partes de Siberia, no obstante que se encuentra muy cerca del Círculo Ártico. La temperatura invernal promedio de Islandia es considerablemente mayor que la de ciertas regiones del este de Groenlandia y de Siberia central que están a la misma latitud. ¿A qué se debe esto?

10. ¿Por qué es importante proteger las tuberías de agua para que no se congelen?

11. Supón que haces un pequeño corte en un anillo metálico, como se muestra en la figura. Si calientas el anillo, ¿se incrementará o se reducirá el espacio entre los extremos?



12. ¿Funcionaría una tira bimetálica si los dos metales distintos tuviesen casualmente la misma razón de expansión? ¿Es importante que los metales se expandan con diferente rapidez? Explica tu respuesta.

13. Indica si el agua a las temperaturas siguientes se expande o se contrae cuando se calienta: 0°C ; 4°C ; 6°C .

14. Además del movimiento general de una molécula que se asocia con la temperatura, ciertas moléculas pueden absorber grandes cantidades de energía en forma de vibraciones y rotaciones internas de la molécula misma. ¿Cómo esperarías que fuese la capacidad calorífica específica de este tipo de moléculas: grande o pequeña? ¿Por qué?

15. Si el agua tuviese una capacidad calorífica específica menor, ¿sería más probable o menos probable que los lagos se congelasen en invierno?

PARA UTILIZAR MÁS LOS MODELOS MATEMÁTICOS

1. Si quisieras calentar 100 kg de agua a 15°C para tomar un baño, ¿cuánto calor necesitarías? (Proporciona tu respuesta en calorías y en joules.)
2. ¿Cuál sería la temperatura final si mezclas un litro de agua a 20°C con dos litros de agua a 40°C ?
3. ¿Cuál sería la temperatura final si mezclas un litro de agua a 40°C con dos litros de agua a 20°C ?
4. ¿Cuál es la capacidad calorífica específica de un trozo de 50 gramos de metal a 100°C que es capaz de elevar a 22°C la temperatura de 400 gramos de agua que está a 20°C ?
5. Supón que una barra metálica de 1 m de longitud se expande 0.5 cm cuando se calienta. ¿Cuánto se expandiría si su longitud fuese de 100 m?
6. El acero se expande 1 parte en 100 000 por cada grado centígrado de aumento en su temperatura. Si el tramo principal de 1,5 Km. de un puente colgante de acero no tuviese juntas de expansión ¿cuánto aumentaría su longitud para un incremento de temperatura de 20°C ?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS PARA EVALUAR TU COMPRENSIÓN

1. Su temperatura aumentará en 1°C porque hay el doble de moléculas en 2 litros de agua y cada molécula recibe sólo la mitad de la energía en

promedio. Por tanto, el aumento de energía cinética y de temperatura es de sólo la mitad.

2. La capacidad calorífica específica del agua es mayor que la de la arena. El agua tarda más en calentarse bajo los rayos del Sol y se enfría más despacio durante la noche. El agua tiene más inercia térmica. La baja capacidad calorífica de la arena, que se manifiesta en la rapidez con la que la superficie se calienta con el Sol matinal y la rapidez con la que se enfría al llegar la noche, afecta los climas locales.
3. Los cables telefónicos son más largos en verano, cuando están más calientes, y más cortos en invierno, cuando están más fríos. Por consiguiente, los cables cuelgan menos tensos en los días calurosos del verano que en el invierno. Si las líneas telefónicas se instalasen demasiado tensas en el verano, podrían contraerse demasiado y romperse en el invierno.

Vii EVALUACIÓN ESCRITA

Es importante mencionar que en casi todas las instituciones educativas, habitualmente los exámenes escolares son vistos y vividos, por los estudiantes como una amenaza, como una experiencia angustiante y desagradable. También para los maestros constituyen, por lo general, una tarea poco grata; decidir qué preguntar, vigilar a los alumnos durante la aplicación del examen y —calificar— los resultados son actividades que implican tensión, mucho trabajo e incluso angustia.

Los exámenes deben ser todo lo contrario, es decir, deben ser un servicio que se ofrezca a los estudiantes con el propósito de que ellos mismos conozcan sus logros y las tareas necesarias para subsanar sus deficiencias y avanzar en sus estudios. De esta manera, los exámenes deben ser vividos por los estudiantes como una experiencia educativa más, sin riesgos, sin amenazas, sin tensiones.

El siguiente examen escrito, como todos los que se proponen, es una propuesta que sirvió para obtener información sobre los logros y dificultades que presentaron los alumnos después de la instrucción. Obviamente que puede ser complementado con otros reactivos según se considere conveniente.

Nombre_____ Grupo_____

Con este examen se pretende obtener información sobre los logros y dificultades que has tenido en la adquisición de conocimientos y habilidades acerca del calor, la temperatura y la dilatación.

Para las siguientes afirmaciones señala verdadero (V) o falso (F) según creas conveniente. Es importante que justifiques tu respuesta utilizando una hoja a parte para ello.

V F 1.- El calor es la energía que se transfiere de un objeto a otro debido exclusivamente a una diferencia de temperaturas.

V F 2.- Cuando dos o más sustancias alcanzan una temperatura común, se dice que ambas están en equilibrio térmico.

V F 3.- El total de todas las energías de una sustancia es llamado la temperatura de la sustancia.

V F 4.- Una caloría es una unidad común de fuerza calórica.

V F 5.- El agua se contrae cuando se calienta de 0 a 4 ° C.

Coloca en el espacio de la izquierda la letra que crees completa la afirmación que se da. No olvides justificar tus respuestas.

___ 6.- La temperatura es una medida de:

a.- el total de la energía en una sustancia.

- b.- el total de la energía cinética en una sustancia.
- c.- la energía promedio en una sustancia.
- d.- el promedio de la energía cinética molecular de una sustancia.

___ 7.- El calor puede medirse en:

- a.- calorías.
- b.- kilocalorías.
- c.- joules.
- d.- todas las opciones de arriba.

___ 8.- La energía contenida en una pieza de comida puede ser determinada al:

- a.- medir el volumen de la pieza de comida.
- b.- comiéndose la pieza de comida.
- c.- quemando la pieza de comida.
- d.- ninguna de las opciones mencionadas.

___ 9.- La capacidad calorífica específica se relaciona con la cantidad de calor:

- a.- que tiene un objeto específico al elevar su temperatura.
- b.- que contiene una molécula cuando se incrementa su temperatura.
- c.- que es transferida por una molécula cuando se eleva su temperatura.
- d.- que se necesita para elevar la temperatura, un grado Celsius, a un gramo de una sustancia.

___ 10.- ¿Quién tiene una capacidad calorífica específica mayor, el agua o la sal?:

- a.- el agua.
- b.- la sal.
- c.- ambos tienen la misma capacidad calorífica específica.
- d.- en ocasiones, el agua y en otras la sal.

___ 11.- Una tira bimetálica se dobla cuando es calentada porque:

- a.- cada metal se expande en una proporción diferente.
- b.- el metal se dobla cuando es calentado.
- c.- cada lado de la tira tiene una temperatura diferente.

d.- el metal se contrae cuando es calentado.

___ 12.- EL agua líquida es más densa cuando está a:

a.- -20° C.

b.- 0° C.

c.- 4° C.

d.- 32° C.

___ 13.- ¿Cuál es más denso, el hielo a 0° C o el agua a 4° C?:

a.- el hielo.

b.- el agua.

c.- ambos tienen la misma densidad.

d.- a veces el agua y a veces el hielo.

___ 14.- Durante un invierno muy frío, a veces las tuberías de agua se revientan, la razón de esto es:

a.- El suelo se contrae cuando esta muy frío y esto comprime las tuberías.

b.- el agua se expande cuando se congela.

c.- el agua se contrae cuando se congela.

d.- el agua se dilata y se contrae cuando se congela.

___ 15.- Cuando calentamos agua que está a 4° C, ésta se expande. Cuando enfriamos agua que está a 4° C ésta:

a.- se contrae.

b.- se expande.

c.- ni se expande ni se contrae.

d.- las dos primeras opciones son correctas.

Para arrastrar el lápiz

16.- Explica en un párrafo corto, por qué el fondo de los lagos muy profundos permanece a la misma temperatura durante todo el año. También explica por

qué los peces no se congelan durante los meses de invierno, aunque la superficie de los estanques se congele en la superficie.

17.- ¿Cuál tiene una mayor cantidad de energía interna, un iceberg gigante o una taza de té? Justifica tu respuesta.

18.- ¿Porqué es importante cuidamos de no meter una botella llena de agua al congelador del refrigerador? Justifica tu respuesta.

19.- ¿Cuál será la temperatura final al mezclar 50g de agua a 20° C con 50g de agua a 40° C? Justifica tu respuesta.

20.- ¿Cual será la temperatura final al mezclar 100 g de agua a 25 °C con 75g de agua a 40° C? Justifica tu respuesta.

Después de revisar la evaluación y discutir con los estudiantes los resultados para determinar los errores cometidos y establecer las correcciones necesarias, se podrá avanzar al siguiente tema.

Sección II: Formas de transmisión de la energía a través del calor

i Objetivos específicos

Después de estudiar estos contenidos el estudiante podrá:

- Explicar cómo se lleva a cabo la transferencia de energía.
- Describir cada uno de los tres procesos de transmisión de la energía.
- Explicar en qué consiste la conducción y las causas que la origina.
- Explicar por qué el agua es una mala conductora de la energía
- Explicar en qué consiste la convección y las causas que la origina
- Dar ejemplos en donde se presente la convección en la vida diaria.
- Establecer la diferencia entre los procesos anteriores y la radiación.
- Explicar por qué unos materiales los sentimos más fríos o más calientes que otros
- Distinguir entre materiales conductores y aislantes.
- Enunciar las características de un material buen absorbente y uno buen reflejante.
- Enunciar la ley de enfriamiento de Newton y dar ejemplos de ésta.
- Dar ejemplos del efecto de invernadero en la vida diaria y explicar sus causas y consecuencias.
- Explicar por qué se está dando el calentamiento global del planeta.

ii Posibles esquemas conceptuales por corregir

- Las superficies que se sienten más frías que otras deben tener una temperatura más baja.
- Una cobija es una fuente de energía calorífica.
- Sólo las cosas calientes radian energía.
- El efecto invernadero del planeta es indeseable.

Como se vio anteriormente, la transferencia de energía a través de calor se da siempre de un objeto caliente a un objeto frío. Si varios objetos cercanos entre si tienen distintas temperaturas, entonces los que están calientes se enfrían y los que están fríos se calientan, hasta que todos tienen la misma temperatura, es decir, llegan al equilibrio térmico.

Las actividades experimentales que se proponen a continuación ayudarán, como todas las que se proponen en la guía, a modificar los esquemas

conceptuales y a desarrollar las habilidades que se esperan en los alumnos. Así mismo, las lecturas de apoyo propuestas.

iii Actividades experimentales

Actividad experimental No. 8

Formas de transmisión de energía a través de calor

Preguntas.- ¿La igualación de temperaturas se llevará a cabo de la misma manera en la materia? ¿Se calentarán de la misma forma los sólidos, los líquidos y los gases? ¿Habrá materiales mejores conductores de energía que otros?

Procedimiento

Utiliza el dispositivo para evaluar la conducción de la energía que contiene cinco metales diferentes, a saber; cobre, aluminio, latón, hierro y acero Coloca un trozo de cera en cada uno y determina cuál es mejor conductor al calentar en el centro del dispositivo como se observa en la fotografía.



¿Cuál metal es mejor conductor de la energía? ¿Cómo se transmite la energía en un sólido?

Toca una pieza de metal, una de unicel y una de madera, las cuales hayan estado en el mismo ambiente, ¿cuál se siente más fría? ¿Querrá decir eso que están a diferente temperatura? Si colocas simultáneamente un cubito de hielo en las tres superficies, ¿en cuál se derretirá primero? Explica lo ocurrido.

Recuerda que el aire cercano al suelo de una habitación es más frío que el próximo al techo. El agua del fondo de una alberca es más fría que la de su superficie. En estos casos puedes sentir las diferentes temperaturas que resultan del movimiento de un fluido, pero no puedes ver el movimiento del fluido. En la siguiente actividad podrás ver los movimientos de dos líquidos, cada uno a diferente temperatura.

Calienta agua coloreada con azul de metileno o con algún colorante vegetal hasta una temperatura de 70°C . Tapa el matraz con un tapón bihoradado y con dos tubitos de vidrio insertados en él. Introduce el matraz en un recipiente mucho más grande que contenga agua fría suficiente a temperatura ambiente, tal y como se muestra en la fotografía. Observa y anota lo que sucede durante los próximos 10 minutos. ¿Qué provocó los movimientos que observaste en el líquido?, ¿Cómo se transmite la energía en los líquidos?



Utiliza dos recipientes idénticos de refresco de lata vacíos, uno pintado de negro y el otro de blanco. Agrégales la misma cantidad de agua, o pueden estar sin ella, introduce un termómetro a cada uno, mide la temperatura y coloca un foco de 100 watts o más cerca de ellos, digamos a unos 10 centímetros de distancia. Mide la temperatura después de unos 30 minutos. ¿Cuál de los dos recipientes tiene mayor temperatura?

Quita el foco y mide la temperatura de ambos botes cada 10 minutos. ¿Cuál se enfría primero?



Utiliza un radiómetro de Crookes y colócalo cerca del foco. Observa lo que sucede y trata de dar una explicación. ¿Qué forma de transmisión de energía es en ambos experimentos?



Llena una bolsa de plástico con aire y otra con humo de cigarro ciérralas con una liga colocando un termómetro en cada una para ver su temperatura. Colócalas al Sol o cerca de un foco encendido y mide la temperatura después de cierto tiempo. Compárala con la que hay en el ambiente. ¿Qué cambios observas? ¿Te ayuda el experimento para comprender el calentamiento global y el efecto de invernadero?

Calienta agua en un vaso de precipitados hasta una temperatura de casi ebullición. Coloca la misma cantidad de agua en otro vaso que esté a la temperatura ambiente. Agrega gotas de azul de metileno a ambos vasos y observa la rapidez de difusión del colorante. ¿Qué concluyes?

En los experimentos anteriores se ha realizado un estudio cualitativo de la transferencia de energía de un objeto, a cierta temperatura, hacia otro con una temperatura inferior. Se ha visto que esa transferencia de energía puede hacerse por conducción, convección y radiación. No se preocupó por determinar el valor de la cantidad de energía transferida en cada caso. En el siguiente experimento se quiere mostrar cómo este valor puede estimarse de forma muy aproximada.

Actividad experimental No. 9

Energía solar

Pregunta.- ¿Cómo sabemos cuánta energía total emite el Sol? ¿Cuánta energía solar nos llega diariamente a la superficie de la Tierra?

El Sol emite energía en todas direcciones por igual. Imagina un detector de calor lo bastante grande como para rodear por completo al Sol, como una pelota de basquetbol con el Sol en el centro. Entonces la cantidad de calor que llegaría al detector sería igual a la energía total que el Sol emite. O bien, si nuestro detector fuera la mitad en área de una pelota de basquetbol y atrapara la mitad de la energía solar entonces multiplicaríamos la lectura obtenida por 2

para calcular la energía solar total. Si nuestro detector abarcara la cuarta parte del Sol y captara la cuarta parte de su energía, entonces la energía total que emite el Sol sería cuatro veces la lectura del detector.

Ahora que hemos planteado el concepto, supón que nuestro detector es el área de la superficie del agua contenida en un vaso de unicel colocado aquí en la Tierra, en un lugar soleado. Así pues, se trata de una mínima fracción del área que rodea al Sol a esta distancia. Si calculas esa pequeña fracción y mides la cantidad de energía captada por tu vaso, podrás estimar aproximadamente qué cantidad total de energía emite el Sol. Así se realiza ordinariamente, sin embargo, en esta actividad medirás la cantidad de energía solar que llega al vaso de unicel y después la relacionarás con la cantidad de energía solar que incide sobre la azotea de una casa. Obviamente que para realizar la actividad es necesario un día soleado.



Para la actividad necesitarás el siguiente material:

2 vasos de unicel, 1 probeta graduada de 100 ml., una liga, un termómetro, una regla de un metro, agua, plástico para envolver y colorante azul y verde para alimentos.

Procedimiento

Llena con agua un vaso de unicel; añade pequeñas cantidades de colorante para alimentos azul y verde hasta que el agua se oscurezca y absorba mejor la energía solar. Después, mide y anota la cantidad de agua que hay en tu vaso.

Volumen del agua = _____

Masa del agua = _____



Introduce el vaso en un segundo vaso para aislarlo mejor. Mide la temperatura del agua y anótala. Cubre el vaso con plástico para envolver y séllalo con la liga.

Temperatura inicial del agua = _____

Coloca el vaso bajo la luz del Sol durante 10 minutos. Retira la cubierta de plástico. Agita el agua del vaso suavemente con el termómetro, y anota la temperatura final del agua.

Temperatura final del agua = _____

Determina la diferencia de temperatura del agua antes y después de ser puesta al Sol.

Diferencia de temperatura = _____

Mide y anota el diámetro en centímetros de la boca del vaso. Calcula el área de la boca del vaso en centímetros cuadrados.

Diámetro = _____

Área de la superficie del vaso = _____

Calcula la energía que fue captada en el vaso, en calorías. Puedes suponer que la capacidad térmica específica de la mezcla y la capacidad térmica del agua son iguales. Muestra aquí tus cálculos.

Energía = _____

Calcula el flujo de energía solar, es decir, la energía captada por centímetro cuadrado por minuto. Muestra tus cálculos.

Flujo de energía = _____ cal/cm² min.

Calcula cuánta energía solar llega a cada metro cuadrado de la Tierra por minuto, en el lugar y a la hora donde te encuentres. Muestra tus cálculos y recuerda que hay 10000 centímetros cuadrados en un metro cuadrado.

Flujo de energía solar = _____ cal/ m² min.

Usa los datos para calcular la cantidad de energía solar por segundo que incide sobre una azotea plana de 6 m por 12 m en la zona donde vives y a la hora en que realizas tus mediciones. Expresa la respuesta primero en calorías por segundo y después en watts, es decir en joules por segundo. Muestra tus cálculos y recuerda que 1 cal = 4.186 J.

Potencia solar recibida por la azotea = _____ cal/seg.

Potencia solar recibida por la azotea = _____ W.

¿Cómo es esta potencia solar en comparación con el consumo típico de esa casa?

Pregunta para el análisis

Los científicos han determinado que la magnitud del flujo de energía solar fuera de nuestra atmósfera es de $2 \text{ cal/ cm}^2 \text{ min}$, en un área perpendicular a la dirección de los rayos solares. Este flujo de energía se llama constante solar. Sin embargo, sólo 1.5 calorías por centímetro cuadrado por minuto llegan a la superficie de la Tierra después de atravesar la atmósfera. ¿Qué factores podrían afectar la cantidad de energía solar que llega a la superficie de la Tierra y reducir el flujo de energía solar que has medido?

Discute los resultados y la respuesta con tu profesor. Finaliza la lectura de apoyo de este tema y resuelve las preguntas y los problemas de tarea.

Después de cada una de las actividades realizadas es importante establecer los conceptos relevantes e impulsar la lectura de apoyo para preparar la evaluación escrita. Es importante tener una sesión de discusión de las respuestas de las tareas y para la aclaración de los conceptos más relevantes antes de la evaluación escrita.

IV LECTURA DE APOYO¹³

FORMAS DE TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA A TRAVÉS DEL CALOR

CONDUCCIÓN

Si sostienes el extremo de una barra de acero sobre una flama, al cabo de unos instantes estará demasiado caliente para que la puedas seguir sosteniendo, y esto pasará con otros muchos materiales, ¡seguramente en algún momento lo has experimentado! El calor proporcionado por la flama se

¹³ Hewitt, P., Física Conceptual. 3a. Edición, Pearson- Addison Wesley Longman. México, 1999.

ha transmitido a lo largo del metal por conducción. Puede haber conducción de calor dentro de un mismo material y entre materiales diferentes que están en contacto directo. Los materiales que conducen bien el calor se conocen como conductores del calor. Los mejores conductores son los metales, entre los cuales la plata es el mejor conductor, seguida del cobre, el aluminio y el hierro.

La conducción se explica en función de las colisiones entre los átomos o moléculas y de los movimientos de electrones unidos débilmente a los átomos. En la barra de hierro la flama hace que los átomos del extremo que se calienta vibren más aprisa y transmitan dicha vibración a los átomos vecinos, y éstos hacen lo mismo a su vez con los demás hasta llegar al otro extremo de la barra.

Algo aún más importante es que los electrones libres que pueden desplazarse por el metal se ven forzados a agitarse y a transferir energía en virtud de sus colisiones con los átomos y con otros electrones libres dentro de la barra.



Figura 1 El calor de la flama hace que los átomos y los electrones libres de un extremo de la barra metálica se muevan más aprisa y se agiten contra otros hasta llegar al otro extremo que está sujeto por la mano.

Los materiales que se componen de átomos con electrones exteriores libres son buenos conductores de energía. Puesto que los metales tienen los electrones exteriores más libres son los mejores conductores de energía.

Toca el piso de loseta y una alfombra, así como un objeto metálico y algo hecho de madera que esté cerca de ti (Figura .2 a y b). ¿Cuál de los dos se siente más frío? ¿Cuál de ellos está realmente más frío?



Figura 2 El piso de loseta parece frío a los pies descalzos, mientras que la alfombra, que está a la misma temperatura, se siente tibia (a). Ocurre la misma sensación al tocar madera y un objeto de metal. Esto se debe a que la loseta es mejor conductora que la alfombra y el metal que la madera (b).

Es muy probable que tus respuestas hayan sido distintas. Si los materiales están en el mismo entorno, deben tener la misma temperatura: la temperatura ambiente. Así pues, ninguno de los dos está más frío en realidad. No obstante, el metal se *siente* más frío porque es mejor conductor y por tanto el calor pasa fácilmente de tu mano caliente hacia el metal frío. Por otro lado, la madera es un mal conductor y por tanto se transmite poco calor de la mano hacia la madera, haciendo que la mano no perciba que está tocando algo más frío. La madera, la lana, la paja, el papel, el corcho y la espuma de poliestireno son tan solo algunos ejemplos de malos conductores del calor; en cambio, son buenos aislantes porque retardan la transferencia de calor, podemos decir entonces que un mal conductor es un buen aislante y lo puedes comprobar tan solo observando las casas acondicionadas para mantenerse cálidas en días fríos.

En general, los líquidos y los gases son buenos aislantes. El aire es una mezcla de gases y conduce muy mal la energía (es decir, es un muy buen aislante). Los materiales porosos con muchos espacios pequeños llenos de aire son buenos aislantes. Las propiedades aislantes de materiales como la lana, las pieles y las plumas se deben en gran medida a que contienen espacios llenos de aire. Las aves modifican el aislamiento de su cuerpo esponjando las plumas para crear espacios de aire. Alégrate de que el aire sea un mal conductor; si no lo fuese, sentirías mucho frío en los días en que la temperatura es de 25°C.

Los copos de nieve guardan una gran cantidad de aire en sus cristales y constituyen un buen aislante. La nieve retarda la transmisión de energía de la superficie terrestre hacia el aire, protege del frío las viviendas de los esquimales y proporciona protección contra el frío a los animales en las frías noches invernales (Figura 3). La nieve, como cualquier cobertor, no es una fuente de energía; simplemente impide que la energía escape demasiado rápido



Figura 3 Las plumas de las aves al esponjarse y los copos de nieve de un iglú contienen espacios de aire, lo cual los hace ser buenos aislantes y así impedir fácilmente el escape de energía del interior hacia el exterior.

El calor es un proceso de transferencia de energía y es intangible. El frío no lo es; el frío no es sino la disminución de energía. Estrictamente hablando, los conductores o los aislantes no transmiten el “frío”, sólo la energía es la que se transfiere a través de calor. El propósito de cubrir nuestros cuerpos con ropa abrigadora no es impedir que entre el frío, sino conservar dentro la energía

térmica (Figura 4). Si la casa se enfría, se debe a que la energía interna escapa al no tener un buen aislamiento. En algunos lugares del planeta, los techos de las casas son diseñados para evitar la conducción de energía y por tanto la nieve en éstos tarda más en fundirse.

Es importante señalar que ningún aislante es capaz de impedir del todo que la energía lo atraviese. Un aislante reduce simplemente la rapidez con la que penetra la energía. Hasta las casas mejor aisladas en invierno se enfrían poco a poco. Los aislantes retardan la transferencia de energía (Figura 5).



Figura 4 Un cobertor “calientito” así como la ropa abrigadora no te da calor; simplemente retarda la transferencia de energía interna de tu cuerpo al entorno.



Figura 5 La nieve tarda más en fundirse sobre el techo de una casa bien aislada. De esta manera, el patrón que forma la nieve pone de manifiesto la conducción, o la falta de conducción de energía a través del techo. ¿Puedes ver las variaciones en el aislamiento de estas casas?



Preguntas para evaluar tu comprensión

Si sostienes un extremo de una barra metálica contra un trozo de hielo, el extremo que está en tu mano se enfría muy pronto. ¿Fluye frío del hielo a la mano?

La madera es mejor aislante que el vidrio. Sin embargo, es muy común el uso de fibra de vidrio para aislar construcciones de madera. ¿Por qué?

Puedes mantener la mano dentro de un horno caliente para pizza durante varios segundos sin quemarte, pero no tocarías el interior metálico ni por un segundo. ¿Por qué?

CONVECCIÓN

Recuerda que la transferencia de energía por conducción implica que la energía se transfiere de una molécula a otra. La energía se desplaza, pero las moléculas no. Otra forma de transferir energía mediante calor es por desplazamiento de la sustancia más caliente. El aire que está en contacto con una estufa caliente asciende y calienta las regiones superiores. El agua que se calienta en una caldera en el sótano sube y calienta los radiadores de los pisos más altos. Este es el fenómeno de la convección, en el que el calentamiento es consecuencia de las corrientes que se forman en un fluido.

Otra sencilla demostración, aparte de la que realizaste en el laboratorio, ilustra la diferencia entre la conducción y la convección. Con ayuda de un pequeño balón de acero mantén un trozo de hielo en el fondo de un tubo de ensayo casi lleno de agua. Sostén el tubo por la parte inferior y coloca el extremo superior sobre la flama de un encendedor o mechero Bunsen (Figura 6). El agua de la parte superior hervirá vigorosamente, pero el hielo que está abajo no se funde. El agua caliente del extremo superior es menos densa y permanece donde está. Para llegar al hielo el calor debe transmitirse por conducción y vemos que

no llega a él, por ello sabemos que el agua es un mal conductor de energía. Si repites el experimento, pero esta vez sostén el tubo por la parte superior con unas pinzas para tubo de ensayo y calientas el agua del fondo mientras el hielo flota en la superficie, verás que el hielo se funde rápidamente. La energía llega a la superficie por convección, porque el agua caliente sube y lleva su energía al hielo.



Figura 6 Si calentamos el tubo de ensayo por la parte superior, se evita la convección y la energía sólo puede llegar al hielo por conducción. Como el agua es mala conductora, el agua de la parte superior hierve sin fundir el hielo.

La convección se lleva a cabo en todos los fluidos, tanto líquidos como gases. Ya sea que calentemos el agua de una olla o el aire en una habitación, el proceso es el mismo. Cuando el fluido se calienta, se expande, se hace menos denso y sube. El aire caliente y el agua caliente se elevan por la misma razón por la que un madero flota en el agua y un globo lleno de helio se eleva en el aire, la convección es en efecto una aplicación del principio de Arquímedes, porque el fluido circundante, más denso, ejerce una fuerza de flotación sobre el fluido más caliente y lo hace subir. El fluido más frío se desplaza entonces hacia el fondo y el proceso se repite. De esta manera, las corrientes de convección agitan el fluido conforme éste se calienta.

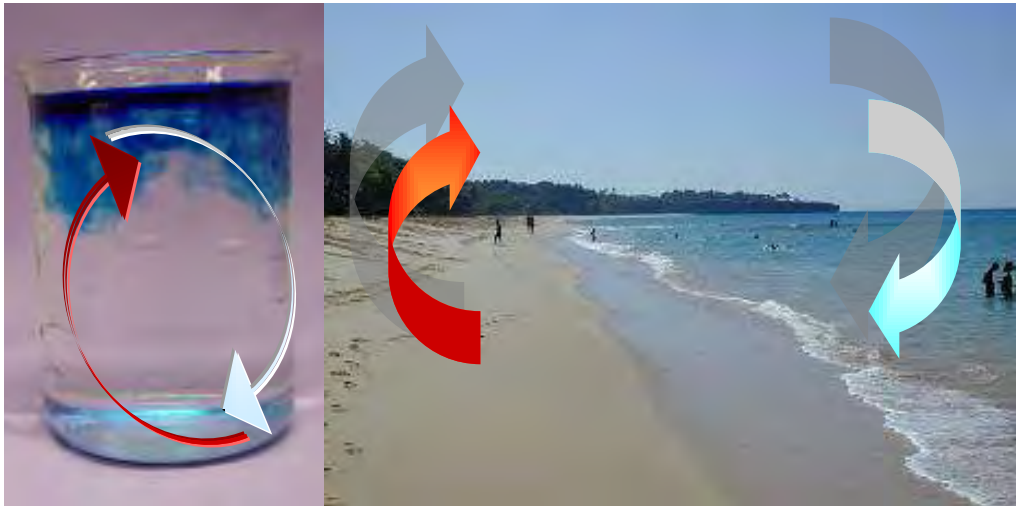


Figura 7 Corrientes de convección en un líquido y en el aire. El aire caliente de una playa asciende (flecha roja) y el aire frío de las regiones superiores de la atmósfera desciende (flecha blanquiazul), lo mismo ocurre en un vaso de agua caliente al agregarle un tinte.

VIENTOS

Las corrientes de convección que agitan la atmósfera producen vientos. Ciertas regiones de la superficie terrestre como las costas absorben el calor del sol con más facilidad que otras como el mar. La absorción desigual causa que el aire próximo a la superficie se caliente de manera no homogénea y se generen corrientes de convección. Este fenómeno es muy común en la playa. Durante el día la costa se calienta con más facilidad que el agua. El aire que está sobre el suelo se eleva y el aire más fresco proveniente del agua ocupa su lugar; el resultado es la brisa marina (Figura 8)

Durante la noche el proceso se invierte ya que la costa se enfría con mayor rapidez que el agua, y el aire más caliente está ahora sobre el mar. Si haces una hoguera en la playa podrás observar que el humo es arrastrado tierra adentro durante el día y hacia el mar en la noche.



Figura 7.8 El calentamiento desigual del aire produce corrientes de convección. La tierra está más caliente que el agua durante el día y más fría que el agua durante la noche, de modo que la dirección de flujo del aire se invierte al caer la noche.



Experimenta la física



La mano fría

Sopla sobre tu mano con la boca abierta. Advierte que tu aliento está tibio. Ahora frunce los labios para que la abertura de tu boca sea pequeña y sopla otra vez sobre tu mano.

¿Se siente igual la temperatura del aire en tu mano? ¿En qué caso se expande más el aliento que exhalas:

Cuando soplas con la boca abierta o cuando lo haces con los labios fruncidos? ¿En qué caso sentiste más frío el aire en tu mano? ¿Por qué?



¿POR QUÉ SE ENFRÍA EL AIRE QUE SUBE?

Del mismo modo que un globo que se eleva, el aire caliente que sube se expande. ¿Por qué? Porque a mayor altitud la presión atmosférica que lo aplasta es menor. A medida que el aire se expande se enfría; precisamente lo contrario de lo que ocurre cuando se comprime. Si alguna vez has comprimido aire con una bomba para neumáticos, es probable que hayas advertido que el aire y la bomba se calentaron mucho. Ocurre lo contrario cuando el aire se expande. El aire se enfría al expandirse.

Podemos entender el enfriamiento del aire si pensamos en las moléculas de aire como en pelotas diminutas que rebotan unas contra otras. Una pelotita adquiere rapidez cuando la golpea otra pelotita que se aproxima con mayor rapidez que ella. Pero cuando una pelota choca con otra que se aleja, su rapidez se reduce después de la colisión (Figura 9ª). Algo similar ocurre con una pelota de ping-pong que se desplaza hacia una raqueta; adquiere mayor rapidez cuando golpea una raqueta que se aproxima, pero pierde rapidez cuando golpea una raqueta que se aleja. Este mismo concepto es aplicable a una región de aire que se expande; las moléculas chocan, en promedio, con más moléculas que se alejan que con moléculas que se aproximan (Figura 9b). Así pues, la rapidez promedio de las moléculas de un volumen de aire que se expande disminuye y el aire se enfría.

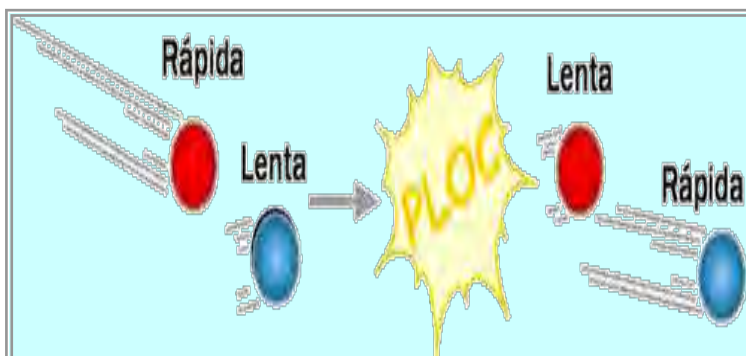


Figura 9ª Cuando una molécula choca con otra que se aleja, su rapidez disminuye después de la colisión.

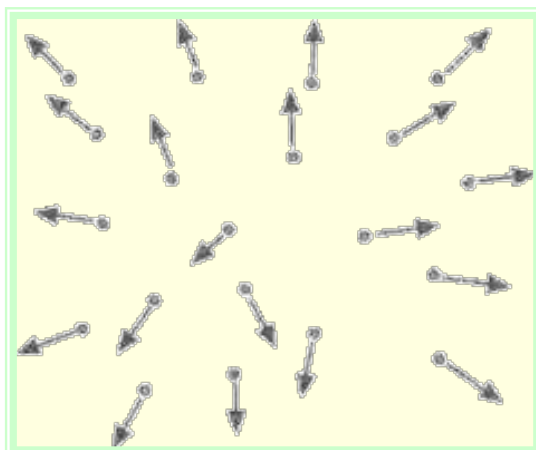


Figura 9b Las moléculas de una región de aire en expansión chocan con más frecuencia con moléculas que se alejan que con moléculas que se aproximan, por tanto, su rapidez tiende a disminuir después del rebote y, en consecuencia, el aire en expansión se enfría.

RADIACIÓN

El calor del sol atraviesa la atmósfera y calienta la superficie terrestre. Este calor no pasa a través de la atmósfera por conducción, porque el aire es uno de los peores conductores, ni tampoco lo hace por convección, pues ésta se inicia sólo después que la Tierra se ha calentado. Sabemos también que ni la convección ni la conducción son posibles en el espacio vacío que separa a nuestra atmósfera del Sol. La energía del Sol se transmite por otro proceso, que se llama radiación.¹⁴



Figura 10 Tipos de energía radiante (ondas electromagnéticas).

¹⁴ La palabra radiación tiene más de un significado. No hay que confundir la radiación térmica con la radiación radiactiva que emiten los núcleos de los átomos radiactivos como el uranio y el radio.

Toda energía que se transmite por radiación, incluso el calor, se llama energía radiante. La energía radiante se presenta en forma de *ondas electromagnéticas*, y comprende las ondas de radio, las microondas, la radiación infrarroja, la luz visible, la radiación ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma. Hemos enumerado los tipos de energía radiante en orden de longitud de onda decreciente.¹⁵



Pregunta para evaluar tu comprensión

4. **Puedes conservar los dedos cerca de la flama de la vela sin quemarte, pero no encima de la vela. ¿Por qué?**



Experimenta la física



Bloqueo de la radiación infrarroja

Siéntate cerca del fuego producido por varias velas, cierra los ojos y siente el calor sobre los párpados. El calor que percibes es radiación infrarroja, pues la mayor parte del aire que se calienta escapa hacia arriba. Los párpados son muy sensibles a los rayos infrarrojos.

Ahora colócate un par de lentes ante los ojos y verás que tus párpados se enfrían: ¿descansaste, verdad? Los lentes de vidrio o de plástico

¹⁵ La radiación infrarroja (‘‘bajo el rojo’’) tiene longitudes de onda mayores que las de la luz visible. Las longitudes de onda visibles mayores corresponden a la luz roja y las más pequeñas a la luz violeta. La radiación ultravioleta (‘‘más allá del violeta’’) tiene longitudes de onda aún más pequeñas. (En estudios posteriores verás con más detalle el concepto de longitud de onda, y el de ondas electromagnéticas.)

transmiten las ondas visibles, lo que te permite ver el fuego, pero absorben las ondas infrarrojas, lo que permite así bloquear el calor del fuego.

Todos los objetos emiten sin cesar energía radiante con una mezcla de longitudes de onda. Los cuerpos cuya temperatura es baja emiten ondas largas, como las largas y perezosas ondas que se producen en una cuerda cuando la agitas con poca energía. Los objetos que se encuentran a temperaturas más altas emiten ondas cuya longitud de onda es menor. Los cuerpos que están a las temperaturas ordinarias emiten ondas que corresponden principalmente al extremo de longitudes de onda larga de la región infrarroja, que es intermedia entre las ondas de radio y las de luz visible. La sensación de calor se debe a las ondas infrarrojas de longitud de onda más corta que absorbe nuestra piel. Así pues, cuando hablamos de radiación térmica nos referimos a la radiación infrarroja, la cual puede ser detectada mediante sensores de calor como el de la figura 11, el cual muestra la radiación de nuestras manos.



Figura 11 Nuestras manos y en general todo nuestro cuerpo emite radiación infrarroja que es detectada mediante sensores infrarrojos.



Quando un objeto está suficientemente caliente, parte de la energía radiante que emite corresponde a la región de la luz visible (Figura 12). A una temperatura de alrededor de 500°C los objetos comienzan a emitir las ondas más larga que podemos ver, esto es, luz roja. A temperaturas mayores se emite una luz amarillenta. A unos 1200°C se emiten todas las longitudes de onda a las que el ojo es sensible y decimos que el objeto está —al rojo blanco”.

Figura 12 Conforme se aumenta la temperatura de un material, cambia su coloración debido a la emisión de ondas de diversa longitud que produce

Algunos objetos comunes que producen una sensación de calor son: las brasas ardientes de una chimenea, el filamento de una bombilla y el Sol. Todos estos cuerpos emiten radiación infrarroja y luz visible. Cuando esta energía radiante incide en otros objetos, éstos absorben una parte de la energía y reflejan el resto. La porción que se absorbe incrementa la energía interna de los objetos (Figura 13 a y b).



Figura 13 a y b La mayor parte del “calor” de un hogar escapa por la chimenea debido a la convección.

La energía a través de calor que percibimos nos llega por radiación.

ABSORCIÓN DE ENERGÍA RADIANTE

La absorción y la reflexión son procesos opuestos. Por consiguiente, un buen absorbente de energía radiante refleja muy poca de esta energía, incluso la gama de energía radiante que llamamos luz. Por eso un buen absorbente se ve oscuro. Un absorbente perfecto no refleja energía radiante en absoluto y se ve perfectamente negro. La pupila, por ejemplo, deja entrar la energía radiante sin reflejarla y se ve totalmente negra. (Las “pupilas” de color rosa que se observan en algunas fotografías tomadas con flash se deben a la luz que se refleja directamente en la retina, en la parte posterior del ojo.)

Observa los extremos abiertos de unos tubos amontonados. Los orificios se ven negros. Mira durante el día las puertas o las ventanas abiertas de casas distantes y verás que también se ven negras. Las aberturas se ven negras porque la energía radiante que entra se refleja muchas veces en las paredes interiores y se absorbe parcialmente en cada reflexión, hasta que queda muy poca o nada de ella (Figura 14).



Figura 14 El agujero se ve negro a pesar de que el interior de la caja está pintado de blanco. La energía radiante que entra por la abertura tiene pocas probabilidades de salir antes de ser absorbida totalmente.

Por otro lado, un buen reflector es un mal absorbente. Los objetos de color claro reflejan más luz y calor que los objetos oscuros. En el verano las personas se mantienen frescas usando prendas de colores claros (figura 15).



Figura 15 Cualquier objeto con una superficie similar a la de un espejo refleja la mayor parte de la energía radiante que incide sobre él. Por esta razón es un mal absorbente de energía radiante.

EMISIÓN DE ENERGÍA RADIANTE

Los buenos absorbentes son también buenos emisores; los malos absorbentes son también malos emisores. Por ejemplo, una antena de radio transmisión que ha sido construida para ser un buen emisor de ondas de radio es, por su mismo diseño, un buen receptor de ondas de radio. Una antena transmisora mal diseñada causará también un mal receptor. Es interesante observar que si un buen absorbente no fuese además un buen emisor, entonces los objetos negros se conservarían más calientes que los objetos de colores claros y nunca alcanzarían un equilibrio térmico con los mismos. Pero los objetos en contacto sí alcanzan el equilibrio térmico. En esas condiciones cada objeto absorbe tanta energía como emite. Así pues, un objeto oscuro que absorbe mucho debe emitir mucho también.¹⁶

Para comprobar este hecho, busca un par de recipientes metálicos de forma y tamaño iguales, uno con una superficie blanca o brillante y el otro de color negro (Figura 7.16). Llena los recipientes con agua caliente y coloca sendos termómetros en el agua. Verás que el recipiente negro se enfría más aprisa. La superficie negra es mejor emisora. El café o el té se conservan calientes durante más tiempo en un recipiente brillante que en uno negro. Puedes hacer el mismo experimento a la inversa. Esta vez llena cada recipiente con agua helada y coloca los recipientes cerca de una buena fuente de energía radiante: frente a una chimenea, cerca de una estufa de leña, o en el jardín bajo el sol. Verás que el recipiente negro se calienta más rápido. Un buen emisor de energía radiante es también un buen absorbente.



¹⁶ En un día caluroso y al aire libre, no se alcanza el equilibrio térmico mientras los materiales negros como el pavimento o la carrocería de un automóvil permanecen más calientes que el entorno. El equilibrio se alcanza en la noche, cuando se enfrían más aprisa.

Figura 16 Cuando los recipientes se llenan con agua caliente, el negro se enfría con más rapidez.

Si se llenan con agua fría y se exponen a energía radiante, el negro se calienta más aprisa.
¿Por qué?

El hecho de que una superficie funcione como emisor neto o como absorbente neto, depende de si su temperatura es superior o inferior a la del entorno. Por ejemplo, si la superficie está más caliente que el entorno se comportará como emisor neto y se enfriará. Si la superficie está más fría que el entorno será un absorbente neto y se calentará. Toda superficie, fría o caliente, absorbe y emite energía radiante. Si la superficie absorbe más energía de la que emite, se trata de un absorbente neto; si emite más de la que absorbe, es un emisor neto.

En un día soleado la superficie terrestre es un absorbente neto; durante la noche es un emisor neto. En una noche despejada el "entorno" de la superficie terrestre son las heladas profundidades del espacio y el enfriamiento es más rápido que en una noche nublada, cuando el entorno son las nubes cercanas. Las noches durante las cuales la temperatura baja a niveles récord se presentan cuando el cielo está despejado.



Preguntas para evaluar tu comprensión

5. Si un buen absorbente de energía radiante fuese un mal emisor, ¿cómo sería su temperatura en comparación con la de su entorno?
6. Para conseguir la máxima eficiencia, ¿de qué color conviene pintar un radiador: de negro o plateado?

La próxima vez que estés bajo los rayos directos del Sol, entra y sal de una zona sombreada. Advertirás la diferencia en la cantidad de energía radiante que recibes. Reflexiona entonces en la enorme cantidad de energía que el Sol emite y que te llega desde unos 15 millones de kilómetros de distancia. ¿Está el Sol extraordinariamente caliente? Sí pero no tan caliente como algunos sopletes para soldar que se utilizan en los talleres mecánicos. Sientes el calor

del Sol no porque esté caliente (que lo está), sino principalmente porque es grande. ¡De veras grande! Un millón de Tierras apenas lo llenarían.



LEY DEL ENFRIAMIENTO DE NEWTON

Sabemos que todo objeto cuya temperatura es diferente de la de su entorno alcanzará en último término una temperatura igual a la de éste. Un objeto relativamente caliente se enfría calentando su entorno como lo hace una taza de té caliente en el comedor, y un objeto frío se calienta enfriando su entorno como un vaso de hielos en la sala.

La rapidez de enfriamiento de un objeto depende de cuánto mayor sea su temperatura respecto a la del entorno. El cambio de temperatura por minuto de un pastel de manzana caliente será mayor si lo colocamos en un congelador frío que si lo ponemos sobre la mesa de la cocina pues cuando el pastel se enfría en el congelador, la diferencia de temperatura es más grande. Una casa caliente cede energía al exterior frío con más rapidez cuando hay una diferencia mayor entre la temperatura interior y la exterior. En días fríos cuesta más mantener el interior de tu casa a una temperatura elevada que a una temperatura menor. Si la diferencia de temperatura es pequeña, la rapidez de enfriamiento también será pequeña.

La rapidez de enfriamiento de un objeto, ya sea por conducción, por convección o por radiación, es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperatura ΔT entre el objeto y su entorno.

Rapidez de enfriamiento $\propto \Delta T$

Esta es la ley del enfriamiento de Newton. La ley del enfriamiento de Newton también es válida para el calentamiento. Si un objeto está más frío que su

entorno, su rapidez de calentamiento también es proporcional a ΔT . Los alimentos congelados se calientan más aprisa en una habitación cálida que en una fría.



Pregunta para evaluar tu comprensión

7. Puesto que una taza de té caliente pierde energía más aprisa que una taza de té tibia, ¿sería correcto afirmar que una taza de té caliente se enfría a la temperatura ambiente más pronto que una taza de té tibia?



	Aplicaciones de la física	
		<p>La ballena de cabeza caliente.</p> <p>La densidad del agua depende de su temperatura. Asimismo, la densidad de dos a tres toneladas de aceite de la cabeza de una ballena, depende también de su temperatura.</p>

Esta clase de ballena de esperma puede alterar la temperatura del aceite de su cabeza, y al hacerlo, modifica su densidad. En esta forma, ella controla su flotabilidad y por eso puede adaptarse a las fluctuaciones de la densidad del agua que la rodea. ¿Qué te parece?

CALENTAMIENTO GLOBAL Y EL EFECTO DE INVERNADERO

Un automóvil estacionado bajo el Sol en un día caluroso y con las ventanillas cerradas se puede calentar mucho interiormente, bastante más que el aire exterior. Esto es un ejemplo del efecto de invernadero llamado así porque es similar al efecto de elevación de temperatura que se produce en los invernaderos de cristal donde se cultivan plantas. Para entender el efecto de invernadero es necesario conocer dos conceptos.

Ya se ha expuesto el primer concepto: que todas las cosas irradian, y que la longitud de onda de la radiación depende de la temperatura del objeto que emite la radiación. Los objetos cuya temperatura es alta irradian ondas cortas: los objetos que están a una temperatura baja irradian ondas largas. El segundo concepto que debemos conocer es que la transparencia de cosas tales como el aire y el vidrio depende de la longitud de onda de la radiación. El aire es transparente a las ondas infrarrojas (largas) y a las ondas visibles (cortas), a menos que el aire contenga mucho dióxido de carbono y vapor de agua, en cuyo caso es opaco a las ondas infrarrojas. El vidrio es transparente a las ondas de luz visible, pero es opaco a las ondas infrarrojas.

Veamos ahora por qué el auto se calienta tanto cuando está bajo el Sol. En comparación con el auto, la temperatura del Sol es muy alta. Esto significa que las ondas emitidas por el Sol son muy cortas. Estas ondas cortas atraviesan con facilidad la atmósfera terrestre y el vidrio de las ventanillas del auto. De esta manera, la



energía del Sol penetra al interior del auto, donde se absorbe casi toda a excepción de la que se refleja. El interior del auto se calienta y, emite sus propias ondas, pero, a diferencia del Sol, éstas son más largas. Esto se debe a que la temperatura del interior del auto es mucho más baja. Las ondas largas que se irradian de regreso se topan con el vidrio de las ventanillas, que es opaco. De esta manera, la energía que se irradia de regreso permanece en el interior del auto y lo calienta aún más. Por más que el interior del auto se caliente, nunca alcanzará una temperatura suficiente para irradiar ondas capaces de atravesar el vidrio, al menos que se ponga al rojo vivo.

Se produce el mismo efecto en la atmósfera terrestre, que es transparente a la radiación solar. La superficie de la Tierra absorbe esta energía e irradia de regreso una parte de la misma a longitudes de onda más largas actuando como una válvula (Figura 17). La energía que la Tierra irradia se llama radiación terrestre. Los gases atmosféricos (principalmente dióxido de carbono y vapor de agua) absorben y emiten de regreso a la Tierra gran parte de esta radiación terrestre de longitud de onda larga. Así pues, la radiación de longitud de onda larga que no consigue escapar de la atmósfera terrestre calienta el planeta. Este proceso de calentamiento global es *muy* agradable, pues en su ausencia la Tierra tendría una fría temperatura de -18°C .



Figura 17 La atmósfera de la Tierra actúa como una especie de válvula de un solo sentido porque permite el paso de la luz visible que proviene del Sol, pero, en virtud de su contenido de vapor de agua y de dióxido de carbono, impide la salida total de la radiación terrestre.

A lo largo de los últimos 500 000 años la temperatura promedio de la Tierra ha fluctuado entre 19°C y 27°C, y hoy en día se encuentra en el punto alto, en 27°C. Nuestra inquietud ambiental actual es que los crecientes niveles de dióxido de carbono y de otros gases en la atmósfera puedan hacer que la temperatura aumente y produzcan un nuevo equilibrio térmico desfavorable para la biosfera (Figura 18). Es interesante señalar que en el invernadero para plantas el calentamiento se debe principalmente a la capacidad del vidrio para impedir que las corrientes de convección mezclen el aire exterior más frío con el aire interior más caliente. Así pues, el efecto de invernadero desempeña una función más importante en el calentamiento de la Tierra que en el de un invernadero.



Figura 18 La temperatura de la Tierra depende del equilibrio energético entre la radiación solar que incide en la superficie y la radiación terrestre que escapa al espacio.



Figura 19 La energía radiante de longitud de onda corta que proviene del Sol atraviesa la atmósfera. El suelo emite energía radiante de longitud de onda más larga, incapaz de atravesar la atmósfera. Como la entrada es mayor que la salida el interior se calienta.

La cantidad de radiación solar que llega a la Tierra, promediada a lo largo de unos pocos años, compensa exactamente la radiación terrestre que nuestro planeta emite al espacio (Figura 19). Este equilibrio da por resultado la temperatura promedio de la Tierra, la cual permite hoy en día la existencia de la vida tal como la conocemos. A lo largo de un periodo de siglos, o incluso de décadas, la temperatura promedio de la Tierra puede cambiar por causas naturales y también a resultas de la actividad humana.

La incorporación de ciertos materiales en la atmósfera modifica la absorción y la reflexión de la radiación solar. La quema de combustibles fósiles calienta el ambiente. Excepto cuando la fuente de energía es el Sol, el viento o el agua, el creciente consumo de energía en la Tierra aporta calor. Estas actividades pueden alterar el equilibrio de la radiación y modificar la temperatura promedio de la Tierra.

Una convicción importante es que —*no*ca podrás cambiar sólo una cosa”. Si cambias una cosa, cambias otra. Una temperatura terrestre ligeramente mayor significa océanos un poco más calientes, y esto a su vez significa una evaporación ligeramente mayor que genera nevadas algo más intensas en las regiones polares. La fracción de la Tierra que hoy se encuentra cubierta de hielo y nieve es mayor que el área total que se utiliza como terrenos de cultivo. Estas áreas blancas más extensas reflejan más radiación solar, y esto puede dar lugar a un descenso significativo en la temperatura del planeta. Así pues, si sobrecalentamos hoy la Tierra, quizá ésta se enfríe mañana ¡y se desencadene así la próxima glaciación! Aunque puede ser que no ocurra así. No lo sabemos. Lo que sí sabemos es que el consumo de energía está relacionado con el tamaño de la población. Estamos cuestionando seriamente la idea de un crecimiento continuo.

V SUMARIO DE CONCEPTOS

La transferencia de energía por conducción se lleva a cabo en el interior de ciertos materiales y de un material a otro cuando ambos están en contacto.

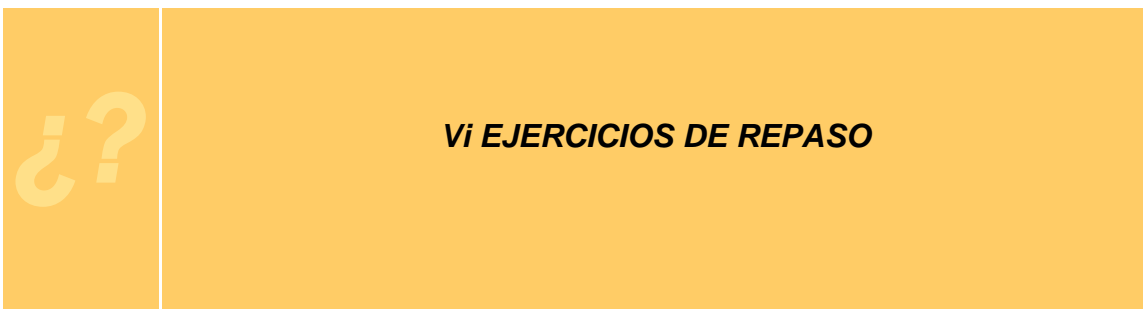
- Los metales son buenos conductores.
- Los malos conductores, como la madera, el corcho, el poliestireno, y casi todos los líquidos y gases, son buenos aislantes.

La transferencia de energía por convección se debe al movimiento del propio material calentado.

- Hay convección en todos los fluidos (ya sean líquidos o gases).
- Los vientos son consecuencia de las corrientes de convección que agitan la atmósfera.

La transferencia de energía por radiación se lleva a cabo entre todos los objetos, incluso en el espacio.

- La energía que se transmite por radiación se conoce como energía radiante.
- Un buen absorbente de energía radiante refleja muy poca energía radiante, incluso la luz visible, y por tanto parece oscuro a la vista.
- Los buenos absorbentes de energía radiante son buenos emisores.
- Según la ley del enfriamiento de Newton, la rapidez de enfriamiento (o de calentamiento) de un objeto es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperatura entre el objeto y su entorno.



1. ¿Qué papel desempeñan los electrones “libres” en la conducción de energía?
2. ¿Por qué se siente más frío al tacto un trozo de metal a temperatura ambiente que uno de papel, de madera o de tela?

-
3. ¿Cuál es la diferencia entre un conductor y un aislante?
-
4. ¿Por qué son buenos aislantes los materiales como la madera, las pieles, las plumas e incluso la nieve?
-
5. ¿Por qué decimos que el frío no es algo tangible?
-
6. ¿Qué relación hay entre el principio de Arquímedes y la convección?
-
7. ¿Por qué cambia del día a la noche la dirección de los vientos costeros?
-
8. ¿Cómo cambia la temperatura de un gas cuando se comprime? ¿Y cuando se expande?
-
9. Unas fichas de dominó se colocan unas frente a otras en posición vertical formando una hilera. Cuando empujas una de ellas, ésta hace caer la siguiente, la cual hace lo mismo con su vecina en un efecto de cascada, hasta que todas las fichas han caído. ¿A cuál de los tres tipos de transferencia de calor se asemeja más esto?
-
10. ¿Qué es la energía radiante?
-
11. ¿Cómo varían las longitudes de onda de la energía radiante con la temperatura de la fuente de la radiación?
-
12. ¿Por qué se ve negro un buen absorbente de energía radiante?
-
13. ¿Por qué se ven negras las pupilas de los ojos?
-
14. ¿Un buen absorbente de radiación es también un buen emisor, o un mal emisor?
-
15. Normalmente ¿qué se enfría más aprisa: un recipiente negro que contiene té caliente, o uno plateado?
-
16. ¿Cuál de estos objetos experimenta una rapidez de enfriamiento mayor: un atizador al rojo vivo dentro de un horno caliente o un atizador al rojo vivo en una habitación fría? (o se enfrían ambos con la misma rapidez?)
-

17. ¿Es aplicable al calentamiento la ley del enfriamiento de Newton?

18. ¿Qué es la radiación terrestre?

19. La energía solar radiante se compone de ondas cortas, pero la radiación terrestre está constituida por ondas largas. ¿Por qué?

20. a. ¿Por qué decimos que el efecto de invernadero es como una válvula de un solo sentido?

b. ¿Es más pronunciado el efecto de invernadero en un invernadero para plantas que en la superficie terrestre?



Actividades

1.- Utiliza hielo en gran cantidad y haz lo que hizo Benjamín Franklin hace casi dos siglos: extiende sobre la nieve un trozo de tela clara y otro de tela oscura. Observa la diferencia en la rapidez de fusión de la nieve bajo las telas.

2.- Envuelve una barra metálica gruesa en un trozo de papel y ponla sobre una flama. Observa que el papel no se enciende. ¿Puedes decir por qué? (*Sugerencia:* En general, el papel no se enciende hasta que alcanza una temperatura aproximada de 230°C.)

PREGUNTAS PARA PENSAR MÁS. Justifica tu respuesta

1. ¿A qué temperatura común un bloque de madera y un trozo de metal no se sienten fríos ni calientes cuando los tocas con la mano?
2. Si introduces una varilla metálica en un montón de nieve, el extremo que sostienes con la mano no tarda en enfriarse. ¿Acaso fluye frío de la nieve hacia la mano?
3. La madera es mala conductora; esto significa que la energía se transmite con lentitud, aun cuando la madera está muy caliente. ¿Por qué ciertas personas pueden caminar descalzas sin peligro sobre brasas de madera al rojo, pero no sobre trozos de hierro al rojo?
4. Las lámparas de escritorio suelen tener pequeños orificios cerca de la parte superior de la pantalla metálica (también algunos monitores de computadora). ¿Cómo mantienen fresca la lámpara estos orificios?
5. Cuando un trasbordador espacial está en órbita y no parece haber gravedad en la cabina, ¿Por qué no puede permanecer encendida una vela?
6. El departamento estatal de carreteras de Montana esparce polvo de carbón sobre la nieve. Al salir el Sol, la nieve se funde rápidamente. ¿Por qué?
7. Supón que a una persona en un restaurante le sirven el café antes de que esté lista para tomarlo. Para que el café esté tan caliente como sea posible al momento de tomarlo, ¿es conveniente añadir la crema de inmediato, o justo antes de tomarlo?
8. ¿Se enfría una lata de refresco con la misma rapidez en el compartimiento normal del refrigerador que dentro del congelador? (¿En qué ley física piensas para responder a esta pregunta?)
9. Si deseas ahorrar combustible en un día frío, y vas a salir de tu casa cálida por una media hora, ¿es conveniente reducir unos cuantos grados el control del

termostato del sistema de calefacción, apagarlo por completo o dejarlo a la temperatura de la habitación?

10. Si la composición de las capas superiores de la atmósfera cambiase de tal suerte que dejaran escapar una mayor cantidad de radiación terrestre, ¿qué efecto tendría esto en el clima de la Tierra? A la inversa, ¿cuál sería el efecto si las capas superiores de la atmósfera dejaran escapar menos radiación terrestre?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS PARA EVALUAR TU COMPRENSIÓN.

1. El frío no fluye del hielo a tu mano. Es energía a través de calor lo que fluye de tu mano al hielo. El metal se siente frío al tacto porque estás transfiriendo energía interna al metal.

2. La fibra de vidrio es un buen aislante, varias veces mejor que el vidrio, debido al aire que está atrapado entre las fibras.

3. El aire es mal conductor; por esta razón, el calor fluye despacio del aire caliente a tu mano, que está relativamente fría. Pero cuando tocas las partes metálicas el asunto es muy distinto. El metal conduce muy bien el calor, y se transmite mucho calor a tu mano en un tiempo muy corto cuando se establece el contacto térmico.

4.- La energía se desplaza hacia arriba por convección del aire. Como el aire es mal conductor, es muy poco la energía que se mueve hacia los lados.

5. Si un buen absorbente no fuese al mismo tiempo un buen emisor, habría una absorción neta de energía radiante y la temperatura de los buenos absorbentes sería siempre más alta que la del entorno. Las cosas que nos rodean alcanzan una temperatura común sólo porque los buenos absorbentes son también, por su misma naturaleza, buenos emisores.

6. La mayor parte de la energía que transmite un radiador de calefacción nos llega por convección, así que el color no es tan importante. Sin embargo, para conseguir la máxima eficiencia los radiadores se deben pintar de color negro opaco o mate para que aumente la contribución por radiación.

7.-No! Aunque la rapidez de enfriamiento es mayor en el caso de la taza más caliente, es mucho más lo que deberá enfriarse para alcanzar el equilibrio térmico. El tiempo adicional equivale al tiempo necesario para enfriarla a la temperatura inicial de la taza de té tibia. La *rapidez* de enfriamiento y el *tiempo* de enfriamiento no son lo mismo.

Vii EVALUACIÓN ESCRITA

NOMBRE _____ GRUPO _____

Con esta evaluación se pretende obtener información acerca de los logros y las dificultades que has tenido en la adquisición de conocimientos y habilidades acerca de las formas de transmisión de la energía a través del calor.

Para las siguientes afirmaciones señala verdadero (V) o falso (F) según creas conveniente. No olvides justificar tus respuestas en una hoja aparte.

V F 1.- La rapidez de enfriamiento de un objeto es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre el objeto y su entorno.

V F 2.- Un buen emisor de calor también será un buen reflector del mismo.

V F 3.- Un buen reflector del calor es un pobre absorbedor del calor.

V F 4.- Todos los objetos irradian ó emiten energía.

V F 5.- Un buen conductor de calor esta formado por sus átomos con sus electrones fuertemente unidos.

Coloca en el espacio de la izquierda la letra que crees completa la afirmación

que se da. No olvides justificar tus respuestas.

__6.-La ley de enfriamiento de Newton dice que la rapidez de enfriamiento depende de:

- a.- La masa del objeto
- b.- El volumen del objeto
- c.- La diferencia de temperatura entre la del objeto y la de su entorno
- d.- La capacidad calorífica específica del objeto.

__7.- Entre una olla de agua hirviendo y otra olla igual pero de agua tibia, que están en el mismo cuarto a la misma temperatura ambiente, ¿Cuál olla se enfriará primero?

- a.- La de agua hirviendo
- b.- La de agua tibia
- c.- Son iguales
- d.- Las dos casi igual

__8.-Se llenan dos ollas exactamente iguales y del mismo tamaño con agua hirviendo,

pero una es blanca y la otra es negra. ¿Cuál olla se enfriará primero?

- a.- La blanca
- b.- La negra
- c.- Las dos al mismo tiempo
- d.- Las dos casi igual

__9.-La causa por la cual la ropa de distintos colores distinto al negro te ayuda a mantenerte fresco en tiempo caluroso es que:

- a.- Estos colores reflejan mucha energía y ayudan a no incrementar tu temperatura
- b.- La ropa de estos colores tienen mucho espacio entre sus fibras y te mantienen fresco
- c.-Estos colores absorben energía dejando pasar una pequeña cantidad de ella y no toda

d.- Todas las anteriores son ciertas.

___10.-El calor viaja desde el sol hasta la tierra debido a un proceso llamado:

- a.- Conducción
- b.- Convección
- c.- Radiación
- d.- Insolación

___11.-La causa por la que puedes mantener los dedos de la mano a un lado de la llama de una vela sin que te quemes es que:

- a.- El aire es un mal conductor del calor
- b.- El aire caliente se eleva
- c.- Las corrientes de convección del aire se mueven hacia arriba
- d.- Todas las anteriores son ciertas

___12.-La transferencia de calor por convección ocurre cuando:

- a.- Los electrones chocan contra otros electrones
- b.- Gran cantidad de átomos se mueven de un lugar a otro
- c.- Los átomos emiten calor en forma de ondas electromagnéticas
- d.- Las ondas electromagnéticas viajan de un lugar a otro a través del vacío.

___13.-La espuma sintética es una buena:

- a.- Emisora de calor
- b.- Absorbedora de calor
- c.- Conductora de calor
- d.- Aisladora de calor

___14.-Cuando se toca una pieza de metal y otra de madera, el metal se sentirá más frío porque:

- a.- El metal está más frío que la madera
- b.- En general, la capacidad calorífica del metal es más alta que la de la madera
- c.-En general, los metales son mejores conductores del calor que la madera
- d.- En general la madera es un pobre aislador

___15.-La transferencia de calor por conducción ocurre cuando:

- a.- Los electrones se estrellan contra los átomos y otros electrones

- b.- Gran cantidad de átomos se mueven de un lugar a otro
 - c.- Los átomos emiten calor en forma de ondas electromagnéticas
 - d.- Las ondas electromagnéticas viajan de un lugar a otro a través del vacío.
- 16.- Explica que es el efecto de invernadero y como se desarrolla. Cita algunos ejemplos. ¿Qué sistema proporciona un mejor ejemplo de este efecto, la tierra y la atmósfera ó un invernadero de plantas real?
-
-

17.- ¿A qué temperatura común un bloque de madera y un trozo de metal nos se sienten fríos ni calientes cuando los tocas con las manos? Explica.

18.- Si introduces una varilla metálica en un montón de nieve, o hielo, el extremo que sostienes con la mano no tarda en enfriarse. ¿Acaso fluye frío de la nieve hacia la mano?

19.- La energía solar radiante se compone de ondas cortas, pero la radiación terrestre está constituida por ondas largas. ¿Por qué?

20.- ¿Por qué se ven negras las pupilas de los ojos?

Es conveniente discutir los resultados de la evaluación escrita con el fin de consolidar los aprendizajes y de poder continuar con el siguiente tema.

Será importante siempre detenerse el tiempo necesario para reforzar los contenidos y eliminar las dudas existentes en los alumnos.

Sección III. CAMBIO DE FASE

i Objetivos específicos:

Al finalizar el estudio de este capítulo el estudiante podrá:

- Explicar por qué la evaporación del agua es un proceso de enfriamiento.
- Explicar por qué la condensación es un proceso de calentamiento.
- Explicar por qué una persona con piel mojada siente más frío en aire seco que en aire húmedo a la misma temperatura.
- Distinguir entre evaporación y ebullición.
- Explicar por qué la comida cocinada en agua hirviendo tarda más en cocinarse a grandes altitudes que en el nivel del mar.
- Explicar por qué el agua con sustancias disueltas en ella se congela a una temperatura más baja que el agua pura.
- Describir las circunstancias bajo las cuales algo puede hervir y congelarse al mismo tiempo.
- Dar ejemplos de la tendencia del hielo de derretirse bajo presión y de recongelarse cuando la presión es retirada.
- Describir las condiciones para las cuales una sustancia absorbe o libera energía sin cambios en la temperatura.

ii Posibles esquemas conceptuales de los alumnos:

- La temperatura constante de algo indica que todas las moléculas tienen la misma energía.
- La ebullición es un proceso de calentamiento.
- El hielo se derrite solamente cuando se añade calor.
- No pueden coexistir a una misma temperatura dos estados diferentes de una misma sustancia.

Las actividades experimentales que se sugieren para este capítulo se desarrollan a continuación. Es importante recalcar que paralelamente debe

realizarse la lectura de apoyo para ir consolidando los aprendizajes, así como los ejercicios relacionados.

iii Actividades Experimentales

Actividad experimental No. 10

Algunos cambios de fase

Preguntas para la discusión.- ¿Qué es un cambio de fase? ¿Cuántos cambios de fase conoces? ¿Se podrá hervir agua con agua fría? ¿A qué temperatura hierve el agua en el lugar donde vives? ¿Qué ocurre con la temperatura en un cambio de fase? ¿Es la ebullición un proceso de enfriamiento?

Comentario

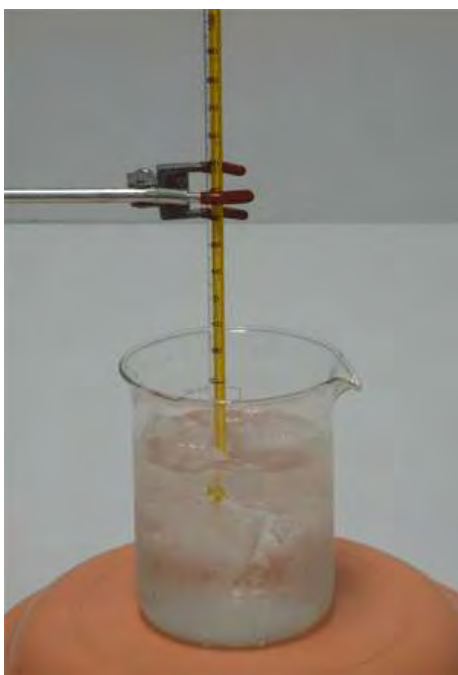
Cuando se proporciona energía a través de calor a una sustancia y se eleva la temperatura, hay un aumento en su energía interna. Este incremento hace que las fuerzas de cohesión de los átomos o moléculas se alteren, pudiendo ocasionar modificaciones en su organización y separación. En otras palabras, el incremento o disminución de energía interna puede provocar un cambio de fase.

Los cambios de fase que pueden ocurrir a una sustancia reciben nombres especiales que tú y tu profesor irán asignando y que se ilustran en la lectura de apoyo que debes iniciar después de ésta actividad.

Cuando el agua se evapora, las moléculas con más energía abandonan el líquido. Esto produce una disminución de la energía promedio de las moléculas restantes. El líquido se enfría a causa del proceso de evaporación. ¿Esto también es válido en el caso de la ebullición? Experimenta y lo averiguarás.

Procedimiento

Coloca varios cubos de hielo en una franela y haciendo una bolsa golpéalos contra el suelo para obtener trozos muy pequeños. Vacía el hielo en un vaso de precipitados e introduce un termómetro y mide la temperatura. Espera a que el hielo empiece a derretirse y sigue midiendo la temperatura, ¿Qué ocurre con la temperatura? ¿Cómo se llama ese cambio de fase?

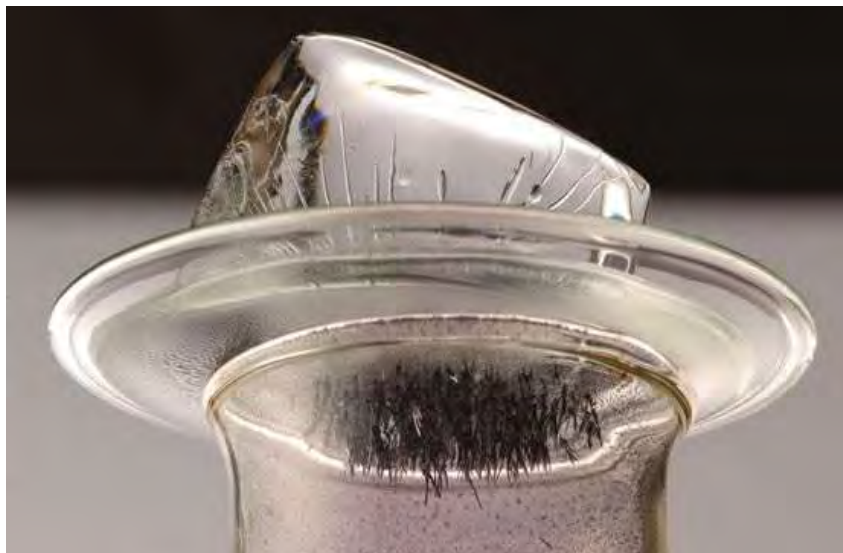


Calienta agua en un vaso de precipitados hasta que hierva. ¿A qué temperatura hierve el agua en el lugar donde estás experimentando? ¿Cambia la temperatura después de un rato de ebullición? Indaga a qué altitud se encuentra el lugar donde estás experimentando de acuerdo a la temperatura de ebullición que has obtenido. Observa que al retirar el vaso con agua hirviendo, ésta deja de hervir inmediatamente. Aprovecha un poco de esta agua e introduce una pequeña cantidad a una jeringa de 20 ml. Tapa con el dedo el orificio de la jeringa y jala el émbolo hasta el extremo de la jeringa de forma rápida. ¿Qué pasa con el agua? ¿Cómo lo explicas?

Calienta en una parrilla eléctrica una cantidad de agua en un matraz que tiene un globo en su boquilla como se ve en la foto. ¿Qué observas? ¿Tiene el vaso hirviendo la misma cantidad de agua del principio? ¿Cómo se llama este cambio de fase?



En un vaso de precipitados tapado con una cápsula de porcelana la cuál contiene agua fría o hielo, calienta naftalina pura o yodo suficientes. Observa lo que ocurre en la parte inferior interna de la cápsula. ¿Cómo lo explicas? ¿Cómo se llama ese cambio de fase? Puedes utilizar también hielo seco. Observa la fotografía.



Llena hasta la mitad un matraz redondo con agua y calienta hasta que hierva. Retira el matraz de la parrilla y tápalo con un tapón de hule. Observa que la ebullición cesa. Inmediatamente colócalo invertido sobre un anillo de hierro que está en un soporte universal, como se ve en la foto.



Vierte agua muy fría sobre la parte superior. ¿Qué observas? ¿Cómo lo explicas?

Cuelga de un trozo de hielo una pesa de 5 kilos por medio de un fino hilo metálico o para pescar. Después de tiempo podrás observar que el hilo metálico funde el hielo por la presión que ejerce la pesa. Al desplazarse el hilo y cesar la presión sobre el hielo éste se vuelve a congelar. De tal manera, que el hilo metálico atraviesa el trozo de hielo sin cortarlo. Este fenómeno se conoce con el nombre de Recongelación. La explicación está en la lectura de apoyo de este tema.



Después de esta actividad es importante resaltar que la temperatura permanece constante en los cambios de fase.

Aquí es importante recalcar la continuación de la lectura de apoyo de este tema.

Actividad experimental No. 11

¡Se fue como agua!

Pregunta.- ¿Es posible estimar el calor de fusión del agua?, es decir, ¿se puede estimar la energía por gramo que se requiere para el cambio de estado de sólido a líquido?

Recuerda que si calientas agua hasta ebullición su temperatura no aumentará más hasta que toda el agua se haya transformado en vapor. La energía por gramo que se requiere para cambiar de fase o estado, de líquido a gas, se llama **calor de evaporación**. Y cuando calientas hielo para derretirlo, su temperatura no aumentará hasta que todo el hielo se haya fundido. La energía por gramo que se requiere para el cambio de estado de sólido a líquido se llama **calor de fusión**. Este es el tema de este experimento.

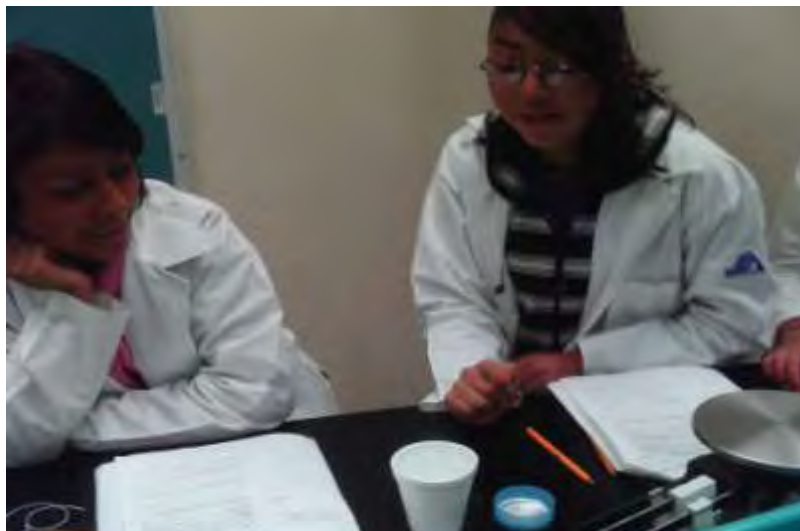
El material que vas a utilizar es el siguiente:

Vaso de precipitados de 250 ml, vaso de unicel de 250 ml, cubo de hielo, toalla de papel, termómetro Celsius o multímetro con medidor de temperatura, agua, papel milimétrico, regla de 30 cm, un cronómetro y parrilla eléctrica.

Procedimiento

Mide 200 ml de agua con la probeta y viértelos en el vaso de precipitados, el agua deberá estar unos 5 grados más caliente que la temperatura ambiente, así que usa la parrilla eléctrica para calentar. Vierte el agua calentada en el vaso de unicel. Mide la temperatura del agua a intervalos de 3 minutos durante 12 minutos. Anota en una tabla de datos.

Toma un cubo de hielo con la toalla de papel e introdúcelo en el agua del vaso de unicel. Continúa tomando datos de la temperatura del agua cada 30 segundos agitando suavemente, hasta 3 minutos después de que el cubo de hielo se haya fundido. Anota el instante exacto en que el cubo de hielo termina de fundirse.



Determina el volumen final del agua. Volumen final = _____

¿Qué masa tenía el agua originalmente? ¿Qué masa tenía el cubo de hielo?
Explica cómo determinaste esas masas.

Haz una gráfica de temperatura contra tiempo. Estudia tu gráfica. Traza líneas verticales punteadas para dividir la gráfica en tres regiones distintas. La región I cubre el tiempo transcurrido antes de que el cubo de hielo se colocara en el agua. La región II cubre el tiempo correspondiente a la fusión del cubo. La región III cubre el tiempo después de que el cubo se ha derretido.

¿Cuál fue el cambio total de temperatura del agua mientras el cubo de hielo se fundía (región II)?

¿Cómo afectó el cubo de hielo añadido al agua la rapidez de enfriamiento?

Calcula la cantidad total de energía perdida por el agua mientras el hielo se fundía. Usa la relación $Q = mc\Delta T$, donde m es la masa inicial del agua, c es la capacidad térmica específica del agua ($1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$) y ΔT es la magnitud del

cambio de temperatura del agua desde el principio de la región II hasta el final de la región III, donde se estabilizó la temperatura.

Pérdida de energía del agua inicial =

Calcula también la cantidad de energía absorbida al calentarse el agua proveniente del hielo fundido desde 0 grados hasta su temperatura final. Utiliza la misma relación anterior.

Energía absorbida por el hielo fundido durante el calentamiento =

A partir de la diferencia entre los valores obtenidos en los pasos anteriores, calcula la cantidad de energía absorbida por el hielo mientras se fundía.

Energía térmica absorbida por el hielo fundido durante la fusión =

Calcula el calor de fusión, dividiendo el valor obtenido anteriormente entre la masa del hielo. Calor de fusión = _____

Compara este valor con el valor estándar de 80 cal/g, y calcula la diferencia porcentual.

Preguntas para el análisis

1.- Para que el cubo de hielo se funda, tiene que extraer energía del agua: primero una pequeña cantidad para calentarse hasta 0 grados (la cual no se tomó en cuenta en el experimento) y después una cantidad mayor para fundirse. El hielo al fundirse, absorbe energía y, por tanto, enfría el agua. La energía por gramo que absorbe una sustancia al pasar del estado sólido al líquido se conoce como **calor de fusión**. ¿Qué relación hay entre la cantidad de energía absorbida por el sólido y su calor de fusión y su masa? _____

2.- La cantidad total de energía perdida por el agua es igual a las cantidades de energía que se requirieron para hacer diversas cosas, ¿cuáles serían esas cosas?

3.- Menciona algunas posibles fuentes de error en este experimento.

Elabora conclusiones y discute con tu profesor los resultados, así mismo, continua leyendo el material y contestando las preguntas de la lectura de apoyo.

Actividad experimental No. 12

¡Y se hizo vapor!

Pregunta.- Cuando aplicas un poco de alcohol en tu piel, ¿por qué sientes frío? ¿Será posible estimar el calor de evaporación del agua?

Cuando una sustancia se evapora absorbe energía y cuando se condensa la libera. La condensación de vapor de agua se usa para calentar casas y edificios en los días fríos de invierno. En este experimento vas a producir vapor, hirviendo agua, e investigarás la cantidad de energía que se libera cuando el vapor se condensa como agua líquida. Después determinarás la energía liberada por gramo, o **calor de evaporación**, para la condensación de vapor de agua.

El material que vas a utilizar es el siguiente:

1 matraz kitasato de 500 ml., con tapón de hule, 1 matraz erlenmeyer de 500 ml., con tapón bihoradado, 1 tripié para calentamiento con tela de alambre, 2 tubos de hule látex, 2 tubos de vidrio de 10 cm., 1 balanza granataria, 1 termómetro de mercurio o multímetro que mida temperatura, 3 vasos grandes de unicel, 1 mechero bunsen o soplete y agua suficiente.

Procedimiento

Construye un calorímetro anidando tres vasos de unicel grandes. Mide la masa de los vasos vacíos y anótala en la siguiente tabla de datos:

Masa de los vasos vacíos	
Masa de los vasos con agua fría	
Masa del agua fría	
Temperatura del agua fría	
Temperatura del agua caliente	
Masa del agua caliente	
Capacidad térmica específica del agua	1 cal/g°C

Monta el dispositivo experimental como se observa en la fotografía. El matraz kitasato debe contener hasta la mitad de agua, así mismo, el calorímetro con los tres vasos. Mide la masa del calorímetro con el agua y también la temperatura inicial del agua con una precisión de 0.5 grados. Anota los resultados en la tabla de datos.

Coloca el mechero o el soplete bajo el matraz kitasato y enciéndelo para que caliente el agua que contiene.



Una vez que el agua del matraz empiece a hervir, ajusta la rapidez con que el vapor sale por la manguera, de modo que no se derrame el agua a causa de las burbujas que se forman en el calorímetro. El vapor debe hacer que el agua burbujee vigorosamente, pero no con violencia. Agita el agua suavemente con el termómetro. Deja burbujear el vapor en el calorímetro hasta que el agua alcance una temperatura no mayor a 50°C.

Apaga el mechero y saca la manguera del agua. Determina inmediatamente la masa final y la temperatura del agua caliente del calorímetro, y anótalas en la tabla de datos.

Calcula la masa de vapor que se condensó en tu calorímetro, a partir del cambio registrado en la masa del agua contenida en él.

Masa de vapor = _____

Calcula la cantidad total de energía Q ganada por el agua fría, usando la relación $Q = mc\Delta T$, donde m es la masa inicial del agua, c es la capacidad térmica específica del agua y ΔT es el cambio de temperatura del agua. Esta energía se libera en dos etapas: por condensación del vapor y después a partir del vapor condensado (ahora agua) que se enfría desde la temperatura de ebullición hasta la temperatura final. Muestra tus cálculos.

Energía ganada = _____

Calcula la cantidad de energía perdida por el agua, proveniente del vapor condensado, cuando se enfría desde la temperatura de ebullición hasta su temperatura final. Muestra tus cálculos.

Energía perdida durante el enfriamiento del agua del vapor condensado = _____

Con base en la diferencia entre los valores de energía hallados en los pasos anteriores, calcula la cantidad de energía liberada por el vapor al condensarse.

Energía liberada en la condensación = _____

Calcula el calor de evaporación dividiendo el valor obtenido en el paso anterior entre la masa de vapor que se condensó en el vaso.

Calor de evaporación = _____

Compara este valor con el valor estándar de 540 cal/g y calcula la diferencia porcentual.

Preguntas para el análisis

1.- En este experimento ocurren dos cambios de energía importantes. Uno se produce en el matraz kitasato (generador de vapor) y el otro en el calorímetro. ¿De dónde viene y a dónde va la energía en estos cambios?

2.- ¿La cantidad de vapor que escapa al aire influye en este experimento?

3.- ¿Por qué el hecho de mantener tapado el matraz kitasato (generador de vapor), cuando se está calentando el agua, hace que ésta hierva más pronto?

Discute los resultados con tu profesor, sigue la lectura y responde las preguntas del final relacionadas con los temas.

Actividad experimental No. 13

¿Quieres nieve o helado?

Pregunta.- ¿Qué transferencias de energía ocurren al preparar y congelar una nieve o helado?

Para calentar una casa en un frío día de invierno se tiene que suministrar energía. También se debe aportar energía al acondicionador de aire que enfría la casa en un día de verano. El acondicionador de aire transfiere energía a través de calor del interior más frío al exterior más caliente. Siempre se requiere energía para transferir calor de una región de baja temperatura a otra de temperatura más alta.

Es necesario extraer energía de un líquido para transformarlo en sólido. Si el líquido está más frío que el aire circundante, se debe aportar energía adicional para trasladar el calor del líquido al aire más caliente, de igual manera que se

necesita energía adicional en verano para mover el calor de una habitación hacia el exterior más caliente.

Cuando el líquido es crema dulce, el sólido resultante es una nieve o helado. Para elaborar nieve o helado también hay que introducir aire mediante agitación; en realidad el helado es una mezcla de sólido y gas. La congelación del helado implica varias transferencias de energía, a saber:

- 1.- Se gasta energía al hacer girar el recipiente metálico en contra de la inercia y la fricción.
- 2.- La combinación de hielo y sal gruesa absorbe energía al fundirse.
- 3.- La mezcla del helado se enfría desde su temperatura original hasta la final.
- 4.- El recipiente de metal se enfría desde su temperatura original hasta la final.
- 5.- La mezcla de nieve o helado cede energía mientras se congela.

Para realizar la actividad vas a necesitar:

1 recipiente de unicel; 1 recipiente cilíndrico de aluminio; 1 pala pequeña de madera o plástico; 1 termómetro; 1 probeta de 250 ml; 800 ml de mezcla de nieve de agua o leche según decida el equipo; sal gruesa y hielo suficientes.

Procedimiento

Cada equipo del grupo decidirá si quiere helado de agua o de leche, además de hacer las mediciones pertinentes para estimar las transferencias de energía y decir cuáles son éstas, así mismo, deben de señalar los cambios de fase que ocurren al hacer el helado.



Deben preparar la mezcla para el helado de tal manera que quepa en el recipiente de aluminio sin derramarse, así que midan bien cuál es la cantidad adecuada.

En el recipiente de unicel vayan agregando hielo picado y sal gruesa alternando una capa de cada uno empezando por el hielo. Agreguen la mezcla del helado y deben empezar a rotar el cilindro de aluminio de manera constante hasta lograr el cambio de fase de líquido a sólido. Vayan midiendo los cambios de temperatura y con la palita vayan raspando las paredes y el fondo del recipiente para separar el sólido que se va formando.



Preguntas para el análisis

¿Cuál de los cinco procesos mencionados al inicio de la actividad creen que es el que absorbe más energía?

¿Cómo creen que es la energía absorbida al fundirse el hielo y la sal, en comparación con la energía liberada por los otros procesos?

Se sabe que en las carreteras congeladas se arroja sal para ayudar a que se funda el hielo. En cambio, al elaborar el helado en el laboratorio, la sal se usa para favorecer la congelación. ¿Esta práctica es paradójica, o tiene un buen fundamento desde el punto de vista de la física?

Discutan los resultados con su profesor y no olviden continuar con la lectura, además de contestar todas las preguntas del final y prepararse para la evaluación escrita.

¡V LECTURA DE APOYO¹⁷

CAMBIO DE FASE



En los cambios de fase se transfiere energía.

¹⁷ Hewitt, P., Física Conceptual. 3a. Edición, Pearson Addison Wesley Longman. México, 1999.

La materia que nos rodea, como ya sabes, existe en cuatro fases comunes: sólida, líquida, gaseosa y plasma. Esta materia puede cambiar de una fase (o *estado*, como también se le llama) a otra. El hielo, por ejemplo, es la fase sólida del H₂O. Si suministramos energía, la rígida estructura molecular se rompe y el hielo pasa a la fase líquida: el agua. Si añadimos aún más energía, el líquido cambia a la fase gaseosa cuando el agua hierve y se transforma en vapor.

La fase de la materia depende de su temperatura y de la presión que se ejerce sobre ella. En los cambios de fase se produce normalmente una transferencia de energía.

VAPORIZACIÓN

El agua de un recipiente abierto termina por evaporarse, o secarse. El líquido que desaparece se convierte en vapor de agua en el aire. La evaporación es el cambio de fase de líquido a gas que se lleva a cabo en la superficie del líquido.

La temperatura de cualquier objeto está relacionada con la energía cinética promedio de sus moléculas. En la fase líquida las moléculas se mueven sin cesar en todas direcciones y chocan unas con otras con diferente rapidez. Unas moléculas ganan energía cinética y otras la pierden. Las moléculas de la superficie que ganan energía cinética al ser golpeadas desde abajo pueden adquirir energía suficiente para escapar del líquido. Estas moléculas se desprenden de la superficie y se elevan hacia el espacio por encima del líquido; ahora constituyen un *vapor*, es decir, son moléculas en fase gaseosa.

El aumento de energía cinética de las moléculas que se desprenden del líquido proviene de las moléculas que permanecen en el líquido. Esto es, física de bolas de billar.

Cuando las bolas chocan unas con otras y algunas de ellas ganan energía cinética, las otras pierden esta misma cantidad de energía cinética. Es así que se reduce la energía cinética de las moléculas que permanecen en el líquido. Por tanto, la evaporación es un proceso de enfriamiento.

Una cantimplora (Figura 1) se enfría por evaporación cuando se mantiene húmeda la tela que recubre los costados. A medida que las moléculas de agua que se mueven más aprisa se desprenden de la tela, la temperatura de ésta disminuye. A su vez, la tela enfría entonces por conducción la cantimplora metálica, y ésta enfría el agua.

Cuando el cuerpo humano se sobrecalienta, las glándulas sudoríparas producen transpiración. La evaporación de la transpiración nos refresca y nos ayuda a mantener una temperatura corporal estable. Los animales que carecen de glándulas sudoríparas se valen de otros medios para enfriarse (Figuras 2 y



Figura 1 La tela que recubre los lados de la cantimplora favorece el enfriamiento cuando está mojada.



Figura 2 Los perros no tienen glándulas sudoríparas (excepto entre los dedos de las patas); por eso se enfrían jadeando. De esta manera se produce evaporación en el hocico y dentro del tracto bronquial.



Figura 3 Los cerdos no tienen glándulas sudoríparas; para enfriarse se revuelcan en el lodo.



Pregunta para evaluar tu comprensión

1. ¿Sería la evaporación un proceso de enfriamiento si cada molécula de la superficie de un líquido tuviese la misma energía cinética antes y después de chocar con otras moléculas?

CONDENSACIÓN

El proceso contrario de la evaporación es la condensación, es decir, la transformación de un gas en un líquido. La formación de gotitas de agua en la superficie de una lata de refresco fría es un ejemplo de este fenómeno. Las moléculas de vapor de agua chocan con las moléculas de la lata fría, cuyo movimiento es más lento. Las moléculas de vapor de agua ceden tanta energía que no pueden permanecer en fase gaseosa entonces se condensan.

También hay condensación cuando los líquidos capturan moléculas gas. En su movimiento aleatorio, las moléculas de gas golpean ocasionalmente la superficie de un líquido y pierden así energía cinética. Entonces, las fuerzas de

atracción que el líquido ejerce sobre ellas pueden retenerlas en el líquido. De esta manera, las moléculas de gas se convierten en moléculas de líquido.¹⁸

La condensación es un proceso de calentamiento. La energía cinética que pierden las moléculas de gas que se condensan calienta la superficie sobre la cual inciden. Así, por ejemplo, una quemadura por vapor hace más daño que una quemadura por agua hirviente a la misma temperatura. Al condensarse, el vapor cede energía al líquido que humedece la piel.

CONDENSACIÓN EN LA ATMOSFERA.

El aire contiene siempre vapor de agua. Sin embargo, a una temperatura dada existe un límite respecto a la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener. Cuando se alcanza este límite se dice que el aire está saturado. En un informe meteorológico, la humedad relativa indica la proporción de vapor de agua en el aire en comparación con el límite correspondiente a esa temperatura. Es importante señalar que la humedad relativa *no* es una medida de cuánto vapor de agua hay en el aire. Por ejemplo, en un día tibio de verano con baja humedad relativa puede haber más vapor de agua en el aire que en un frío día invernal con alta humedad relativa.

Cuando la humedad relativa es de 100%, el aire está saturado. Se requiere más vapor de agua para saturar aire caliente que para saturar aire frío. El aire cálido de las regiones tropicales es capaz de contener mucha más humedad que el aire frío del ártico.

Para que el aire esté saturado es preciso que haya moléculas de vapor de agua en proceso de condensación. Cuando chocan moléculas lentas, algunas se adhieren entre sí, es decir, se condensan. Para entender esto, imagina una mosca que durante el vuelo hace contacto rasante con una hoja de papel

¹⁸ Ciertos sólidos, como el dióxido de carbono sólido (hielo seco) y los cristales de naftaleno (bolitas de naftalina) pasan directamente a la fase gaseosa por un proceso que se llama sublimación. Lo mismo ocurre con la nieve y el hielo expuestos a la luz directa del Sol en una atmósfera seca. Ocurre lo contrario cuando las moléculas de agua forman nieve en el aire frío.

matamoscas. Si vuela con poca rapidez, sin duda quedará pegada, mientras que si su rapidez es grande tendrá más posibilidades de rebotar y continuar su vuelo. De forma similar, cuando las moléculas de vapor de agua chocan, es más probable que permanezcan unidas y pasen a formar parte de un líquido si su movimiento es lento (figura 5). Si su rapidez es mayor pueden rebotar y permanecer en fase gaseosa. Cuanto más aprisa se mueven las moléculas de agua, menos probable es que se condensen y formen gotas.



Figura 4 El vapor de agua cede calor cuando se condensa en el interior del radiador.

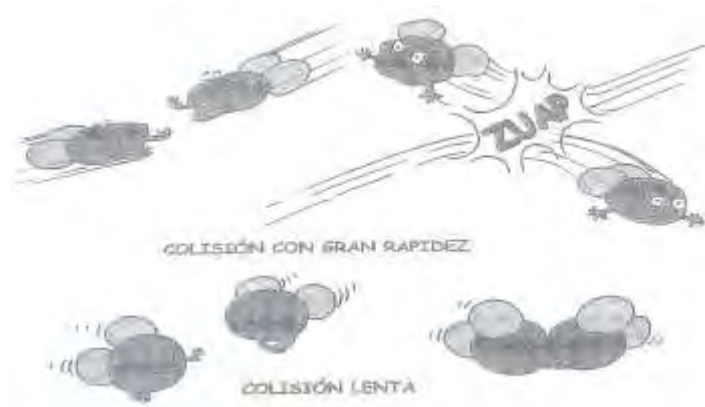


Figura 5. Es más probable que las moléculas de agua queden unidas y se conviertan en líquido si se mueven lentamente que si lo hacen con gran rapidez.

Aunque es más fácil que se produzca condensación en el aire a bajas temperaturas, también puede ocurrir a temperaturas elevadas. Recuerda que la temperatura es una medida de la energía cinética *promedio*. En todo momento hay moléculas que se mueven más aprisa que el promedio, así como algunas que se desplazan con más lentitud. Incluso a una temperatura elevada hay suficientes moléculas lentas para que ocurra condensación, siempre y cuando haya suficiente vapor de agua presente. Cualquiera que sea la temperatura, las moléculas más lentas son las que tienen más posibilidades de adherirse entre sí.

NIEBLA Y NUBES.

El aire caliente asciende. Al ascender, se expande. Al expandirse, se enfría. Al enfriarse, las moléculas de vapor de agua que chocan comienzan a adherirse en vez de rebotar unas con otras. Si el aire contiene iones o partículas más grandes y más lentas, el vapor de agua se condensa sobre estas partículas y se forma una nube.

La niebla es en esencia una nube que se forma cerca del suelo. Volar a través de una nube es muy semejante a conducir en una zona de niebla. La niebla se forma en áreas donde el aire húmedo se enfría cerca del suelo. Por ejemplo, el aire húmedo que el viento arrastra desde la superficie de un océano o un lago puede pasar sobre terrenos más fríos. Parte del vapor de agua se condensa del aire a medida que éste se enfría y se forma niebla.¹⁹

¹⁹ *¿Qué impide que las gotitas de agua de una nube o de un banco de niebla caigan al suelo? Si son muy pequeñas, como el polvo, su velocidad terminal es muy reducida, típicamente de alrededor de 1 cm/s. Esto significa que les toma 100 s caer 1 m, Una corriente ascendente lenta de 1 cm/s mantiene las gotitas en suspensión. A medida que las gotas crecen, su velocidad terminal aumenta; cuando la velocidad terminal es mayor que la velocidad de la corriente ascendente, las gotas caen en forma de lluvia.*

RAPIDEZ DE EVAPORACIÓN Y DE CONDENSACIÓN

Cuando sales de la ducha y entras en una habitación seca es posible que sientas frío. Esto se debe a que el agua se está evaporando con rapidez. Si permaneces en el cubículo de la ducha, aun con el grifo cerrado, no sentirás tanto frío. Cuando estás en un ambiente húmedo, la humedad del aire se condensa sobre tu piel y produce un efecto de calentamiento que contrarresta el efecto de enfriamiento de la evaporación. Si se condensa la misma cantidad de humedad que se evapora, no sentirás cambio alguno en la temperatura de tu cuerpo. Es por esto que es más agradable secarse con la toalla sin salir del área de la ducha.

Si dejas un plato con agua sobre una mesa durante varios días y el agua no parece evaporarse, quizá concluyas que nada está ocurriendo en el agua. Y estarías equivocado, pues hay mucha actividad molecular. El agua se está condensando y evaporando sin cesar con la misma rapidez. La pérdida de moléculas y de energía en la superficie del líquido debida a la evaporación se ve compensada por una cantidad igual de moléculas y de energía que regresan por condensación. El líquido está en equilibrio, es decir, en un estado de estabilidad, pues los efectos de la evaporación y de la condensación se cancelan mutuamente.

Normalmente, los procesos de evaporación y de condensación se llevan a cabo al mismo tiempo. Si la evaporación es mayor que la condensación, el líquido se enfría. Si la condensación supera a la evaporación, el líquido se calienta. La mayor parte del tiempo se transfiere calor del líquido al entorno y viceversa, de modo que no advertimos el enfriamiento y el calentamiento debidos a la evaporación y a la condensación.

EBULLICIÓN

La evaporación se lleva a cabo en la superficie de los líquidos. En condiciones adecuadas, también puede haber un cambio de fase de líquido a gas bajo la superficie de un líquido. El gas que se forma bajo la superficie produce burbujas. Las burbujas flotan hacia la superficie y escapan al aire circundante.

Este cambio de fase se conoce como ebullición. La presión del vapor en el interior de las burbujas de un líquido en ebullición debe ser lo bastante grande para resistir la presión del agua que las rodea. La presión del entorno aplasta las burbujas que se forman, a menos que la presión de vapor sea suficientemente grande. A temperaturas inferiores al punto de ebullición la presión de vapor es insuficiente, así que no se forman burbujas hasta que se alcanza el punto de ebullición.

A medida que la presión atmosférica aumenta, las moléculas de vapor han de moverse más aprisa a fin de ejercer una presión mayor dentro de la burbuja para contrarrestar el aumento en la presión atmosférica. Así pues, cuando la presión que se ejerce sobre la superficie de un líquido aumenta, el punto de ebullición del líquido se eleva. Al contrario, si se reduce la presión (como ocurre a grandes altitudes), el punto de ebullición disminuye. En conclusión, la

ebullición depende no sólo de la temperatura, sino además de la presión.



Figura 6. Si sientes frío al salir de la ducha, vuelve a entrar inmediatamente para calentarte con la condensación del exceso de vapor de agua.

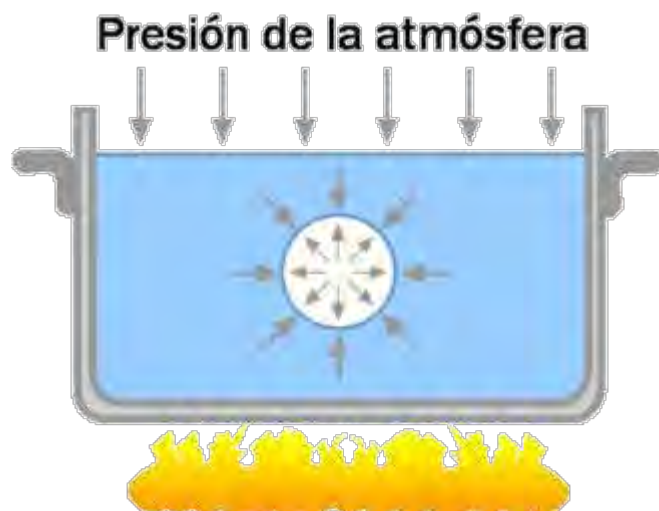


Figura 7. El movimiento de las moléculas en la burbuja de vapor de agua (muy aumentada) genera una presión gaseosa que contrarresta la presión que el agua ejerce sobre la burbuja.

LA FÍSICA EN LA COCINA

La física del huevo cocido.

La física puede ayudar aún en la más simple de las creaciones culinarias: el huevo cocido. Prueba si el huevo está fresco o no colocándolo en agua. Si se hunde y queda de costado, está fresco. Si flota está podrido. La densidad del huevo disminuye con el tiempo debido a que pierde humedad a través de los poros del cascarón hasta hacerse menos densa que el agua. Para determinar si el huevo está crudo o cocido, hazlo girar sobre una mesa. Si el huevo se tambalea es que está crudo.

Este movimiento muestra que la yema se mueve en el interior del huevo, haciendo así que el centro de gravedad cambie de posición. Los huevos a veces se cascan al cocerlos debido a que tienen una bolsa de aire en el interior, El tamaño de la bolsa de aire puede aumentar con el calor hasta cascar el huevo. Esto puede evitarse perforando cuidadosamente el extremo más ancho del huevo con un alfiler pequeño y limpio antes de cocerlo. Por último, asegúrate de que el agua hierva. Si la temperatura es menor, puedes calentar el huevo indefinidamente sin que se cueza. Para que se endurezca es necesario sobrepasar cierto umbral de temperatura de modo que las largas moléculas del huevo se unan unas a otras en un patrón cruzado. Por eso no es posible cocer un huevo hirviéndolo a gran altitud: la temperatura de ebullición del agua no es lo bastante elevada para cocer el huevo.





Experimenta la física

El vapor no se ve

Observa el pico de una tetera que contiene agua hirviendo. Advierte que no puedes ver el vapor que sale por el pico. La nube que ves un poco más lejos del pico no es vapor, sino gotitas de agua condensada. El vapor es invisible. Coloca ahora una vela encendida en la nube de vapor condensado. ¿Podrías explicar tus observaciones?

El funcionamiento de una olla de presión se basa en este hecho. La tapa de una olla de presión cierra *herméticamente* e impide que el vapor escape hasta que alcanza una cierta presión superior a la presión normal del aire. A medida que el vapor se acumula dentro de la olla herméticamente cerrada, la presión que se ejerce sobre la superficie del líquido aumenta e impide la ebullición. Esto eleva el punto de ebullición. Los alimentos se cuecen más aprisa en virtud de la mayor temperatura del agua.



Es importante señalar el hecho de que es la alta temperatura del agua lo que cocina los alimentos, no el proceso mismo de ebullición. La temperatura de ebullición del agua es menor a grandes altitudes. Por ejemplo, en el Distrito Federal, “al ciudad de 2400 metros de altura”, el agua hierve a 95°C en lugar de 100°C que es característica al nivel del mar. Si intentas cocinar alimentos en agua hirviendo a una temperatura menor, tendrás que esperar más tiempo para que se cuezan correctamente. Si la temperatura del agua hirviendo fuese muy baja, los alimentos no se cocerían.

La ebullición, como la evaporación, es un proceso de enfriamiento. Para muchas personas ésta es una sorpresa, pues asocian la ebullición con el calentamiento. Calentar agua es una cosa; hervirla es otra. Cuando el agua que está a 100°C a la presión atmosférica está hirviendo, se encuentra en equilibrio térmico. La figura 8 muestra que el agua se enfría por ebullición con la misma rapidez con la que la calienta la energía de la fuente de calor. Si no hubiese enfriamiento, la aplicación continua de calor a un cazo de agua hirviendo produciría un aumento incesante de la temperatura. Una olla de presión alcanza temperaturas más altas porque impide la ebullición, con lo cual impide el enfriamiento.



Pregunta para evaluar tu comprensión

2. Puesto que la ebullición es un proceso de enfriamiento, ¿sería buena idea enfriar tus manos calientes y pegajosas metiéndolas en agua hirviendo?

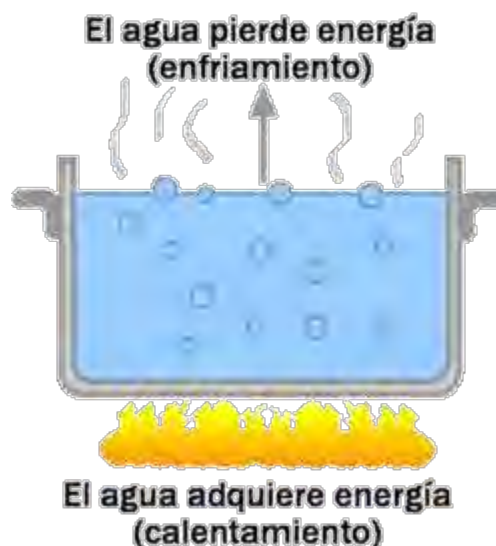


Figura 8 El calentamiento y la ebullición son dos procesos distintos. El calentamiento incrementa la temperatura del agua, mientras que la ebullición la reduce.

CONGELACIÓN

Cuando se retira continuamente energía de un líquido, el movimiento molecular disminuye hasta que las fuerzas de atracción entre las moléculas las hace unirse. En estas condiciones, las moléculas vibran en torno a posiciones fijas y forman un sólido. El agua nos ofrece un buen ejemplo de este proceso.

Cuando extraemos energía del agua a una temperatura de 0°C y a presión atmosférica, se forma hielo. La fase sólida toma el lugar del agua líquida. El cambio de fase de líquida a sólida se llama congelación.

Es interesante señalar que si disolvemos azúcar o sal en el agua, la temperatura de congelación baja. Estas moléculas o iones "extraños" se interponen entre las moléculas de agua que normalmente se unirían para formar la estructura de seis caras de los cristales de hielo. A medida de moléculas o iones extraños entre las moléculas de agua que no se han unido y se dificulta cada vez más establecer las conexiones. En general, cualquier sustancia disuelta en agua que se forman más cristales, se intensifica el retardo porque aumenta la proporción produce este efecto. Los fluidos anticongelantes constituyen una aplicación práctica de este proceso.

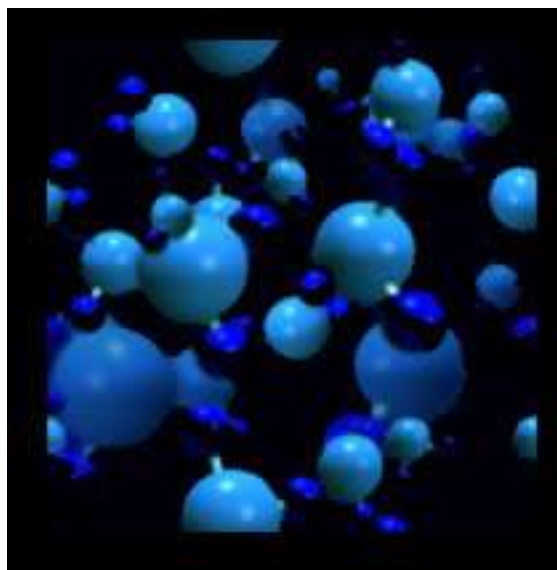


Figura 9. Estructura abierta de un cristal de hielo puro que normalmente se funde a 0°C . Cuando se introducen otros tipos de moléculas o de iones, se interrumpe la formación de cristales y la temperatura de congelación disminuye.

EBULLICIÓN Y CONGELACIÓN SIMULTÁNEAS

Supón que colocas un plato lleno de agua a temperatura ambiente en una campana de vacío (Figura 10). Si reduces gradualmente la presión en la campana por medio de una bomba de vacío, el agua comenzará a hervir. El proceso de ebullición extrae calor del agua que está todavía en el plato, la cual se enfría. A medida que la presión continúa reduciéndose, más y más moléculas lentas se evaporan. La ebullición incesante hace bajar la temperatura hasta que se alcanza el punto de congelación de aproximadamente 0°C.

El enfriamiento constante debido a la ebullición hace que se forme hielo en la superficie del agua hirviente. ¡El agua hierve y se congela al mismo tiempo! Es preciso ver este fenómeno para valorarlo. Las burbujas congeladas de agua hirviente son un espectáculo digno de verse.

Si rociamos unas gotas de café en una cámara de vacío, también hervirán hasta congelarse. Aún después de congeladas, las moléculas de agua continúan evaporándose en el vacío hasta que sólo quedan pequeños cristales de los sólidos del café. Éste es el proceso de secado por congelación (liofilización) del café. La estructura química de los sólidos del café tiende a permanecer intacta en virtud de la baja temperatura de este proceso. Al añadir agua caliente, se recupera gran parte del sabor original del café.

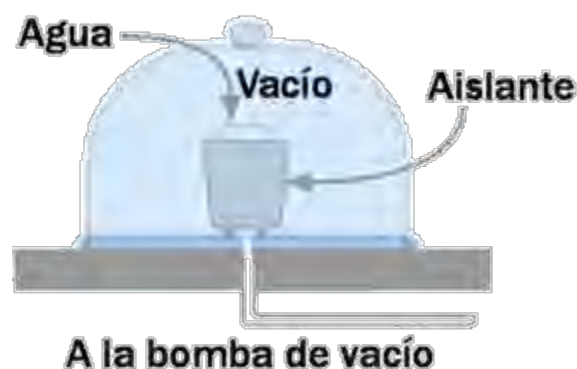
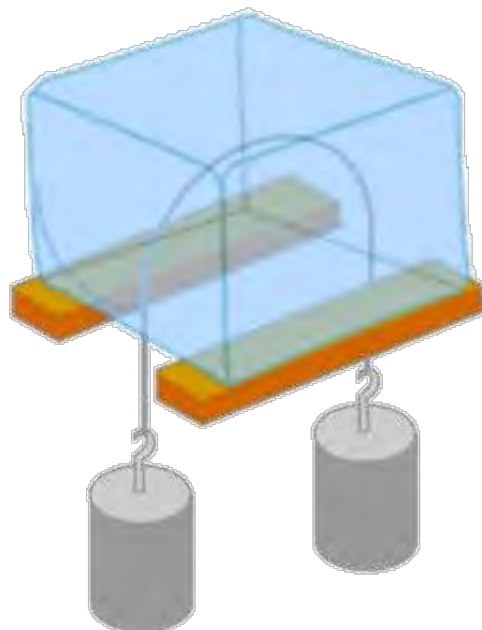


Figura 10. Aparato para demostrar que en el vacío el agua hierve y se congela al mismo tiempo. Se coloca un gramo o dos de agua en un plato aislado de la base por medio de un vaso de unicel.

RECONGELACIÓN

Los cristales de estructura abierta del hielo (Figura 9) se pueden aplastar aplicando presión. El hielo se funde normalmente a 0°C , pero la aplicación de presión reduce el punto de fusión. Los cristales simplemente se aplastan hasta alcanzar el estado líquido. A una presión igual al doble de la atmosférica normal, el punto de fusión baja a -0.007°C . Es necesario aplicar una presión bastante mayor para conseguir un efecto observable.

Cuando se retira la presión el agua se congela de nuevo. Este fenómeno de fusión por presión y congelación al reducirse la presión se llama recongelación, y es una de las propiedades del agua que la distinguen de otras sustancias. Puedes ver el proceso de recongelación en acción si cuelgas un alambre delgado con dos pesas sobre un cubo de hielo, como se muestra en la figura 11.



El alambre atraviesa el hielo cortándolo poco a poco, pero vuelve a formarse hielo tras de él. ¡Podrás ver como el alambre y las pesas caen al suelo, mientras que el hielo queda de una sola pieza! Para hacer una bola de nieve empleas el proceso de recongelación. Cuando comprimes la nieve con las manos causas una ligera fusión, la cual ayuda a mantener unida la bola Es

difícil hacer bolas de nieve cuando hace mucho frío, porque la presión que podemos aplicar no basta para fundir la nieve. Cuando una persona patina sobre hielo se desliza sobre una delgada película de agua que se forma entre la hoja del patín y el hielo debido a la presión y la fricción que ejerce la hoja metálica. El agua se recongela tan pronto como se reduce la presión.



ENERGIA Y CAMBIOS DE FASE.

Si calientas un sólido a una temperatura suficiente, se fundirá y se convertirá en líquido. Si calientas el líquido, se evaporará y se transformará en gas. Es necesario aportar energía a una sustancia para cambiar su fase en el sentido de sólido a líquido y de líquido a gas. Al contrario, es preciso extraer energía de una sustancia para cambiar su fase en el sentido de gas a líquido y de líquido a sólido (Figura 12).

Se puede ilustrar el comportamiento general de muchas sustancias mediante una descripción de los cambios de fase del agua. Para simplificar los cálculos, supón que tenemos un trozo de 1 gramo de hielo a una temperatura de -50°C en un recipiente cerrado y que lo ponemos en una estufa para calentarlo. Un termómetro colocado en el recipiente nos indica un aumento gradual en la temperatura hasta 0°C . (Se necesita aproximadamente media caloría para elevar la temperatura del hielo en 1°C .). A 0°C , la temperatura deja de subir, no obstante que se agrega calor continuamente.

Este calor funde el hielo. Para fundirse totalmente, el gramo de hielo debe absorber 80 calorías de energía calorífica. La temperatura no comienza a subir hasta que todo el hielo se ha fundido. Cada caloría adicional que absorbe el agua incrementa su temperatura en 1°C hasta que alcanza la temperatura de ebullición: 100°C. Aunque se sigue aportando calor, una vez más la temperatura permanece constante mientras el agua hierve y se convierte poco a poco en vapor. El gramo de agua debe absorber 540 calorías de energía calorífica para transformarse totalmente en vapor.²⁰ Por último, cuando toda el agua se ha transformado en vapor a 100°C, la temperatura comienza a subir una vez más y continúa elevándose en tanto se suministre calor (también en este caso se necesita alrededor de media caloría por gramo para elevar la temperatura en 1°C). Este proceso se muestra en forma de gráfica en la figura 13.



Figura 13. Gráfica que muestra la energía que interviene en el calentamiento y en los cambios de la fase de 1 gramo de H₂O.

²⁰ La cantidad de 540 calorías por gramo (en unidades SI, 2.26 megajoules/kilogramo) que es necesaria para la evaporación o la condensación se conoce como el calor de evaporación del agua. Las 80 calorías por gramo (en unidades SI, 0.335 MJ/kg) que se requieren para la fusión o la congelación se conocen como el calor de fusión del agua. Éstas son las energías por unidad de masa que se necesitan para romper los enlaces intermoleculares durante la evaporación o la congelación, o bien, de manera equivalente, son las energías que se liberan cuando se forman enlaces durante la condensación o la congelación. Estos valores cambian con la temperatura y la presión.



Figura 12. Cambios de energía que acompañan a los cambios de fase.



Preguntas para evaluar tu comprensión

3. ¿Cuánta energía se libera cuando un gramo de vapor de agua a 100°C , se condensa para formar agua a 100°C ?
4. ¿Cuánta energía se libera cuando un gramo de vapor de agua a 100°C se condensa y después se enfría para obtener agua helada a 0°C ?

La secuencia de cambios de fase es reversible. Cuando las moléculas de un gramo de vapor se condensan para formar agua hirviendo liberan 540 calorías al entorno. Cuando el agua se enfría de 100°C a 0°C , se desprenden 100 calorías más hacia el entorno. Cuando el agua se fusiona o solidifica y se transforma en hielo sólido, el agua cede otras 80 calorías.

Las 540 calorías necesarias para evaporar un gramo de agua son una cantidad de energía relativamente grande, mucho mayor que la que se requiere para transformar un gramo de hielo a la temperatura del cero absoluto en agua hirviente a 100°C. Aunque las moléculas del vapor y del agua hirviente a 100°C tienen la misma energía cinética promedio, el vapor de agua tiene más energía potencial porque las moléculas se mueven libremente y no están unidas en un líquido. El vapor contiene una enorme cantidad de energía que se puede liberar durante la condensación.

El elevado valor de 540 calorías por gramo explica por qué en ciertas condiciones el agua caliente se congela más aprisa que el agua tibia.²¹ Este fenómeno sucede si el agua está a una temperatura de más de 80°C, y es muy claro cuando el área que se enfría por evaporación rápida es grande en comparación con la cantidad de agua que interviene. Ocurre, por ejemplo cuando lavamos un auto con agua caliente en un día frío de invierno o cuando se inunda de agua caliente una pista de patinaje para fundir y alisar las asperezas: el agua se recongela rápidamente. La rapidez de enfriamiento por evaporación rápida es muy alta debido a que cada gramo de agua que se evapora absorbe al menos 540 calorías del agua que queda atrás. Esta es una cantidad de energía enorme en comparación con el valor de 1 caloría por grado Celsius que se extrae por cada gramo que se enfría por conducción. La evaporación es un auténtico proceso de enfriamiento.



Preguntas para evaluar tu comprensión

²¹ El agua caliente no se congela antes que el agua fría, pero sientes que el agua tibia. Por ejemplo, una masa de agua a 100°C se congele más rápidamente que el agua a una temperatura superior a 60°C, pero no antes que el agua a una temperatura inferior a 60°C. ¿Por qué? El agua caliente se congele primero por que más cantidad de ella se evapore y queda menos cantidad para congelarse. inténtalo y convéncete

5. Considera 10 gramos de agua a 100 °C. ¿Cuál será la temperatura de los 9 gramos de agua restantes si se evapora 1 gramo rápidamente?

El ciclo de enfriamiento de un refrigerador es un buen ejemplo de los intercambios de energía que acompañan los cambios de fase del fluido refrigerante. El líquido se bombea hacia la unidad de enfriamiento, donde es obligado a pasar a través de una abertura diminuta para evaporarse y extraer calor de los objetos que están en el compartimiento de alimentos. El gas sale entonces de la unidad de enfriamiento y pasa por un serpentín ubicado en la parte posterior. A medida que el gas se condensa en el serpentín, llamado apropiadamente serpentín de condensación, cede calor al aire circundante. El líquido regresa a la unidad de enfriamiento y el ciclo se repite. Un motor bombea el fluido por todo el sistema, donde experimenta los procesos cíclicos de evaporación y condensación. La próxima vez que te encuentres cerca de un refrigerador acerca la mano al serpentín de condensación de la parte posterior y podrás percibir el calor que ha sido extraído del interior de la unidad de enfriamiento.

Un acondicionador de aire funciona bajo los mismos principios. El aparato no hace más que bombear calor de una parte de la unidad a otra. Cuando se invierten las funciones de evaporación y condensación, el acondicionador de aire se convierte en un calefactor. Este sistema recibe el adecuado nombre de bomba de calor.

Una forma de determinar si una plancha está caliente consiste en tocarla momentáneamente con el dedo. Esta es también una forma de quemarse el dedo, a menos que lo humedezcamos antes. La energía que normalmente quemaría el dedo se usa para cambiar la fase de la humedad que lo recubre.

La energía transforma la humedad en vapor, el cual proporciona además una capa aislante entre el dedo y la superficie caliente.



Figura 14. Si lavas un auto cuando hace frío, el agua caliente se congelará con mayor facilidad que el agua tibia debido a la cantidad de energía que pierde por evaporación rápida el agua caliente.

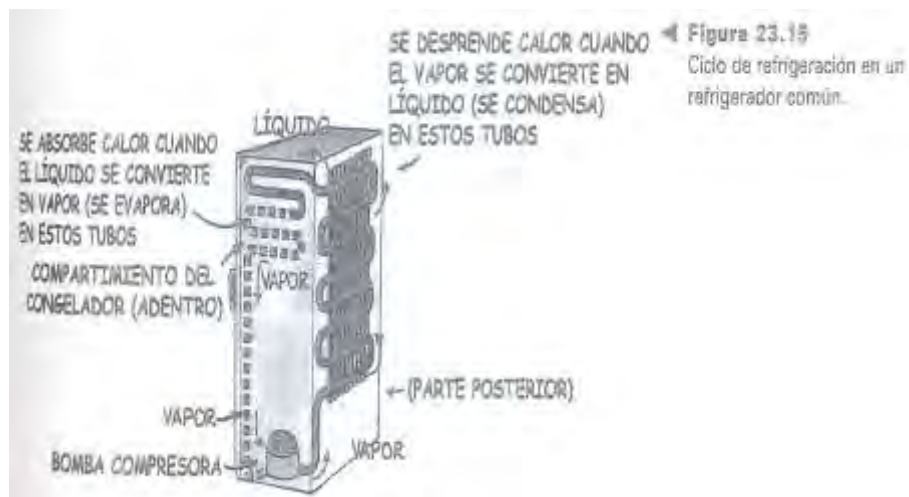


Figura 15. Ciclo de refrigeración en un refrigerador común.

FISICA EN EL TRABAJO

Combate de incendios.

Normalmente, los bomberos entran en los edificios que se están quemando para salvar vidas y propiedades, a fin de llevar a cabo su trabajo de manera eficaz y segura, los bomberos deben conocer muy bien la física del calor. La forma más común de controlar un incendio consiste en rociar agua sobre las llamas. En ciertos casos una niebla fina es más eficaz para extinguir un incendio, ¿por qué? Porque la niebla fina se convierte fácilmente en vapor y con ello absorbe rápidamente la energía y enfría el material que se está quemando. Los bomberos salvan vidas, incluso la propia, manejando correctamente las flamas. Para los bomberos, la física del calor es mucho más que una tarea para entregar en clase: es cuestión de vida o muerte.



Preguntas para evaluar tu comprensión

6. ¿Cuando se condensa H_2O que está en fase de vapor, ¿se calienta o se enfría el aire circundante?

Análogamente, quizá hayas visto fotografías o hayas oído hablar de personas que caminan descalzas sin hacerse daño sobre brasas de leña ardientes. **(PRECAUCIÓN: No intentes hacerlo por cuenta propia; hasta los “fakires” más experimentados han sufrido graves quemaduras cuando las condiciones no eran apropiadas).** El factor primordial es en este caso la baja conductividad de la madera, aun cuando está al rojo. Aunque su temperatura es alta, se transmite muy poco calor por conducción a los pies, del mismo modo que el aire conduce poco calor cuando pones la mano dentro de un horno caliente por unos instantes. Si tocas el metal del horno caliente, ¡AY! De manera similar, si un fakir pisa un objeto de metal caliente o cualquier buen conductor se quemará los pies. La evaporación también puede intervenir en este caso. Un factor secundario es la humedad de la piel. La transpiración de las plantas de los pies reduce la transferencia de calor hacia los mismos. Gran parte del calor que de otro modo se transmitiría a los pies sirve para evaporar la humedad, como en el caso del dedo húmedo y la plancha caliente. La temperatura es una cosa; la transferencia de calor es otra.

Resumiendo: un sólido absorbe energía cuando se funde y un líquido absorbe energía cuando se evapora. Recíprocamente, un gas emite energía cuando se licúa y un líquido desprende energía cuando se solidifica.

V SUMARIO DE CONCEPTOS

Durante la evaporación los líquidos cambian de fase o estado en su superficie y se convierten en gases.

La evaporación es un proceso de enfriamiento. Durante la condensación los gases cambian de fase y se transforman en líquidos.

La condensación es un proceso de calentamiento.

En condiciones idénticas de humedad relativa, hay más vapor de agua en el aire caliente que en el aire frío.

Las nubes y la niebla se forman cuando el aire se enfría y ya no puede contener la misma cantidad de vapor de agua.

Cuando la evaporación y la condensación ocurren con la misma rapidez, el líquido está en equilibrio y su volumen no cambia.

Un líquido está en equilibrio cuando el aire circundante está saturado de su vapor.

En aire seco la rapidez de evaporación del agua es mucho mayor que su rapidez de condensación; en aire húmedo, su rapidez de evaporación es sólo un poco mayor que su rapidez de condensación.

Durante la ebullición el cambio de fase ocurre en cualquier región del líquido y se forman burbujas de gas.

La temperatura de ebullición de un líquido depende de la presión que se ejerce sobre su superficie.

La ebullición, como la evaporación, es un proceso de enfriamiento.

Durante la congelación los líquidos cambian de fase y se convierten en sólidos.

La temperatura de congelación de un líquido se reduce cuando se mezcla con otras sustancias.

Durante la recongelación el hielo se funde por efecto de la presión y se congela de nuevo cuando la presión disminuye.

Durante los cambios de fase se desprende o se absorbe energía.

- Cuando una sustancia está sufriendo un cambio de fase su temperatura se mantiene constante.

Se libera mucha más energía cuando se condensa el vapor de agua que cuando se congela una masa igual de agua.



Actividad

1. Pon a hervir un poco de agua en un recipiente y observa que las burbujas se forman en regiones específicas del recipiente. Se trata de puntos de nucleación, esto es, de regiones raspadas o defectuosas del recipiente, o de simples impurezas. Cuando el agua alcanza el punto de ebullición, estos puntos proporcionan un lugar donde las burbujas microscópicas se pueden acumular el tiempo suficiente para formar burbujas grandes. Los puntos de nucleación también son importantes para los cambios de fase de condensación y de solidificación. Es característica la formación de copos de nieve y gotas de lluvia en torno a partículas de polvo, por ejemplo.



Vi EJERCICIOS DE REPASO

1. ¿Tienen todas las moléculas o átomos de un líquido aproximadamente la misma rapidez, o se mueven con rapidezces muy distintas?

2. ¿Qué es la evaporación y por qué es también un proceso de enfriamiento? (

3. ¿Por qué jadean los perros cuando hace calor?

4. ¿Qué es la condensación y por qué es también un proceso de calentamiento?

5. ¿Por qué causa más daño una quemadura con vapor de agua que una quemadura con agua hirviente a la misma temperatura?

6. ¿Qué contiene normalmente más vapor de agua: el aire caliente o el aire frío?

7. ¿Por qué se forman nubes en el aire húmedo y caliente cuando el mismo asciende?

8. ¿Por qué sientes menos frío cuando te secas dentro del cubículo de la regadera después de bañarte?

9. ¿Cómo puedes saber si la rapidez de evaporación es igual a la rapidez de condensación?

10. ¿Cuál es la diferencia entre evaporación y ebullición?

11. ¿Por qué depende de la presión atmosférica la temperatura a la cual hierva un líquido?

12. ¿Por qué es más útil una olla de presión para cocinar alimentos en la montaña que al nivel del mar?

13. ¿Por qué reduce la temperatura de congelación del agua el anticongelante o cualquier sustancia soluble que se agrega al agua?

14. ¿Qué se puede hacer para que el agua hierva y se congele al mismo tiempo?

15. ¿Qué es la recongelación, y qué tiene que ver con los cristales de estructura abierta del hielo?

16. a. ¿Cuántas calorías se necesitan para elevar la temperatura de 1 gramo de agua en 1°C?

b. ¿Cuántas calorías se necesitan para fundir 1 gramo de hielo a 0°C?

c. ¿Cuántas calorías se necesitan para evaporar 1 gramo de agua hirviendo a 100°C?

17. ¿Desprende o absorbe energía un vapor cuando se convierte en líquido?

18. ¿Cuál es el efecto de una evaporación rápida en la temperatura del agua?

19. En un refrigerador, ¿se enfrían los alimentos cuando un vapor se convierte en líquido o cuando ocurre lo contrario?

20. ¿Por qué es importante humedecerse el dedo antes de tocar brevemente una plancha caliente?

PARA PRACTICAR LOS MODELOS MATEMÁTICOS

Recuerda que:

Cantidad de energía necesaria para un cambio de fase = (masa) x (calor de fusión o calor de evaporación), o bien, en forma de ecuación:

$$Q=mL$$

Cantidad de energía que causa un cambio de temperatura = (masa) x (calor específico) x (cambio de temperatura), o bien, en forma ecuación,

$$Q = mc\Delta T$$

Para el agua, calor de fusión = 80 cal/g; calor de evaporación = 540 cal/g.

1. Calcula la cantidad de energía (en calorías) que absorben 20 gramos de agua que se calientan de 30°C a 90°C.
2. Calcula la energía necesaria para fundir 50 gramos de hielo a una temperatura de 0°C.
3. Calcula la energía necesaria para fundir 100 gramos de hielo a 0°C y calentanos luego a 30°C.
4. Calcula la energía que absorben 20 gramos de agua a 100°C que se transforman en vapor de agua a 100°C.
5. Calcula la energía que desprenden 20 gramos de vapor de agua a 100°C que se condensan y se enfrían después a 0°C.

PARA PROFUNDIZAR MÁS

1. a. La evaporación es un proceso de enfriamiento. ¿Qué es lo que se enfría, cómo ocurre y que se calienta durante la evaporación?

- b. La condensación es un proceso de calentamiento. ¿Qué es lo que se calienta y qué se enfría durante la condensación?
2. Puedes determinar la dirección del viento Si humedeces tu dedo y lo sostienes en el aire. Explica a qué se debe esto.
 3. Menciona dos razones por las que el café se enfría más rápidamente si lo vertimos en un plato que si lo vertimos en una taza.
 4. En un día de campo, ¿por qué es mejor envolver una botella en un trapo húmedo para enfriarla que colocarla en un cubo de agua fría?
 5. ¿Porqué la temperatura constante del agua que hierve sobre la estufa es una prueba de la ebullición es un proceso de enfriamiento? (Qué le ocurriría a la temperatura si la ebullición no fuese un proceso de enfriamiento?)
 6. ¿Se cocerán más pronto unas papas en un cazo de agua si ésta hierve vigorosamente que si lo hace con suavidad?
 7. Las personas que habitan donde las nevadas son algo común pueden confirmar el hecho de que la temperatura del aire siempre es mayor cuando nieva que cuando la atmósfera está despejada. Algunas personas confunden la causa y el efecto cuando afirman que no puede nevar en días muy fríos. Explica lo que ocurre.
 8. Si en una habitación pequeña y sin calefacción hay una tina llena de agua caliente, por más frío que haga la temperatura de la habitación no descenderá a menos de 0°C. ¿Por qué?
 9. En los días fríos de invierno las ventanas de una casa con calefacción se humedecen por dentro. ¿A qué se debe esto?
 10. En una noche despejada ¿por qué se forma más rocío en un campo abierto que bajo un árbol o en una banca de un parque?

PROFUNDIZANDO CON LOS MODELOS MATEMÁTICOS

1. ¿Cuánto vapor de agua a 100°C se debe condensar para fundir 1 gramo de hielo a 0°C y conservar el agua resultante a una temperatura de 0°C ? (La respuesta *no* es 0.148 gramos!)
2. Calcula la energía que desprende 1 gramo de agua hirviendo a 100°C que se enfría hasta formar hielo y después continúa cediendo energía hasta alcanzar el cero absoluto. (El cero absoluto corresponde a -273°C , y la capacidad térmica específica del hielo en este amplio intervalo de temperatura es de aproximadamente $0.3\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ en promedio.)
3. Calcula la energía que desprende 1 gramo de vapor de agua a 100°C que se condensa para formar 1 gramo de agua hirviendo a la misma temperatura. ¿Cómo es esta energía en comparación con la energía liberada en el problema anterior?
4. Si se vierten 20 gramos de agua caliente a 80°C en una cavidad de un bloque de hielo muy grande a 0°C , ¿cuál será la temperatura final del agua en la cavidad? ¿Cuánto hielo se debe fundir para enfriar el agua caliente hasta esta temperatura?
5. Si se calienta un trozo de hierro de 100 g a 100°C y luego se deja caer en una cavidad de un bloque grande de hielo a 0°C , ¿qué cantidad de hielo se fundirá? (La capacidad calorífica específica del hierro es de $0.11\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$.)
- 6.

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS PARA EVALUAR TU COMPRENSION

1. No. Si no hubiese un cambio de energía cinética durante los choques moleculares, no habría un cambio de temperatura. El líquido se enfría sólo cuando se reduce [a energía cinética promedio de las moléculas del

líquido. Esto sucede cuando algunas moléculas (como bolas de billar) adquieren rapidez a expensas de otras que la pierden. Las que salen (se evaporan) son las ganadoras, mientras que las perdedoras quedan atrás en el líquido y reducen en efecto la energía cinética promedio.

2. No, no y no! Cuando decimos que la ebullición es un proceso de enfriamiento, queremos decir que el agua (no tus manos) se está enfriando respecto a la temperatura más elevada que alcanzaría si no lo hiciese. Debido al enfriamiento, el agua permanece a 100°C en vez de calentarse más. Una inmersión en agua a 100°C sería muy desagradable para tus manos!
3. Un gramo de vapor de agua a 100°C libera 540 calorías de energía cuando se condense para formar agua a la misma temperatura.
4. La misma cantidad de vapor libera 640 calorías al convertirse en agua helada. Esto comprende 540 calorías para el cambio de fase de vapor a agua, y 100 calorías más a razón de 1 caloría por grado para el enfriamiento a 0°C .
5. 40°C , si suponemos que el agua restante suministra toda la energía para la evaporación. ¿Por qué? Porque el gramo que se evaporó extrajo 540 calorías. Esto significa que cada uno de los 9 gramos restantes cede 60 calorías [puesto que $[540 \text{ cal} \div 9 = 60 \text{ cal}]$. El agua se enfría a razón de 1 grado Celsius por caloría, lo cual significa que su temperatura desciende 60 grados hasta 40°C (Puesto que $100^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C} = 40^{\circ}\text{C}$).
6. El aire circundante se calienta. El vapor libera energía cuando se convierte en líquido (Figura 12). Otra forma de ver que el aire se calienta es recordar la figura 5 y nuestro modelo de las moléculas del aire (una mezcla de gases que incluye H_2O) como diminutas bolas de billar que rebotan unas en otras. La energía cinética total antes y después de las colisiones es siempre la misma. Si una molécula gana energía cinética en una colisión, la otra pierde la misma cantidad. Unas moléculas ganan rapidez y otras la pierden. ¿Qué ocurre con las perdedoras de energía

cinética cuando se aproximan entre si? Se unen y se condensan del aire. Pero antes de condensarse, estas moléculas habrán transferido gran parte de su energía cinética a otras moléculas. Que esta manera, el aire se calienta. ¿Cuánto? Lo correspondiente a unas 540 calorías por cada gramo de H₂O que se condensa.

Vii EVALUACIÓN ESCRITA

Nombre _____ Grupo _____

Con esta evaluación se pretende obtener información acerca de los logros y las dificultades que has tenido en la adquisición de conocimientos y habilidades acerca de los cambios de fase.

Para las siguientes afirmaciones señala verdadero (V) o falso (F) según creas conveniente. Justifica tus respuestas en una hoja aparte.

V F 1.- Si la presión del aire sobre una cantidad de agua es eliminada, el agua hervirá y el enfriamiento resultante transformará el agua en hielo.

V F 2.- Un patinador de hielo patina siempre sobre una capa delgada de agua entre las hojas metálicas y el hielo.

V F 3.- Cuando el vapor cambia a agua a 100°C, se libera energía.

V F 4.- Cuando el hielo cambia a agua a 0°C, se libera energía.

V F 5.- El proceso de ebullición en realidad enfría el agua.

Coloca en el espacio de la izquierda la letra que crees completa correctamente la afirmación que se da.

___6.-Las moléculas en un vaso con agua dentro de una habitación chocan

unas con otras con:

- a.- Una gran variedad de velocidades
- b.- Aproximadamente los mismos rangos de velocidades
- c.- Movimientos caóticos y pequeñas velocidades
- d.- Movimientos ordenados y grandes velocidades

___7.- La evaporación es un proceso de enfriamiento y la condensación es:

- a) Un proceso de calentamiento
- b) También un proceso de enfriamiento
- c) Ni de enfriamiento ni de calentamiento
- d) Más o menos de calentamiento

___8.- La evaporación es un proceso de enfriamiento porque:

- a) El calor es radiado durante el proceso
- b) Las moléculas de mayor energía escapan del líquido
- c) La temperatura del líquido sobrante decrece
- d) Ninguna de las anteriores

___9.- Las nubes se forman cuando el aire caliente:

- a) Se eleva
- b) Se expande
- c) Se enfría
- d) Todas las anteriores

___10.- A grandes altitudes el punto de ebullición del agua

- a) Es más bajo
- b) Es más alto
- c) Permanece igual
- d) Cambia constantemente

___11.- El incremento de la presión del aire sobre la superficie de agua caliente tiende a

- a) Impedir la ebullición
- b) Estimular la ebullición

- c) Ninguna de las anteriores
- d) Enfriar la superficie

___12.- El congelamiento ocurre cuando la materia cambia de

- a) Gas a sólido
- b) Sólido a gas
- c) Líquido a gas
- d) Líquido a sólido

___13.- Cuando el agua se congela, ésta

- a) Pierde energía
- b) Absorbe energía
- c) Ni pierde ni absorbe energía
- d) Se hunde

___14.- La cantidad de energía para fundir un gramo de hielo a 0°C es

- a) 540 Cal
- b) 100 Cal.
- c) 80Cal
- d) 50 Cal

___15.- ¿Cuanta energía es liberada cuando un gramo de vapor se condensa en agua a 100°C ?

- a) 540 Cal
- b) 100 Cal
- c) 80 Cal
- d) 50 Cal

Para arrastrar el lápiz

16.-Calcula cuánta energía es necesaria para cambiar un gramo de hielo a 0°C , a un gramo de vapor a 100°C .

17.- ¿Se cocerán más rápido unas papas en un cazo de agua si esta hierve vigorosamente que si lo hace con suavidad? Explica.

18.- Menciona dos razones por las que el café se enfría más rápidamente si lo vertimos en un plato que si lo vertimos en una taza.

19.- La evaporación es un proceso de enfriamiento. ¿Qué es lo que se enfría y qué se calienta durante la evaporación?

20.- Si se calienta un trozo de hierro de 100 g a 100°C y luego se deja caer en una cavidad de un bloque grande de hielo a 0°C , ¿qué cantidad de hielo se fundirá? (La capacidad térmica específica del hierro es de $0.11 \text{ cal/g } ^{\circ}\text{C}$).

La realimentación es imprescindible para motivar el aprendizaje y para evaluar la enseñanza. Es necesario dedicar una sesión para consolidar los aprendizajes y corregir posibles errores antes de la evaluación escrita.

Capítulo III

Los Resultados y su Análisis

3.1 La práctica docente

Después de haber establecido lo anterior, a continuación, se muestra paso a paso y con detalle el proceso seguido en la instrucción, en consecuencia de los resultados obtenidos en la evaluación diagnóstica, y derivados de la **práctica docente realizada durante tres años**, donde cada una de las actividades, lecturas y ejercicios, fueron probados una y otra vez con la intención de conformar esta guía de la mejor manera posible.

Cabe mencionar que de acuerdo a los resultados obtenidos de esa práctica docente se concluye que los temas y su enfoque deben ser los que se presentan en la guía.

En resumen, se presenta el siguiente listado de características de los estudiantes, que desde mi punto de vista señalan el paso al periodo de las operaciones formales después de la práctica docente:

- Los alumnos buscaron espontáneamente las leyes o normas que regían los fenómenos en estudio.
- Fueron capaces de analizar las combinaciones posibles entre los elementos de un fenómeno físico en estudio.
- Detectaron correctamente las relaciones de proporcionalidad presentes en un fenómeno.
- Controlaron las variables de experimentación.
- Cuidaron exhaustivamente la coherencia de su razonamiento, y la congruencia de éste con la realidad.
- Asumieron que los conceptos y procedimientos aprendidos en el curso son una ayuda para la resolución de problemas.

Es muy importante mencionar que el desarrollo de la práctica docente fue imprescindible para el logro de los objetivos planteados, así cómo, el apoyo de todos los profesores de la MADEMS que aportaron sus conocimientos y su apoyo para lograr un material de apoyo docente que sale, indudablemente, de lo tradicional.

1.2 Los esquemas conceptuales de los alumnos

En esta parte, se describen las ideas previas que los alumnos tuvieron al respecto, analizando sus respuestas del examen diagnóstico, así mismo se definen algunos conceptos y sus detalles utilizados en la guía.

En la mayoría de los libros de texto es frecuente encontrar la siguiente definición: **“la energía es la capacidad de un sistema para realizar trabajo”**. Esta forma de hacerlo es incompleta porque no toma en cuenta los procesos asociados con los intercambios a través de calor, centrándose sólo en los intercambios mecánicos. En este sentido, es necesaria una definición que describa de la mejor manera lo que se entiende por energía, es decir, más completa.

En la formación del concepto de energía, como en cualquier concepto, se deben tomar en cuenta aquellos atributos que le son característicos, en especial los siguientes:

- La energía es una propiedad de los sistemas que se pone de manifiesto en las transformaciones.
- Esta propiedad puede transmitirse o transferirse de un sistema a otro.
- La propiedad llamada energía puede manifestarse de manera diferente; son los distintos tipos de energía: cinética, potencial, eléctrica, química, etc., siendo convertibles unos en otros.
- La energía se degrada en los procesos de transformación, de manera que existen unas formas que permiten un número mayor de transformaciones que otras.

- La cantidad total de energía se conserva, aunque a veces, dado el proceso de degradación, el efecto práctico es como si se hubiese perdido parte de la energía.

Una definición descriptiva que representa mejor a la energía, tomando en cuenta lo anterior, es la siguiente:

“La energía es una propiedad de todo cuerpo o sistema material en virtud de la cual éste puede transformarse, modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros originando en ellos procesos de transformación”²².

Esta definición podría completarse con algunos otros atributos del concepto, y este tomaría sentido cuando el alumno lo use en las diversas situaciones que vamos a tratar.

Por otro lado, se sabe que en el lenguaje diario, las palabras calor y temperatura son de uso cotidiano pero con significados que son casi siempre diferentes de los que se les da en física. La temperatura es uno de los parámetros que describe el estado de un sistema. El conocimiento de la temperatura, junto con otros parámetros, sirve para poder predecir los cambios que pueden ocurrir a un sistema cuando interacciona con otro. Es una propiedad macroscópica que expresa el estado de movimiento desordenado de las partículas. Su relación es con la energía cinética de dichas partículas.

Otro de los parámetros importantes es la energía interna del sistema. La suma de las energías cinéticas de todas las partículas, junto con las energías potenciales debidas a la existencia de interacciones entre ellas constituye la energía interna del sistema. Tanto la energía interna como la temperatura definen el estado del sistema. La primera es una magnitud extensiva, es decir, depende de la cantidad de sustancia del sistema mientras que la temperatura es una magnitud intensiva, que no depende de la cantidad de sustancia.

²²Hierrezuelo, J. y Montero, A., (1988). La ciencia de los alumnos. Barcelona, España. Edit. LAIA/MEC.

Finalmente se describe el concepto de calor que se desarrolló en la guía: Se llama calor a la energía interna intercambiada entre dos sistemas a causa de la diferencia de temperaturas entre ellos, es decir, el calor es energía en tránsito. Los sistemas no contienen calor, sólo tienen energía interna.

1.3 Las dificultades encontradas

Con la secuencia seguida y después de haber podido llegar a una noción de temperatura como magnitud intensiva que define el estado térmico de un sistema, fue necesario dedicar tiempo suficiente para que los alumnos pudieran interpretar correctamente los fenómenos de intercambio de energía, realizando diversas actividades experimentales. Fue conveniente insistir en la diferencia entre lo que son buenos conductores de la energía y la idea que tienen los alumnos de sustancias que tienden a ganar calor. Esta distinción fue necesaria no sólo para comprender correctamente los conceptos de conductor y aislante térmicos, sino que también contribuyó a dejar clara la independencia de la temperatura de un cuerpo, de su naturaleza.

En este sentido, fue necesario, como se observó en la propuesta, realizar diversas actividades experimentales, sobre conducción, convección y radiación, como procesos de transferencia de energía. En los laboratorios de los planteles se debe procurar que existan los materiales necesarios, son imprescindibles para seguir el proceso. En este caso y en toda la propuesta, fue necesario diseñar y construir diversos dispositivos que apoyaran la estrategia de enseñanza. Aparecieron las fotografías de ellos durante el desarrollo de la guía didáctica.

En el análisis de los procesos de interacción térmica fue conveniente insistir en la identificación de los sistemas que intervienen, definiendo su estado mediante la temperatura a la que está cada uno, paso previo a poder decir quién cederá y quién ganará energía.

Es posible que a veces, por ser obvio al profesor cuáles son los sistemas que interactúan, no se dedique la atención necesaria a ese paso que para un porcentaje elevado de alumnos presenta dificultades. Esto es así especialmente en el caso de que uno de los sistemas sea el medio ambiente.

En este caso dado que las variaciones de temperatura del ambiente son generalmente poco perceptibles (difícilmente apreciamos la disminución de temperatura en una habitación cuando se funde el hielo contenido en un vaso), los alumnos tienden a no tenerlo en cuenta como sistema intercambiador de calor.

Lo mismo ocurre cuando se producen aumentos de temperatura debido a energías “perdidas” en rozamientos, en la luz emitida por una lámpara, etc. Un dato que sorprendió a los alumnos es que los grandes almacenes, que generalmente no tienen ventanas, han de refrigerar, incluso en invierno, el aire de sus establecimientos, ya que es excesiva la energía que las lámparas y/o personas ceden al medio ambiente. Algunos alumnos que trabajan en tiendas de autoservicio corroboraron este hecho.

Respecto al concepto de calor se encontró, además de la necesidad de que previamente se tenga claro el concepto de temperatura, con otras dos dificultades:

La primera se refiere a la tendencia del alumno a considerar el calor como algo almacenado en los objetos. En realidad esa noción que ellos asignan al calor se asemeja a lo que se llama energía interna. La introducción de este término, cuyo nombre por otra parte, es bastante claro respecto a lo que representa, permite dejar al calor como nombre de la energía intercambiada en el proceso.

Esta idea del calor como energía intercambiada exigió un conocimiento previo del concepto de energía (que ya se dio anteriormente), ya que difícilmente podría entenderse qué es lo que se transfiere si no se entiende qué es lo que se posee.

Una analogía interesante, y que funcionó muy bien, fue comparar el calor con la lluvia. La lluvia es agua en tránsito desde las nubes a la tierra. Es

agua sí, pero agua que cae. Cuando está en las nubes no se le llama lluvia, cuando está en la tierra tampoco. Sólo es lluvia cuando está cayendo. Lo mismo ocurre con el calor. Cuando está en un sistema es energía interna, cuando está en el otro sistema es también energía interna, sólo le llamamos calor en el tránsito de un sistema al otro.

La segunda dificultad es, que una vez establecido el significado del calor, queda el comprender la naturaleza de esa magnitud. Realmente para poder comprender la naturaleza del calor fue necesario recordar y usar el modelo cinético molecular visto en temas anteriores, lo cual ayudó mucho porque parece estar relacionado con la etapa de desarrollo psicológico evolutivo en que se encontraban los alumnos.

Para terminar, sólo falta agregar algunas observaciones sobre los cambios de estado o fase de la materia. En este caso las dos leyes que se consideró que los alumnos conocieran sobre los cambios de estado fueron:

- a) La temperatura a la que se realiza el cambio de estado es constante a una determinada presión.
- b) La energía suministrada a un sistema en el que se produce un cambio de estado se invierte en producir ese cambio de estado y no en cambiar la temperatura del sistema.

La comprensión de ambas leyes se planteó a dos niveles diferentes. Uno, menos elevado, que supone el conocimiento empírico de las mismas, y otro, que supone la explicación de tales leyes, para lo que se necesitó acudir a lo que sucede en las sustancias a nivel molecular.

Antes de recibir instrucción los alumnos no creyeron que la temperatura de ebullición del agua sea constante, sin depender del tiempo que lleva hirviendo, ni del tamaño de la fuente con la que se está calentando o de la cantidad de agua que se vaya a hervir. Algunos alumnos creen que hay sustancias que pueden fundir (como el oro, el hierro o el plomo) mientras que otras nunca pueden estar en estado líquido (como el diamante o la sal), dando como argumento el que son muy duras.

Una enseñanza, que se consideró adecuada, que incluyó la observación experimental y las lecturas adecuadas, obtuvo buenos resultados en la admisión, por parte de los alumnos, de la constancia de la temperatura de cambio de estado. Sin embargo, eso no significó que no existieran otras dificultades e incluso que las explicaciones que dieron hayan sido las correctas.

En el mismo sentido de la confusión entre calor y temperatura, así como de la asignación de una temperatura a una sustancia en función de la cantidad y naturaleza de la misma, estuvieron las contestaciones de los alumnos a preguntas como ¿qué fundirá antes, un bloque de hielo grande o uno pequeño?

En este caso, las contestaciones fueron mayoritariamente correctas pero no así las explicaciones, muchas de las cuales fueron erróneas. Fue frecuente que dijeran que se funde antes el pequeño, porque el grande tiene una temperatura inferior. Pocos aludieron al hecho de que al tener que fundirse más cantidad de hielo se necesitaba más calor y esto es lo que hace que se tarde más.

A veces, cuando se les reformuló la pregunta en el sentido de solicitar cuál de los dos fundirá a una temperatura más elevada, dijeron que el grande, a causa de su tamaño, en una clara confusión entre calor necesario para el cambio de estado y temperatura del cambio de estado.

Los alumnos analizaron de forma muy diferente los procesos de ebullición del agua y de fusión del hielo. Mientras el agua puede cambiar de temperatura, el hielo es capaz de fundirse pero no cambiar de temperatura. El hielo, de acuerdo con su experiencia, es visto como la sustancia más fría y por lo tanto se le asigna la propiedad de ser “enfriadora” de las demás. Pocos admitieron que el hielo pueda “calentar” a otra sustancia, o que él mismo pueda calentarse o enfriarse. Al comentar lo que ocurre cuando un vaso con hielo a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se introduce en otro con agua caliente, pocos alumnos mencionaron como primera etapa el calentamiento del hielo desde -10 hasta $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, sino que directamente indican que el agua caliente da calor al hielo para que éste se funda. El hielo es capaz de enfriar a los demás pero no le asignan una temperatura. Por ejemplo, cuando se les dijo que se pone hielo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en alcohol a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, muchos alumnos dijeron que el hielo enfriaría al alcohol. Eso está muy relacionado con

su experiencia cotidiana, donde es verdad que el hielo se utiliza siempre para enfriar a las demás sustancias.

En las explicaciones que dieron los alumnos sobre la constancia de la temperatura de cambio de estado fue frecuente que consideraran que esa temperatura corresponde a la más alta que pueda llegar la sustancia. El agua no puede tener una temperatura superior a los $100\text{ }^{\circ}\text{C}$., en una afirmación de ese tipo van implícitas varias ideas contrarias a las que se quisieron enseñar, sin embargo, poco a poco fueron cambiando:

- Se inició considerando la temperatura como una propiedad de la sustancia y no como un parámetro que puede definir el estado de un sistema. No se asocia la temperatura al cambio de estado sino a la sustancia que cambia de estado.
- Se vio el cambio de estado, al inicio, como algo en lo que no se mantiene la naturaleza de la sustancia. Lo que hay después de hervir ya no es agua.

Los alumnos tuvieron también dificultad para admitir que a una misma temperatura pueden coexistir dos estados diferentes a una misma sustancia. El agua no puede estar nunca a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ porque a esa temperatura se convierte en hielo. Para ellos, el agua que se va a congelar está a un poco más de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y cuando llega a los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ya se ha congelado. Lo mismo, aunque en una proporción de alumnos, ocurre para el proceso de ebullición. En ese caso, cuando el agua va a hervir y alcanza la temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ya se ha convertido en vapor. Quizá sea debido a la ausencia de un modelo de la naturaleza de la materia lo que les impida ver los cambios de estado como una situación de equilibrio dinámico entre ambas fases, caracterizada por una temperatura determinada y en la que coexisten los dos estados.

Tales problemáticas se fueron solucionando al hacer diversas experiencias y trabajando de manera individual con los alumnos que presentaban mayor rezago. Debe resaltarse aquí, la importancia de la lectura de apoyo.

De la misma manera, y para quitar la idea de que los objetos contienen calor, los problemas tradicionales de calcular la temperatura de equilibrio de dos

sustancias a temperaturas diferentes se enfocaron a partir de la idea central de que los objetos NO tienen calor, sino que poseen energía interna. Por ello no se utilizó la expresión “calor ganado por una sustancia = calor cedido por la otra” sino:

Disminución de energía interna de una sustancia = Aumento en la energía interna de la otra

Esas fueron las características esenciales del trabajo realizado, y con el cual, se lograron excelentes resultados en los aprendizajes de los estudiantes.



CONCLUSIONES

A través de la planeación, diseño y uso de la “**Guía Didáctica de Termodinámica Clásica para el Bachillerato**” y considerando los resultados obtenidos de la aplicación de este trabajo, se puede concluir que:

1.- No sólo se consideró la **didáctica** como el único instrumento que permitiera la solución de los problemas que se enfrentan en la práctica docente cotidiana, sino que siempre estuvo presente **la reflexión y el análisis de la práctica propia**.

2.- La **práctica docente** es la fuente principal para estudiar el proceso enseñanza-aprendizaje que es el objeto central de la didáctica.

3.- Así como reconocer el nivel empírico de la práctica docente cotidiana, la cual requiere una fundamentación teórica sólida. Fue necesario complementar la formación con el conocimiento de otras disciplinas, como la **psicopedagogía** y el **desarrollo del adolescente**.

4.-Además, ahondar en la propia disciplina: **la física**, para afrontar adecuadamente los problemas docentes y superar así las concepciones intuitivas de esta práctica docente, con lo cual se fundamentó adecuadamente la propia labor educativa.

5.- En este enfoque es indispensable analizar críticamente la práctica docente, la dinámica de las instituciones de educación media superior y los roles de sus miembros. En particular, el docente de física debe contar con un buen juego de herramientas para la enseñanza, es decir, debe tener un amplio conocimiento de la física y un amplio conocimiento del adolescente. “Nadie puede enseñar lo que no sabe”.

6.- En términos generales, el docente de física debe saber describir lo que los científicos hacen, cómo lo hacen y cómo esto está relacionado con la estructura de la naturaleza que descubren. Asimismo, debe tomar en cuenta

las concepciones alternativas de los estudiantes, además de enseñar para el cambio o la evolución conceptual.

7.- El llamado cambio o evolución conceptual es necesario para que los estudiantes progresen desde sus conocimientos intuitivos hacia los conocimientos científicos, ya que se requiere que piensen en los diversos modelos y teorías desde los que se puede interpretar la realidad que los rodea.

8.- Se debe apostar por nuevas concepciones epistemológicas según las cuales el conocimiento científico no se extrae nunca de la realidad sino que procede de la mente de los científicos que elaboran modelos y teorías en el intento de dar sentido a esa realidad.

9.- En el caso del proceso de enseñanza-aprendizaje con el uso de la guía didáctica se puntualiza lo siguiente:

- El avance de los estudiantes en la comprensión de los conceptos y leyes de la termodinámica clásica ha sido significativa en comparación con la aplicación de una metodología tradicional.
- Es posible el cambio de paradigma en la enseñanza de la física, si ésta se fundamenta en los principios teórico-metodológicos del aprendizaje activo, que busca la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes en un ambiente de aprendizaje, en el que todos aprenden de todos y, fundamentalmente, de aquello que se realiza en conjunto y de la interacción directa con el fenómeno físico en estudio.
- La presente guía es una nueva orientación en la enseñanza de la física, presenta una propuesta diferente acerca de cómo seleccionar y organizar las actividades de enseñanza. Además de ser una alternativa en la evaluación y los nuevos métodos para realizarla, sin olvidar que es también, una orientación para la planeación didáctica docente y para la reconstrucción del currículo en el bachillerato.
- Es indispensable asumir que el trabajo práctico es esencial no sólo como contenido de material de aprendizaje, sino para que los alumnos hagan su propio contacto personal con el trabajo científico.

10.- La física es un proceso socialmente definido de elaboración de modelos para interpretar la realidad. Los estudiantes y los docentes deben saber describir lo que los científicos hacen, cómo lo hacen y cómo eso está relacionado con la estructura de la naturaleza que descubren.

11.- Es necesario conocer las principales ideas previas de los alumnos acerca del tema que se va a enseñar para que se puedan diseñar diversas estrategias didácticas que contribuyan a superarlas. Las ideas previas sirvieron de guía para valorar la eficacia de las estrategias de enseñanza utilizadas.

12.- Esta guía pretende apoyar al cambio de paradigma y generar el cambio conceptual, lo cual requiere que los estudiantes adopten una forma de abordar el aprendizaje como un proceso constructivo, de búsqueda de significados e interpretación, en lugar de reducir el aprendizaje a un proceso repetitivo o reproductivo de conocimientos precocinados, listos para el consumo.

13.- Es necesario renovar los contenidos, además de las metas a los que van dirigidas, concibiéndolos no tanto como un fin en sí mismos, sino como medios necesarios para que los estudiantes accedan a ciertas capacidades y formas de pensamiento que no serían posibles sin un cambio en la metodología de la enseñanza.

14.- Aprender a enseñar física requiere de los profesores un cambio conceptual, procedimental y actitudinal no menos complejo que el que exige a los estudiantes el propio aprendizaje de la misma.

15.- Se trata no sólo de que el alumno conciba la física como un proceso constructivo sino que, de hecho, intente aprenderla de un modo constructivo, adoptando un enfoque profundo en lugar de superficial, aprendiendo en busca del significado y del sentido, y no sólo repitiendo; se trata también de que el alumno se interese por la física, la valore como algo cuya comprensión es digna de esfuerzo y que genere un autoconcepto positivo con respecto a ella, que se crea capaz de aprenderla, que en definitiva esté motivado para aprenderla, y no sólo para aprobarla, que la asuma como una opción posible en su futuro académico y personal.

16.- Las actitudes que el alumno adopte con respecto al aprendizaje de la física serán estrechamente dependientes de cómo la aprenda, es decir del tipo de

actividades de aprendizaje/enseñanza en que se vea implicado. Si esas actividades se organizan para el trabajo individual, difícilmente aprenderá a cooperar, si se evalúan mediante pruebas que requieren repetir ciegamente información, difícilmente adquirirá una actitud de búsqueda de significados. Lo importante es que, teniendo en cuenta la “resistencia al olvido” de cada resultado de aprendizaje, cuando el alumno haya olvidado buena parte de los conocimientos conceptuales y procedimentales que aprendió así, seguramente aún perduren en él buena parte de las actitudes, a través de las cuales adquirió esos conocimientos ya olvidados.

17.- Como en tantos otros ámbitos, en el aprendizaje **las formas** suelen perdurar bastante más que **los contenidos**. O en otras palabras, la forma de aprender física puede influir más en el futuro académico y personal del alumno que los propios “contenidos” aprendidos. Esta guía es un ejemplo que ayuda a comprender lo anterior y por supuesto, la voluntad política, si es que se da, hará cambiar lo que hasta ahora no ha funcionado.

ANEXO

Los dispositivos construidos para apoyar la práctica docente fueron los siguientes:

- 1.- Anillo de Gravesande
- 2.- Caja de unicel para ilustrar la primera ley de la termodinámica
- 3.- Dispositivo que utiliza un termistor para mostrar otra forma de estimar temperaturas
- 4.- Dispositivo que ilustra cómo funciona un termostato
- 5.- Dispositivo para ilustrar la conducción en sólidos
- 6.- Calentador eléctrico de foco

Todos se construyeron en el taller del técnico especializado, Jaime Flores Tinoco, excelente amigo y socio.

En el desarrollo de la guía aparecen las fotos de cada uno en las actividades experimentales que se van desarrollando. Cabe mencionar que sólo el 2 y el 4, fueron demostrativos, y los demás se construyeron en número de 6 para que cada equipo de alumnos pudiera interactuar con ellos.

En la siguiente página se presenta un cartel que fue expuesto en diversos lugares de encuentros de enseñanza como el L congreso de física en Boca del Río, Veracruz.

En dicho cartel se resume de manera precisa el estudio realizado con el enfoque utilizado y los resultados obtenidos.



Guía Didáctica de Termodinámica Clásica para Bachillerato

Samuel Barrera Guerrero
Maestría en Docencia para la Educación Media Superior
María Sabina Ruiz Chavarria
Facultad de Ciencias

sambague2@hotmail.com

mstrc@ciencias.unam.mx



Introducción

- Se determinan los factores principales que dificultan la enseñanza de la física al nivel de bachillerato, en este caso particular se trabajó con calorimetría.
- Se propone una **guía didáctica** para la enseñanza de esta área de la física, considerando las dificultades principales de los estudiantes.
- Se determinan los cambios conceptuales, de actitudes y las habilidades desarrolladas en los estudiantes con el uso de esta guía didáctica, utilizando al aprendizaje activo, como enfoque didáctico.

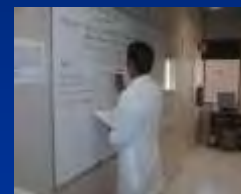
Problemas detectados en los estudiantes

- Deficiente comunicación oral y escrita de sus ideas.
- Escasa o nula participación en las actividades de la clase.
- Deficiente trabajo individual y grupal.
- Incapacidad para obtener información por sí mismos.
- Falta de iniciativa y un alto grado de pasividad, lo que no les permite pensar críticamente.
- Las ideas previas en torno al tema que se enseña.



Propósitos de la guía didáctica

- Interesar a alumnos en el estudio de la física y en particular a los de bajo rendimiento escolar.
- Mejorar la enseñanza de la física, en particular en los temas de calor y temperatura.
- Generar actividades que permitan un desarrollo integral de los estudiantes: conocimientos, habilidades y actitudes.



Guía Didáctica

- Evaluación diagnóstica.
- Actividades experimentales siguiendo un enfoque de aprendizaje activo.

Pilar fundamental de la Propuesta Didáctica

Se parte de preguntas generadoras.

Ejemplo:

“Si tocas una superficie de metal, una de madera y una de unicel:

¿Cuál sientes más fría?

¿La que sientes más fría tendrá una temperatura menor que las otras dos?

¿En cuál superficie se derretirá más rápido un cubo de hielo?

Justifica tu respuesta”.

- Discusión de resultados y establecimiento de conceptos.
- Lecturas propuestas.
- Ejercicios y problemas.



9 de junio de 2008.

Variables de los alumnos que son consideradas antes de la instrucción:

- Nivel de desarrollo cognitivo.
- Motivación por aprender y autoestima.
- Nivel de conocimientos.

Las actividades experimentales permiten:

- Observar detalladamente.
- Interaccionar con el objeto de conocimiento.
- Medir con precisión variables físicas.
- Discriminar y manejar diversos aparatos para medir.
- Controlar variables físicas.
- Interpretar datos.
- Establecer modelos.
- Realizar predicciones.
- Comunicar resultados.



Ejercicios y problemas

- Tareas
- Tutorías: asesoría, acompañamiento, seguimiento y apoyo individualizado



Conclusiones

- El aprendizaje escolar es una función de diversas variables: una de ellas es la enseñanza y es la que puede mejorarse por parte de los docentes.
- Hubo una **captura y una evolución conceptual** en la mayoría de los alumnos.
- El desarrollo de las actividades propuestas originó muchos progresos en los alumnos y los motivó a perseverar en la actividad escolar, además de mejorar su confianza y su autoestima.
- La guía didáctica propicia un aprendizaje autónomo a mediano y largo plazo.
- Se fueron probando muchas actividades más y se fue mejorando la guía.

Referencias Bibliográficas

Bosco, H. M. D., Antología de lecturas para el curso de Psicopedagogía de la Enseñanza y el Aprendizaje, 2007. MADEMS.

Díaz Barriga, F., Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida, Mc Graw Hill. México, 2006.

Díaz Barriga, F., Hernández, R. G., Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista. 2ª. Edición, Mc Graw Hill. México, 2002.

Furió, J. C., *Las ideas del alumnado en ciencias*, Alambique Grao. España, 1996.

Giancoli, D., Física. Principios con aplicaciones 6ª. Edición, Pearson Prentice Hall. México, 2006.

Halliday, D., et al. Física, vol 1, 5ª. Ed. CECSA. México, 2007.

Hewitt, P., Física Conceptual. 3a. Edición, Pearson Addison Wesley Longman. México, 1999.

Hewson, P., Beeth, M., Thorley, R., Teaching for conceptual change, in *international Handbook of science education*, Ed. Fraser, B., Tobin, K., Kluwer Academic Publishers, 1988.

Hierrezuelo, J. y Montero, A., (1988). La ciencia de los alumnos. Barcelona, España. Edit. LAIA/MEC.

Hourcade, J. L. y Rodriguez de Avila, C., (1985). Preconcepciones sobre el calor en segundo de BUP. Enseñanza de las ciencias, Vol. 3, pp. 188-193.

Litwin, E., *La evaluación: campo de controversias y paradojas o un nuevo lugar para la buena enseñanza*, en *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*, Camilloni, A. et al, Paidós, 2001.

Máximo, A., Alvarenga. B., Física General con experimentos sencillos. 4ª. Edición, Oxford University Press. México, 1998.

McDermott, L. C. Physics by Inquiry, Vol. I, John Wiley & Sons, Inc. USA, 1996.

Pérez, M. C., Moreno, J. M., Evaluación y detección de dificultades en el aprendizaje de física y química en el segundo ciclo de ESO, cap. 1, pp 3-16, 1998.

Pozo, J. I., Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto que hacemos con ellas, Alambique Grao. España, 1996.

Strike, K., Posner, G., A revisionist theory of conceptual change, in *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice*, Ed. Dusch, R., Hamilton, R., State University of New York Press, 1992.

Varela, N. P., et al, Iniciación a la física en el marco de la teoría constructivista, Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid, 1993.

Viennot, L., Razonar en física, la contribución del sentido común, aprendizaje, Antonio Machado, libros. Traducción de María José Pozo Municio. Madrid, 2002.

Hemerografía

Hewson, M.G. y Hamlyn, D., (1984). The influence of intellectual environment on conceptions of heat. *European Journal of Science Education*, Vol. 6, pp. 245-262.

Páginas web

http://teleformación.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/Fisica_interactiva/calor/Equilibriotermino/equilibrio-termico.html

<http://www.elgoldfish.com/accesorios.html>

http://www.uclv.edu.cu/uclv/adjunto_uclv/astroweb/AstEstelar

<http://quercus.nosomos.org/imagenes/posts/Kilocal.jpg>

<http://termometria.galeon.com/dilatacion.jpg>

http://www.buceoeuskadi.com/Carpeta_Web/imagenes/img_cursos/cur_bajohiel_o.jpg

<http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.calahua.com.mx/imagenes>

<http://www.azc.uam.mx/publicaciones/miscelanea/num2/termome.htm>