



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Propuesta Didáctica para la Enseñanza de los Conceptos de Calor y Temperatura para Estudiantes de Educación Media

Wilfer Suárez Salinas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2016

Propuesta Didáctica para la Enseñanza de los Conceptos de Calor y Temperatura para Estudiantes de Educación Media

Wilfer Enrique Suárez Salinas

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

M.Sc Carlos Joel Perilla Perilla

Línea de Investigación:

Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Nacional De Colombia

Facultad de ciencias

Bogotá D.C. Colombia.

2016

Dedicatoria

A mis padres por su afecto, su apoyo y comprensión, infinitas gracias.

A mi esposa, por su paciencia, comprensión y cariño.

A mi hijo, tu eres el amor de mi vida.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia por permitirme recibir en sus aulas una formación de calidad bajo la orientación de los mejores profesionales.

A Carlos Joel Perilla Perilla, por su continua colaboración y dedicación en cada asesoría, por corregirme e indicarme como enseñar de forma significativa la física de distintas maneras, por su atención al escucharme y transmitir sus ideas. Gracias por sus críticas y exigencias que me permitieron realizar un gran trabajo.

A Andrea Mendieta Rico y al Nuevo Instituto San Miguel, grado décimo, por permitirme el espacio para aplicar esta propuesta.

Resumen

Es un hecho que los estudiantes de educación media presentan una falta de claridad conceptual en relación con los términos calor y temperatura. Ante esta situación problemática se plantea una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura que permita a los estudiantes de décimo grado del Nuevo Instituto San Miguel, confrontar sus ideas e intuición con las observaciones derivadas de la realización de experimentos propuestos por el docente, con el propósito de que logren comprender, diferenciar y usar estos conceptos.

Este trabajo presenta el diseño e implementación de la propuesta, así como los resultados del aprendizaje de los estudiantes al final de la implementación. La propuesta incluye talleres de aprendizaje activo, trabajo extra clase, clases demostrativas y magistrales. Todas estas actividades se diseñaron con base en los resultados de la aplicación de un pretest. Análisis estadísticos comparativos entre los resultados del pretest y el postest muestran que la implementación de la propuesta didáctica contribuyó notablemente en el desempeño de los estudiantes respecto al uso, contextualización e interrelación de los conceptos calor y temperatura.

Palabras clave: claridad conceptual, calor, temperatura, aprendizaje activo

Abstract

It's a fact that high school students have a lack of conceptual clarity about the terms heat and temperature. In this problematic situation a didactic proposal for teaching the concepts of heat and temperature that allows to tenth grade students of the "Nuevo Institute San Miguel", confront their ideas and intuition with observations from the experiments proposed by the teacher in order to achieve understanding, differentiate and use these concepts.

This paper presents the design and implementation of the proposal and the results of students learning that they have obtained at the end of implementation. The proposal includes active learning workshops, extra-class work, demonstrative and master classes. All these activities were designed based on the results of the application of a pretest. Comparative statistical analysis between the results of the pretest and posttest show that the implementation of the didactic approach contributed significantly to the performance of students regarding the use, contextualization and interrelation of the concepts heat and temperature.

Keywords: conceptual clarity, heat, temperature, active learning

Contenido

	Pág.
Resumen y Abstract.....	IX
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas.....	XV
Lista de fotos.....	XVI
Introducción.....	1
1. Marco histórico epistemológico.....	6
2. Marco disciplinar.....	14
2.1 Estados de la materia y Energía interna.....	14
2.2 Temperatura.....	16
2.2.1 Equilibrio térmico.....	16
2.2.2 Medición de la temperatura.....	17
2.2.3 Escalas de temperatura.....	18
2.2.4 Interpretación molecular de la temperatura.....	22
2.3 El calor como energía cinética interna.....	26
2.3.1 Capacidad calorífica y Calor específico.....	27
2.3.2 Expansión térmica.....	29
2.3.3 El calor y los cambios de estado	30
2.4 El calor como una forma de trabajo.....	32
2.4.1 Transmisión del calor.....	35
3. Marco Pedagógico y Legal.....	37
3.1 Metodologías empleadas para enseñar ciencias a través de la historia.....	37
3.2 Calor y Temperatura en los textos escolares.....	39
3.3 Estudios y propuestas acerca del aprendizaje de los conceptos calor... ..	40
y temperatura	
3.4 Educación en Ciencias Naturales desde la perspectiva del M.E.N.....	43

4.	Propuesta Didáctica.....	44
4.1	Primera Sesión: Sensaciones térmicas.....	45
4.2	Segunda Sesión: Presentación de los conceptos de temperatura.....	47
	Equilibrio térmico y calor	
4.3	Tercera sesión: Transmisión del calor.....	51
4.4	Cuarta sesión: Presentación de los conceptos de conductividad.....	54
	Térmica y calor específico	
4.5	Quinta sesión: Producción de calor.....	57
4.6	Sexta sesión: Efecto invernadero y contaminación térmica.....	60
4.7	Séptima sesión: Resolución de problemas de carácter matemático.....	61
4.8	Implementación de la Propuesta.....	61
5.	Análisis y Resultados.....	70
6.	Conclusiones.....	80
A.	Anexo: Primera Sesión: Sensaciones térmicas.....	82
B.	Anexo: Segunda Sesión: Temperatura, equilibrio térmico y calor.....	86
C.	Anexo: Tercera Sesión: Transmisión del calor.....	88
D.	Anexo: Cuarta Sesión: Conceptos de Conductividad térmica, Calor.....	91
	Específico, relación entre el calor y los cambios de estado	
E.	Anexo: Quinta Sesión: Producción de calor.....	93
F.	Anexo: Test de entrada/salida.....	97
	Bibliografía.....	101

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Aeolipia.....	8
Figura 2-1: Estados de la materia según Modelo cinético molecular.....	15
Figura 2-2: Equilibrio térmico.....	17
Figura 2-3: Termómetros de gas.....	19
Figura 2-4: Medida de temperatura de ebullición del azufre con termómetro de gas.....	20
Figura 2-5: Presión en función de la temperatura para un termómetro de gas a Volumen constante.....	21
Figura 2-6: Puntos en común entre las tres escalas de temperatura.....	22
Figura 2-7: Moléculas de un gas en un recipiente rectangular.....	24
Figura 2-8: Relación entre calor, temperatura y rapidez de las moléculas.....	27
Figura 2-9: Tira bimetálica. Imagen tomada de http://studylib.es/doc/603515	30
Figura 2-10: Diagrama de cambio de estado del agua. Imagen tomada de http://es.slideshare.net/lucia2793/curvas-de-calentamiento	31
Figura 2-11: Proceso isotérmico. Imagen tomada de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fa/	32
Figura 2-12: El calor y el movimiento de las moléculas.....	34
Figura 2-13: Distribución de probabilidades de los estados de un sistema oscilador.....	35

Figura 2-14: Formas de transferencia de calor. Imagen tomada de http://respuestas.tips/cuales-son-los-tipos-de-transferencia-del-calor	36
Figura 4-1: Alambres de hierro y cobre con tachuelas fijadas con cera.....	53
Figura 5-1: Respuesta dada a la pregunta 6 en el pretest y postest.....	71
Figura 5-2: Respuesta dada a la pregunta 2 en el pretest y postest.....	71
Figura 5-3: Histograma de los puntajes obtenidos en el pretest.....	75
Figura 5-4: Histograma de los puntajes obtenidos en el postest.....	75
Figura 5-5: Distribución de los datos del pretest y del postest.....	76
Figura 5-6: Diagramas de cajas para el pretest y postest.....	77

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Calores específicos.....	28
Tabla 2: Porcentaje de estudiantes que acertaron cada pregunta.....	72
Tabla 3: Estadísticos descriptivos del pretest para determinar normalidad.....	73
Tabla 4: Estadísticos descriptivos del postest para determinar normalidad.....	74
Tabla 5: Resultados de la prueba de Shapiro Wilk al pretest.....	78
Tabla 6: Resultados de la prueba de Shapiro Wilk al postest.....	78
Tabla 7: Estadísticos de la prueba de Wilcoxon.....	79

Lista de fotos

	Pág.
Foto 1: Materiales de la actividad La aguja de la jeringa y el motor.....	58
Foto 2: Estudiante experimentando sensaciones térmicas.....	63
Foto 3: Actividad didáctica relacionada con el modelo cinético molecular.....	64
Foto 4: Clase magistral sobre relación entre dilatación térmica y termómetro.....	64
Foto 5: Inducción en el uso del termómetro y el multímetro.....	65
Foto 6: Experiencia punto de ignición de un material y densidad del mismo.....	65
Foto 7: Experimento extra clase. Expansión del agua al solidificarse.....	66
Foto 8: La conducción en los alambres de cobre y de hierro.....	66
Foto 9: Experimentación sobre conducción y aislamiento térmico.....	67
Foto 10: Transmisión de calor y temperatura de ignición de un material.....	67
Foto 11: Color de un material y la absorción de energía térmica por radiación.....	68
Foto 12: Experiencias que implican generación mecánica de calor.....	68
Foto 13: Resolviendo problemas matemáticos sobre calor y temperatura.....	69

Introducción

A diario se escucha mencionar en el entorno familiar, social o laboral el término calor o temperatura sin que se establezca una distinción entre ambos conceptos. Sin embargo, lo más preocupante es que dicha confusión se manifiesta también en los ambientes académicos, tanto por parte de estudiantes de educación media como de educación superior. Esta situación invita a realizar cuestionamientos serios sobre la manera como se están enseñando estos conceptos en el área de ciencias naturales, ya que es en el ámbito educativo donde se espera que los estudiantes -bajo la guía del docente- logren la comprensión de los términos de calor y temperatura, al distinguir sus significados e implicaciones y las relaciones existentes entre ellos.

Existen investigaciones que afirman que hay un creciente número de alumnos en cualquier nivel de formación que comete errores en conceptos básicos, errores que reiteradamente se enseñan (Gil Pérez, 1986). Ante esta realidad, por supuesto que es comprensible que surjan dudas y cuestionamientos sobre la eficacia de las estrategias de enseñanza-aprendizaje utilizadas por los docentes de ciencias, sobre todo de física, en cuanto a su labor educativa. Por tanto, frente a esta situación problemática se hace necesario reflexionar y examinar cuáles son los fundamentos pedagógicos y didácticos que orientan la práctica docente, en particular en estos temas (calor y temperatura), para que los estudiantes evidencien la falta de claridad conceptual respecto a ellos.

Se puede decir que gracias a la investigación sobre la enseñanza de las ciencias, actualmente se reconoce un especial interés en estudiar las razones que originan algunos obstáculos y dificultades en su aprendizaje, tales como: las concepciones epistemológicas y las ideas previas de los estudiantes (Campanario, 2004).

A partir de lo anterior, es pertinente hacerse la siguiente pregunta:

¿Qué estrategia didáctica se debe aplicar en la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura a estudiantes de educación media?

Para responder la pregunta planteada se debe proponer una estrategia didáctica enmarcada en Estándares de Competencias Ciencias Naturales del MEN (Ministerio de Educación Nacional), en especial los siguientes:

- Uso comprensivo del conocimiento científico: se relaciona con la capacidad del estudiante para comprender y usar nociones, conceptos y teorías de las ciencias en la solución de problemas, así como de establecer relaciones entre conceptos y conocimientos adquiridos sobre fenómenos que se observan con frecuencia.
- Explicación de fenómenos: es la capacidad de construir explicaciones y comprender argumentos y modelos que den razón de fenómenos, y de establecer la validez o coherencia de una afirmación o de un argumento relacionado con un fenómeno o problema científico.
- Indagación: es esencial vincular a los estudiantes con la forma como se amplía y modifica el conocimiento científico para formar ciudadanos alfabetizados científicamente.

Además de lo anterior, se debe determinar cuál método de enseñanza es más conveniente adoptar dentro de la propuesta sobre la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura. Lo anterior implica tener en cuenta la variedad de métodos de que se dispone para la enseñanza de ciencias naturales, y decidir entre ellos el que resulta más favorable para cumplir el objetivo, teniendo como referente las características del grupo de estudiantes receptor de la propuesta. En este punto, es importante recordar que la característica esencial del método es que va dirigido a un objetivo. Según Bellmann (1969) “Los métodos son reglas utilizadas por los hombres para lograr los objetivos que tienen trazados. La categoría método tiene, pues, a) la función de servir como medio y b) carácter final.”

Con base a lo anterior, se considera al Aprendizaje Activo como la estrategia de enseñanza más apropiada en este caso, y por esto es adoptada para la propuesta didáctica, ya que su diseño e implementación se fundamenta en el estudiante, fomentando su participación y reflexión continua a través de actividades que favorecen el

diálogo, el debate, la colaboración, el desarrollo y construcción de conocimientos. Al respecto, resulta pertinente citar la siguiente apreciación que se da sobre el Aprendizaje Activo: “No es posible aprender por otra persona, sino cada persona tiene que aprender por sí misma, aunque lo dicho es una verdad muy evidente, ¿por qué se han preparado docentes, hasta ahora, en todo el mundo sobre todo para presentar conocimiento por lecciones magistrales?” (cf. Huber, 1997).

Este trabajo tiene por objeto diseñar e implementar una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura que permita a los estudiantes confrontar sus ideas e intuición con las observaciones derivadas de la realización de experimentos propuestos por el docente, para que de este modo logren comprender, diferenciar y usar estos conceptos. La propuesta consta de talleres experimentales en clase, actividades complementarias para la casa de carácter experimental, clases demostrativas y magistrales en las cuales se analizan fenómenos cotidianos. El diseño de todas estas actividades se ha hecho con base en los resultados de la aplicación de un pretest, el cual tiene como objetivos principales establecer un diagnóstico general sobre el grado de conocimiento que poseen los estudiantes y facilitar la detección de errores conceptuales. Esta propuesta comprende siete sesiones, así: 1) Sensaciones térmicas, 2) Presentación de secuencia de definiciones y modelos para comprender los conceptos de calor, equilibrio térmico y temperatura, 3) Transmisión de calor, 4) Presentación de los conceptos de Conductividad térmica, Calor específico, relación entre el calor y los cambios de estado, expresión matemática para hallar el calor transferido a una sustancia, 5) Producción de calor, 6) Presentación de un video sobre efecto invernadero y contaminación térmica, y análisis y debate sobre contenido del mismo, 7) Resolución de problemas de carácter matemático que involucren los conceptos de calor y temperatura.

La propuesta ha sido diseñada para ser implementada con 23 estudiantes en el Nuevo Instituto San Miguel, jornada mañana, en el grado décimo, en el área de ciencias naturales, en un diseño pre-experimental con pretest y postest. La implementación de la propuesta contribuyó notablemente en el desempeño de los estudiantes respecto al uso, contextualización e interrelación de los conceptos calor y temperatura. Esto se ha corroborado usando como herramienta el análisis estadístico de los resultados del pre y postest.

El trabajo está organizado en seis capítulos. En el primero se presenta un marco histórico-epistemológico de los conceptos de calor y temperatura. El segundo trata el marco conceptual, que involucra los temas de temperatura, equilibrio térmico, calor, calor específico, transmisión de calor y producción de calor. El marco pedagógico y legal se expone en el tercer capítulo, donde se revisa cómo se presentan los temas de calor y temperatura en algunos textos de física, también se exponen algunas propuestas didácticas para la enseñanza de estos conceptos, y finalmente se hace una exposición de los estándares propuestos por el MEN. En el cuarto capítulo se expone el diseño y desarrollo de la propuesta didáctica con las características de cada sesión. El análisis comparativo entre los resultados cuantitativos del pretest y postest se presenta en el quinto capítulo. En el sexto capítulo se listan las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

1. Marco Histórico-Epistemológico

La problemática surgida por la confusión entre los términos calor y temperatura en los estudiantes no ha pasado desapercibida para algunos investigadores interesados en el tema. Dentro de las acciones que se han tenido para dar solución a esta problemática, se pueden citar el estudio y análisis expuesto en el artículo “Una revisión histórica del concepto de calor: algunas implicaciones para su aprendizaje” del investigador de la Universidad Pedagógica Nacional Francisco Javier Camelo Bustos (2007), quien concluye que la ruptura epistemológica en la enseñanza del calor se debe a la naturaleza de los dos modelos con que se explica:

- i) el sustancialista, que le asigna entidades similares a las de un fluido, y
- ii) el dinámico, que lo relaciona con el movimiento, siendo este último modelo la base fundamental de la concepción actual de calor.

El autor del artículo afirma que el diseño de situaciones para el aula debe involucrar, necesariamente, el uso de los dos modelos mediante los que se explica el concepto de calor, pues la ruptura epistemológica se da en el cambio de una concepción a otra.

Otra exposición de la importancia de incluir tanto la argumentación como aspectos de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de las ciencias la encontramos en Toulmin (1977). En ella, el autor considera relevante conocer la historia de los conceptos que una ciencia dada poseen y ver cómo en un inicio, por falta de bases científicas y de experiencia, los conceptos comienzan siendo solo especulativos, pero que, con el pasar del tiempo, los mismos conceptos evolucionan para lograr científicidad y pasar a estar bien fundados. Este mismo autor considera que el uso de los conceptos científicos presenta tres aspectos: el lenguaje, las técnicas de representación y los procedimientos

de aplicación. Los dos primeros se relacionan con la explicación científica y el tercer aspecto con el reconocimiento de situaciones donde es apropiada la aplicación de los anteriores.

En el proceso de comprender el significado de los conceptos de calor y temperatura es importante revisar el desarrollo epistemológico de dichos conceptos, tal como afirma Rius de Riepen: “Es imposible apreciar el avance de las ciencias si no se conoce la evolución histórica de las civilizaciones.” (Rius de Riepen 1995).

Desarrollo histórico de los conceptos de calor y temperatura

La revisión histórica de la evolución de los conceptos de calor y temperatura muestra que siempre han estado vinculados, a tal punto que durante mucho tiempo los científicos no distinguían con precisión sus significados particulares. Se puede iniciar la revisión histórica de estos conceptos en la civilización griega, donde según Anaxímenes (590 a.C. -524 a.C.) lo caliente y lo frío son estados comunes de la materia. Este pensador consideraba que lo comprimido y condensado era frío, y que lo raro y “laxo” era caliente. Por tanto, según él, la rarefacción daba cuenta del proceso mediante el cual se calentaban las cosas, hasta quedar convertidas en vapor. Para Heráclito (540 a.C. -475 a.C.) el fuego es el origen primordial de la materia, el principio que a través de la condensación y rarefacción crea los fenómenos del mundo sensible.

Para Empédocles (493 a.C. -433 a.C.) “el mundo se compone de cuatro elementos fundamentales: agua, aire, fuego y tierra”. Para Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), aparte de los elementos citados, “existen dos pares de cualidades fundamentales: caliente y frío, seco y húmedo”. La unión de estas dos cualidades correspondía a los cuatro elementos, así: el fuego es cálido y seco, el aire, cálido y húmedo, la tierra, fría y seca, y el agua, fría y húmeda. En ese tiempo se creía que la temperatura de un cuerpo dependía de estas dos cualidades, (Taton, 1972).

Existen testimonios escritos de que el término temperatura era ya empleado en el siglo I d.C. por Plinio el Viejo en la expresión *Temperature corporis* (temperatura del cuerpo) para referirse tanto al equilibrio corporal físico en general como al equilibrio térmico, y es de él de donde se toma el vocablo en el Renacimiento para usarlo como medida térmica (Soca 2002).

8 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura

Para estudiantes de educación media

Por este mismo tiempo, el gran médico de la antigüedad Claudio Galeno (129-199) escribía ya sobre la "medición" de la fiebre y no sobre la "sensación" de la fiebre. Él propuso una escala cualitativa que constaba de cuatro estados de calor y cuatro de frío que aplicó principalmente en la medicina (Lynds, B. 2006). El punto neutro se obtenía agregando cuatro partes de agua hirviendo y cuatro partes de hielo.

Los griegos conocían el efecto de dilatación que experimentaban los cuerpos al calentarse. Es así como según García (1997) Herón de Alejandría (siglo I d.C.), con base en apreciaciones sobre la dilatación de sólidos y líquidos, la expansión térmica del aire y el vapor, construye la Aeolipia (figura1), que es la primera máquina térmica de la cual se tiene conocimiento.

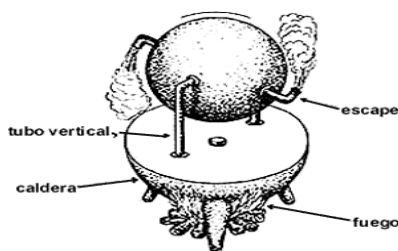


Figura 1. Aeolipia. Imagen tomada de www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx

En el renacimiento se pasó de analizar el «ser de las cosas» a interpretar «variaciones de fenómenos». Por tanto, se renuncia a conocer las causas, a cambio de medir los fenómenos, sentando las bases de la ciencia positiva (Marías 2001). Estos cuestionamientos empezaron con hombres como Giordano Bruno (1548-1600), Galileo Galilei (1564-1642), Francis Bacon (1561-1626) entre otros. Es así como en esta época se dieron nuevas invenciones y descubrimientos en la termometría. El científico italiano Galileo Galilei (1564-1642), posiblemente inspirado en la traducción al latín de la *Pneumatica* de Herón, redescubrió el termoscopio, y en 1597 construyó en Padua un termoscopio consistente en una bola de vidrio con aire de cuya parte inferior descendía un tubo con agua que terminaba en un recipiente también con agua. El nivel del agua del tubo subía o bajaba según que el aire se calentase o enfriase.

La utilización del término "grado" por primera vez en una escala de temperaturas se lo debemos a Giovanni Francesco Sagredo (1571-1620), discípulo de Galileo, quien estableció dos puntos de referencia en el termoscopio de Galileo y dividió el intervalo en

360 partes, por similitud con los 360° de la circunferencia. También Sanctorius Sanctorius, colega de Galileo, en 1611 se preocupó de proveer al termoscopio con una escala y convertirlo así en un termómetro (Rius de Riepen 1995).

En 1655 Christian Huygens (1629-1695), físico holandés, señaló la posibilidad de utilizar la temperatura (o grado observable del calor, como él lo llamaba) de ebullición del agua como punto de referencia para las escalas. Luego, en 1663, la Royal Society de Londres propuso uno de los termómetros contruidos por Robert Hooke (1635-1703) como referencia para la comparación de las lecturas de otros termómetros, dando lugar así a uno de los primeros intentos de calibración y estandarización entre termómetros. El termómetro de Hooke era a base de etanol, y su referencia cero era el punto de solidificación del agua. (Middleton W. 1996).

En los inicios del siglo XVIII se utilizaban más de 30 escalas diferentes de temperatura. Muchas de ellas desaparecieron rápidamente, y entre las que prevalecieron destaca la del astrónomo danés Ole Roemer (1644-1710), porque sirvió como base a Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) para establecer su conocida escala, la cual se divide en partes iguales. Fahrenheit fijó tres puntos: uno que corresponde a la temperatura de fusión del hielo, al que asignó un valor de 32, otro punto fijo fue la temperatura del cuerpo humano, a éste le asignó un valor de 96, el otro punto cero, a la temperatura de fusión del hielo con sal. Como dice Rius de Riepen (1995), “es digno de subrayar el hecho de que la temperatura del cuerpo humano aceptada actualmente como normal es de 98.6°F, valor muy cercano al determinado por Fahrenheit”. Fahrenheit fue el inventor del termómetro de mercurio (1724). En esta escala, la temperatura de ebullición del agua es de 212°F.

Posteriormente, Anders Celsius (1701-1744) tomó como punto cero el punto de ebullición del agua y como el otro extremo de referencia, 100°C, su punto de congelación, y de este modo, dividió la escala en 100 partes iguales. Por esto su escala se llama centígrada. Posteriormente fue Linneo (1707-1778), presidente de la Academia Sueca de Ciencias, quien invirtió la escala, para dejar el 0° en el punto de fusión del agua y 100° en su punto de ebullición, tal como la conocemos hoy.

A partir del Renacimiento surgen teorías alternativas a las de los griegos para explicar la naturaleza de las cosas y sus cambios. En el siglo XVI surgió la idea de la existencia de una quinta esencia de la materia (Taton, 1972), un agente universal capaz de producir reacciones químicas y de transformar la apariencia de las sustancias, como la

10 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

evaporación del agua al cambiar de líquido a gaseoso. Así, para Van Helmont (1577-1644) el agente universal que produce las reacciones químicas y las transformaciones físicas es el Alcahesto. Él encuentra una contradicción entre los cuatro elementos con la experiencia, pues el fuego no es un elemento en sí, sino un actor de transformación. Al observar la calcinación del carbón y el azufre, dedujo que el humo es un gas, al igual que la llama del fuego, la cual nace y desaparece sin tener carácter corporal.

La teoría del alcahesto fue refutada bajo la argumentación de que si él podría transformar o disolver cualquier material, entonces debía transformar o disolver el recipiente que lo contenía, siendo imposible conseguirlo. Según Taton (1972), Robert Boyle (1627-1691) negó al fuego todo carácter corpóreo y rechazó la concepción de que los otros tres elementos constituyeran la materia, pues él consideraba que debía existir cierta unidad de la materia, lo que implicaba que ella debería estar compuesta por corpúsculos. Los escritos de Boyle fueron leídos y discutidos, pero a pesar de sus aportes y críticas no se logró reducir la tendencia de los químicos de la época a promover un agente universal reconocido por todos.

Alternativamente a la idea del Alcahesto, surge por esta misma época la idea de que el agente universal que es el principio del fuego es la tierra que es inflamable, a la cual se le llama flogisto. Al momento de una combustión el flogisto se desprende de los cuerpos, y esa pérdida de flogisto es la que explica el cambio de los cuerpos quemados. El resurgimiento de la idea de que el principio del fuego es el agente universal se debe a Joachim Becher (1635-1682), quien distingue tres tipos de tierra: tierra vitrificable, tierra materia y tierra inflamable. Fue Georg Sthal (1660-1734) quien dio a esta última el nombre de flogisto. Él flogisto es un elemento inaccesible que poseen todos los cuerpos combustibles, y posee masa. Al momento de una combustión el flogisto se desprende de los cuerpos, y esa pérdida de flogisto es la que explica el cambio de los cuerpos quemados. Por ejemplo, los aceites al ser quemados dan como resultado agua y aceites privados de flogisto.

Según Rius de Repien y Castro (1995), en el transcurso del siglo XVII se oponían dos teorías sobre el calor: la del flogisto, y la que razonaban los seguidores de los atomistas griegos, quienes admitían la corporeidad del fuego, considerando que éste se constituía por partículas pequeñas, ligeras y sutiles, que tenían a su vez una enorme movilidad para

penetrar en la materia en sus diferentes estados, capaces de operar simplemente con su presencia. Las propiedades atribuidas a esta materia del fuego eran, en primer lugar, que se encontraba formada por átomos sutiles que tenían peso y, en segundo lugar, materia que se convertía en un fluido indestructible e inmaterial: el calórico.

Como consecuencia de la creciente aceptación en el siglo XVIII de la teoría corpuscular de la materia, surge la idea de que el fuego es una materia especial que tiene dos propiedades: estar formada por átomos sutiles que tienen peso, y poseer materia que se convertía en un fluido indestructible e inmaterial, el calórico. La teoría del calórico tuvo como gran defensor a Lavoisier (1743-1794), quien entre 1775 y 1777 elaboró una teoría de los gases en la que introducía el principio del calórico. Esta teoría se basaba en dos ideas fundamentales: “El fluido no se crea ni se destruye”, y “La cantidad de calórico transportado hacia o desde el objeto es directamente proporcional a la masa y a la temperatura del objeto”. Gracias a numerosas experiencias que realizó, Lavoisier logró refutar la existencia del flogisto, pues la masa de los productos de la combustión resultaba igual a la de la sustancia original que se quemaba. (Yung, 2009).

Según García (1997), fue Joseph Black, un médico y químico escocés, quien a mediados del siglo XVIII aclaró la distinción entre calor y temperatura. En sus *“Lecciones sobre los elementos de la química”*, publicada póstumamente en 1803 y editada por su alumno y colega John Robinson, Black distingue con toda precisión la diferencia entre calor y temperatura, e introduce por primera vez los conceptos de calor específico y calor latente. También García (1997), nos informa de cuál era el pensamiento de Isaac Newton (1642-1727) sobre la naturaleza del calor, por medio de una afirmación hecha por el famoso químico Henry Cavendish (1731-1810) en 1783:

Se me ha dicho que el Dr. Black explica estos fenómenos de la misma manera, sólo que en lugar de usar la expresión calor que se genera o produce, él habla de la liberación o emisión del calor latente. Sin embargo, como esta expresión es una hipótesis que depende de la suposición de que el calor de los cuerpos es debido a su mayor o menor contenido de una substancia llamada la materia del calor, y compartiendo yo la opinión de sir Isaac Newton de que el calor consiste del movimiento interno de las partículas que forman los cuerpos, con mucho lo más probable, yo elijo usar la expresión, el calor es generado...

12 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

Según Rius de Repien y Castro (1995), fue de la idea de Rumford (1714-1854), un físico de la época que se plantea la posibilidad de generar por rozamiento una cantidad ilimitada de calor, lo que se explica con base a la teoría mecanicista, pues la energía mecánica podía llegar a transformarse en calor, hecho que no era fácilmente argumentable con la teoría del calórico. En efecto, fueron el conde Rumford, en 1798 y en 1799 el notable químico H. Davy, quienes se cuestionaron cómo medir el calórico, y después de una serie de experimentos que más tarde se reconocieron como una evidencia clara para desechar la existencia del calórico, concluyeron que el peso de dicho fluido nunca podría determinarse. En su época, estos experimentos no se estimaron como objeciones serias a la teoría del calórico, porque sus ejecutantes, Davy y Rumford, no propusieron una teoría alternativa coherente, pues no explicaron cómo si el calor es movimiento de partículas (moléculas) puede transferirse de una sustancia a otra. Por otra parte, el calor radiante se usaba en todas sus manifestaciones como un fuerte apoyo a la teoría del calórico: como el calor podía atravesar el vacío sin provocar ningún movimiento de materia, debía ser una sustancia y no una propiedad de la materia. (García, 1997).

Hacia 1820, la teoría mecánica del calor tomó forma al enunciarse la idea de que había algún tipo de interrelación entre el calor y el trabajo. Esta idea termina por concretarse con los trabajos de Joule (1818-1889), que establecen que “el calor y el trabajo no son más que manifestaciones de la energía”. Es gracias principalmente a las publicaciones de Joule en 1843 que los escépticos se convencieron de que el calor no era una sustancia, y así hacia mediados del siglo XIX se desechó la teoría del calórico. (Yunus A., 2012).

Con base en las premisas de la teoría cinética molecular, que por esta época estaba en auge, se pudo dar una definición más concisa y clara sobre los conceptos de temperatura y calor. Algunas de las premisas de esta teoría son: i), todos los cuerpos están formados por partículas pequeñísimas, las moléculas; ii), las moléculas no ocupan todo el volumen del cuerpo, pues entre ellas hay espacios vacíos; iii), entre moléculas se ejercen fuerzas de cohesión, y iv), las moléculas están en movimiento.

Como se menciona en Grolier (1985), la teoría cinética molecular explicará entonces el fenómeno del calor como:

[...] el calor de un cuerpo está directamente relacionado con la energía cinética o de movimiento de las moléculas que lo componen. Cuanto mayor es la energía cinética, más caliente está el cuerpo. Cuanto más caliente está una cosa, más rápidamente se mueven sus partículas.

Como las moléculas siempre se hallan en movimiento, todo lo existente contiene algún calor. Incluso lo que parece frío encierra cierta medida de temperatura, pues sus moléculas se mueven [...].

Según Chang, H. (2004), William Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907) propuso una escala conocida como *primera escala Kelvin*. Kelvin y Joule mantuvieron una colaboración mutua. La publicación de sus resultados hizo mucho para lograr por todas partes la aceptación general del trabajo de Joule y de la teoría cinética. Como consecuencia de los planteamientos de la teoría cinética molecular, se define la temperatura como una medida de la energía cinética promedio por molécula de las sustancias, y el calor, como una forma de transferencia de energía cinética interna entre dos cuerpos debida a la diferencia de temperatura entre ellos.

De aquí concluimos que existen dos conceptos diferentes a los que se les da el nombre de calor. El primero, la energía calórica, corresponde a la energía cinética interna, y por lo tanto es proporcional a la temperatura.

El segundo, que es lo que en física recibe propiamente el nombre de calor, corresponde a una forma de transferencia de energía similar al trabajo. Desde un punto de vista microscópico, la única manera de aumentar la energía cinética de una molécula es hacerle trabajo. Entonces, desde un punto de vista macroscópico, ¿cuándo lo llamamos trabajo, y cuándo, calor?

La diferencia entre calor y trabajo como formas de transferencia de energía, solamente se vino a establecer a finales del siglo XX con el estudio de la mecánica estadística fuera del equilibrio usando procesos estocásticos. Desde este punto de vista, se llama trabajo a la variación de energía interna producida por el cambio en un parámetro que conocemos exactamente cómo varía en el tiempo, es decir, a través de un proceso que sabemos exactamente cómo se hizo, y calor al proceso que sólo se puede describir de manera probabilística, pues no sabemos exactamente cómo se hizo (C. Van den Broeck, 2013). Esto lo veremos con más detalle en la sección 2.4.

2. Marco Conceptual-Disciplinar

2.1 Estados de la materia y Energía Interna

Tanto en física como en química se enseña que la materia en estado sólido tiene un volumen definido y mantiene su forma; que conserva su volumen pero no tiene forma definida si se halla en estado líquido, aunque se adapta a la forma del recipiente que lo contiene, y también que un gas no tiene forma y ocupa el volumen disponible. Ahora bien, todo material, sin importar el estado en que se encuentre, está compuesto por moléculas que se mueven a determinadas velocidades y sobre las cuales actúan fuerzas tanto intermoleculares como intramoleculares. En consecuencia, todo cuerpo posee una energía acumulada en su interior equivalente a la suma de la energía cinética interna y la energía potencial interna. Así, la energía interna (U) de un sistema corresponde a la suma de

- la *energía cinética interna*, es decir, de las sumas de las energías cinéticas de las individualidades que lo forman respecto al centro de masas del sistema,
- la *energía potencial interna*, que es la energía potencial asociada a las interacciones entre estas individualidades. (Ortega, M.R. e Ibañez J.A 2003).

La energía interna no incluye la energía cinética traslacional o rotacional del sistema como un todo. Tampoco incluye la energía potencial que el cuerpo pueda tener por su localización en un campo gravitacional o electrostático externo. Por el contrario, la energía potencial interna se relaciona con las fuerzas intermoleculares e intramoleculares de la energía de enlace. Por ejemplo, en los gases monoatómicos sólo se considera la energía cinética de traslación de sus átomos, en los gases poliatómicos se considera, además, la energía vibracional y rotacional de las moléculas y en un líquido o sólido deberemos añadir la energía potencial que representa las interacciones moleculares.

La energía interna también es llamada energía térmica, debido a que se relaciona con lo caliente o frío que está un cuerpo. (Tippens, 2001). Ahora bien, de acuerdo con la teoría cinética molecular, el movimiento de las moléculas cambia constantemente de dirección y velocidad cuando éstas chocan o por el influjo de otras interacciones físicas. Debido a este movimiento, las moléculas presentan energía cinética que tiende a separarlas, pero también tienen una energía potencial que tiende a juntarlas. Con base en lo anterior, los estados físicos más comunes en que se puede encontrar una sustancia son:

- Sólido: si la energía cinética es menor que la potencial.
- Líquido: si la energía cinética y potencial son aproximadamente iguales.
- Gaseoso: si la energía cinética es mayor que la potencial.

El modelo cinético molecular (figura 2-1) señala que las moléculas en el estado sólido vibran en su mismo lugar, en el estado líquido cambian de lugar, y en el estado gaseoso su movimiento es aleatorio.



Figura 2-1. Estados de la materia según Modelo cinético molecular. Imagen tomada de <http://es.slideshare.net/jolumango/modelo-cinetico>

Además de los tres estados mencionados anteriormente, se tiene el estado plasmático, el cual es un gas pero compuesto por iones cargados negativamente (aniones) y por iones cargados positivamente (cationes). Estos iones se encuentran entre sí separados y libres, y por ello el plasma es un excelente conductor. Existen dos clases de plasma: fríos y calientes. En los primeros los átomos se encuentran a temperatura ambiente mientras sus electrones se aceleran hasta alcanzar temperaturas de 5000°C, pero como los iones son bastante más masivos, estos plasmas no queman al ser tocados. En los plasmas calientes, los átomos son ionizados por los choques entre ellos mismos. Además, estos iones capturan electrones y como consecuencia de ello se genera luz. La lámpara fluorescente contiene plasma, cuyo principal componente es vapor de mercurio.

Es importante saber que los estados sólido, líquido, gaseoso y plasmático se producen de forma natural en el entorno, y que adicionalmente se han logrado generar nuevos estados de materia como el condensado de Bose-Einstein (Arora, 2001), el condensado fermiónico y el supersólido. El primero fue predicho en 1927 por Albert Einstein, y se caracteriza por ser un estado muy frío y denso, por lo cual se afirma que los átomos pueden quedar inmóviles. El condensado fermiónico, considerado como el sexto estado de la materia, es una fase superfluida formada por partículas fermiónicas a temperaturas bajas. La diferencia fundamental entre estos condensados es el tipo de partícula elemental que lo forma: el de Bose-Einstein está constituido por bosones, mientras el fermiónico por fermiones. En el caso del estado supersólido, éste se compone de átomos congelados de helio-4 que forman una película cristalina rígida. Por encontrarse estos átomos de helio-4 a una temperatura muy próxima al cero absoluto, se comportan a la vez como si fueran sólidos y fluidos.

2.2 Temperatura

Para la mayoría de las personas la temperatura se relaciona con una medida del grado de “calor” o “frío” de las cosas. Con base en nuestras sensaciones fisiológicas, se expresa el nivel de temperatura de modo cualitativo con palabras como frío, tibio, caliente, al rojo vivo, etc. Ahora bien, las personas pueden llegar a percibir un mismo objeto distintamente, debido a la particular biología que posee el organismo de cada individuo (Cengel 2006). Además, continuamente erramos en nuestras apreciaciones de lo caliente o frío de los objetos. Por ejemplo, un pupitre cuyo espaldar sea de plástico, la base para escribir de madera, y el armazón de hierro, lo percibiremos más frío al palpar el armazón que la madera o el plástico, aun cuando los tres materiales están a la misma temperatura. Por ello decimos que los términos frío y calor no son términos científicos.

2.2.1 Equilibrio térmico

El equilibrio térmico es aquel estado en que se encuentran los cuerpos cuando entre ellos no existe transferencia de energía térmica, lo que implica que tienen la misma temperatura. Es importante mencionar que el concepto de equilibrio térmico es la base de

la llamada Ley Cero de la Termodinámica. Esta ley proposición fue enunciada por R. H. Fowler en 1931 (Cengel, 2006). La ley cero de la termodinámica establece que:

Si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercero, están en equilibrio térmico entre sí.

Según Cengel (2006), esta ley sirve como base para la validez de la medición de la temperatura, al afirmar que “si el tercer cuerpo se sustituye por un termómetro, la ley cero se puede volver a expresar como dos cuerpos están en equilibrio térmico si ambos tienen la misma lectura de temperatura, incluso si no están en contacto.”

La figura 2-2 permite ilustrar la ley Cero así: se tienen dos sistemas A y B, cada uno por separado en equilibrio térmico con un tercer sistema, llamado C, por tanto, A y B se encuentran en equilibrio térmico entre sí.



Figura 2-2. Equilibrio térmico. Imagen tomada de <http://www.tareasytas.es/c/1185-la-temperatura-equilibrio-termico>

El equilibrio térmico también es el fundamento para la construcción de los termómetros.

2.2.2 Medición de la temperatura

Debido a la imposibilidad de que nuestro cuerpo sea un medio confiable para determinar temperaturas, se hace necesario diseñar instrumentos que midan la temperatura objetivamente, por medio de propiedades termométricas, las cuales son propiedades físicas que varían con la temperatura. Según Ibañez (1989), para que una propiedad física pueda ser tomada en cuenta para la construcción de termómetros, debe satisfacer las siguientes condiciones:

18 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

- Condición de invariancia: Los valores de las propiedades termométricas sólo deben ser función de la temperatura.
- Condición de uniformidad: Debe existir una relación biunívoca entre el valor de la propiedad termométrica y el valor asignado a la temperatura.
- Condición de equilibrio: El termómetro utilizado debe ser de tamaño reducido, a fin de no perturbar significativamente el sistema.
- Condición de reproducibilidad: Distintos termómetros que emplean las mismas condiciones deberán indicar las mismas temperaturas.
- Condición de amplitud: El intervalo de utilización de un termómetro deberá ser suficientemente amplio.

Dentro de las propiedades termométricas más empleadas se encuentran: volumen de gases, líquidos y sólidos, presión de gases a volumen constante, resistencia eléctrica de los sólidos, fuerza electromotriz de dos sólidos distintos, intensidad de radiación (altas temperaturas) y efecto magnético (bajas temperaturas).

2.2.3 Escalas de temperatura

La medición de la temperatura ha implicado el uso de varias escalas de medición. Así, las escalas de uso más frecuente son: la escala Celsius (también llamada centígrada), que establece cien divisiones que van de 0°C (punto de congelación del agua) a 100°C (punto de ebullición del agua) en condiciones de 1 atmósfera de presión, y la escala Fahrenheit que toma como cero el punto de congelación del agua con sal, como 32°F el punto de congelación del agua, y como punto de ebullición de la misma 212°F. La escala Fahrenheit tiene entre el punto de congelación y el punto de ebullición 180 divisiones. Para la conversión de valores de temperatura de una escala a la otra, se tiene la siguiente relación matemática:

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32, \quad (2.1)$$

donde T_C equivale a la temperatura en grados Celsius y T_F a la temperatura en grados Fahrenheit.

Las escalas mencionadas anteriormente han sido definidas usando medidas dadas por termómetros que se basan en una determinada propiedad termométrica. Por tanto, cuando se toman medidas de temperatura a un cuerpo a través de termómetros que manejan propiedades termométricas diferentes a la propiedad que permitió definir la escala de temperatura, se obtienen valores de temperatura diferentes. Esto se debe a que la variación que experimentan dos propiedades termométricas (por ejemplo, longitud de una varilla o volumen de mercurio) entre dos temperaturas conocidas, no es lineal (Tipler, 1987).

Se puede decir que todos los termómetros solo concuerdan en el punto de hielo y el punto de vapor del agua, en los que se han calibrado de manera que concuerden. Ahora bien, con el fin de tener mayor precisión en el trabajo científico, se dispone de los termómetros de gas, los cuales concuerdan en las temperaturas medidas para todas las temperaturas (Tipler, 1987). Estos termómetros se basan en las propiedades de los gases a bajas densidades, lo cual les permite tener medidas de temperatura que coinciden independientemente de cual sea el gas empleado. Los termómetros de gas pueden ser de dos tipos: termómetro de gas a presión constante y termómetro de gas a volumen constante.

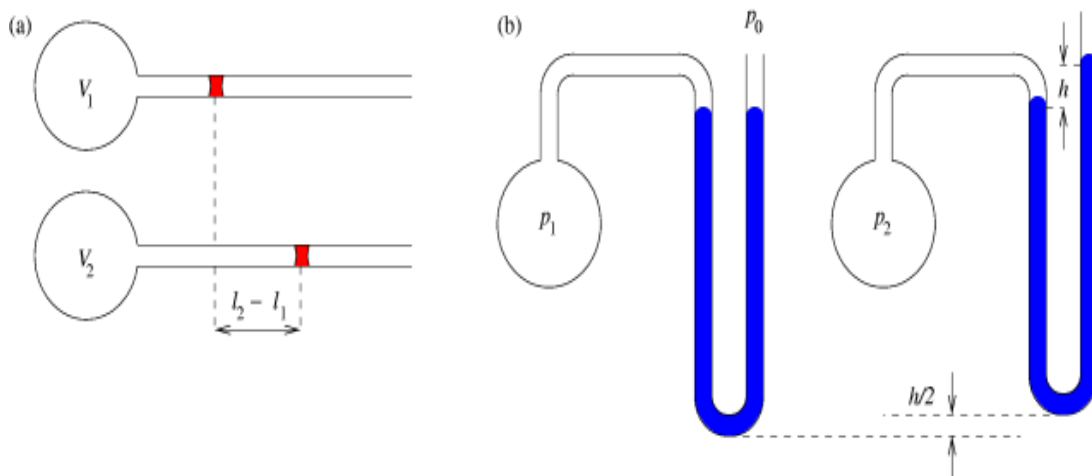


Figura 2-3. Termómetros de gas. a) A presión constante. b) A volumen constante

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php>

En los termómetros de gas a presión constante (Figura 2-3a), se mantiene constante la presión y se utiliza el volumen para medir la temperatura. En el caso de los termómetros de gas a volumen constante (Figura 2-3b), el volumen se mantiene subiendo o bajando el nivel de mercurio en el tubo de la derecha hasta que el nivel del tubo a la izquierda de

20 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

este alcance la marca de referencia. La temperatura es proporcional a la presión del gas determinada por el desnivel h de la columna de mercurio.

A presiones suficientemente bajas, la propiedad termométrica usada (volumen o presión del gas) varía linealmente con la temperatura, cualquiera que sea el gas utilizado en el termómetro.

Si se mide la temperatura de un estado específico de un sistema con un termómetro que contenga una pequeña cantidad de gas, se obtiene un muy buen acuerdo cualquiera sea el gas utilizado. En la figura 2.4 se observa cómo la medida de la temperatura del punto de ebullición del azufre, empleando cuatro termómetros que contienen gases diferentes, tiende a ser igual, siempre y cuando la cantidad de gas en los termómetros tienda a ser cero. Se puede apreciar cómo las medidas efectuadas por estos cuatro termómetros no coinciden, pero que son tanto más aproximadas a medida que se disminuye la presión de vapor de agua P_v , al reducir la cantidad de gas en cada termómetro, obteniéndose una temperatura de $444,6\text{ }^\circ\text{C}$. (Tipler, 1987). En este caso se ha tomado la presión de vapor de agua como referencia para medir el punto de ebullición del azufre.

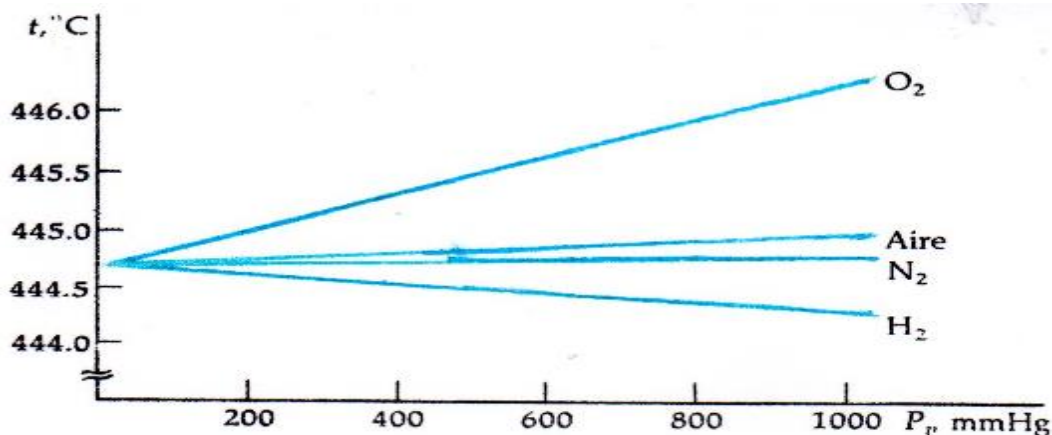


Figura 2-4. Temperatura del punto de ebullición del azufre medida con termómetros de gas a volumen constante llenos con gases diferentes. Imagen tomada de Tipler, P. (1987) Física universitaria (p. 300)

El valor de temperatura medido por un termómetro de gas a volumen constante que contiene una cantidad de gas muy pequeña tiende a ser $-273,15\text{ }^\circ\text{C}$ cuando la presión tiende a ser cero. Este límite es siempre el mismo, independientemente del gas que se emplee. Sin embargo, se presenta una incertidumbre experimental en la medida de este

valor por la dificultad de reproducir con alta precisión los puntos de hielo y de vapor en distintos ambientes. Ante la problemática mencionada, el Comité Internacional de Pesas y Medidas adoptó en 1954 una escala de temperaturas basada en un solo punto fijo que fuera de más fácil reproducción que el punto de hielo o el punto de vapor: el *punto triple del agua* (P_3). Este punto es la temperatura y presión únicas a las que coexisten en equilibrio el agua líquida, el vapor de agua y el hielo. La presión del punto triple es 4,58 mmHg y la temperatura del punto triple es $0,01^\circ\text{C}$ (Tipler, 1987).

La escala absoluta de temperatura se define de modo que la temperatura del punto triple sea de 273,16 Kelvin (K). Esta escala tiene como cero el valor que correspondería al cese de todo movimiento molecular, llamado cero absoluto. En grados centígrados, la menor temperatura absoluta es de $-273,15^\circ\text{C}$, que corresponde a un volumen cero para un gas ideal a presión constante. El Kelvin y el grado Celsius presentan igual variación de temperatura: el incremento de 1 K equivale al incremento de 1°C . (Tipler, 1987).

La temperatura medida en un termómetro de gas a volumen constante de un estado cualquiera de un sistema es, por definición, proporcional a la presión del gas de dicho termómetro. En el caso en que se toma la presión en función de la temperatura con un termómetro de gas a volumen constante que tiene una cantidad de gas muy pequeña, se presenta una medición de temperatura de $-273,5^\circ\text{C}$ al extrapolar a la presión nula, como se observa en la figura 2-5.

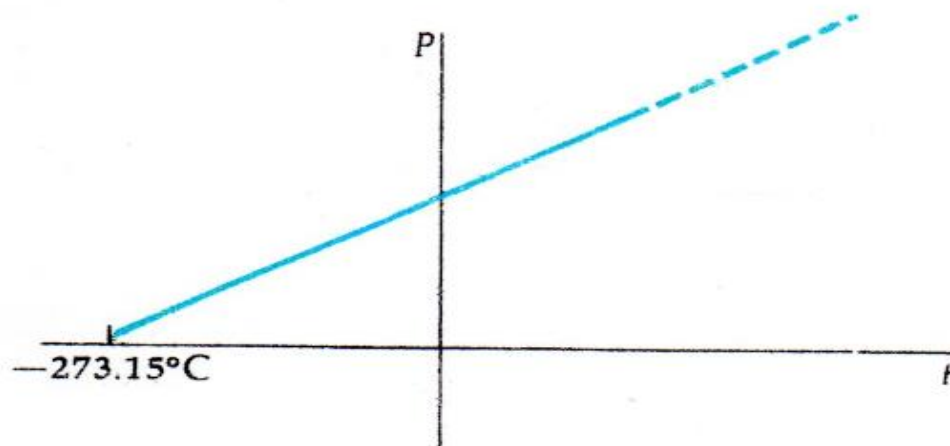


Figura 2-5. Presión en función de la temperatura para un termómetro de gas a volumen constante. Imagen tomada de Tipler, P. (1987) Física universitaria (p. 300)

22 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

Si P_3 es la presión del punto triple del agua para un termómetro dado, la temperatura absoluta de un sistema vendrá dada por

$$T = \frac{273,16K}{P_3} P, \quad (2.2)$$

donde P es la presión del gas del termómetro cuando éste se halle en equilibrio térmico con el sistema. Esta escala depende de las propiedades de los gases, pero no de las propiedades de un gas en particular. Utilizando helio como gas, se puede llegar a medir temperaturas hasta de 1K. Para la conversión de valores de temperatura de la escala Celsius a la escala Kelvin se emplea la siguiente relación matemática:

$$T_K = T_C + 273,15 \quad (2.3)$$

A continuación se muestran las escalas Kelvin, Celsius y Fahrenheit, con los puntos en común que tienen.

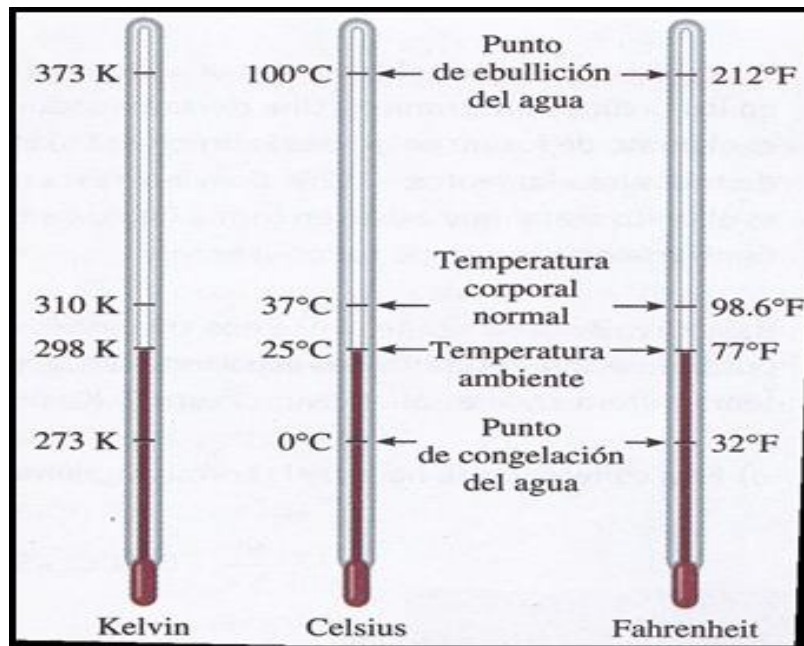


Figura 2-6. Puntos en común entre las tres escalas de temperatura

Imagen tomada del sitio [http:// menteacida.com/escalas-de-temperatura.html](http://menteacida.com/escalas-de-temperatura.html).

2.2.4 Interpretación molecular de la temperatura

El cálculo de la presión que un gas ejerce sobre las paredes de su recipiente permite determinar que la temperatura absoluta de dicho gas constituye una medida de la energía cinética media de sus moléculas. Esto se sustenta en que la presión que ejerce un gas sobre el recipiente que lo contiene es el resultado de choques entre las moléculas del gas y las paredes. A partir de la variación de la cantidad de movimiento de las moléculas del gas por unidad de tiempo, se puede calcular la presión causada por los choques de éstas con las paredes, puesto que la variación de la cantidad de movimiento por unidad de tiempo es igual a la fuerza que las paredes ejercen sobre las moléculas del gas (Tipler, 1987).

Para el caso en que la temperatura dentro del recipiente se mantiene constante, mientras que la presión del gas y el volumen que este ocupa no lo son, resulta pertinente aplicar la ley de Boyle para comprender mejor el comportamiento del gas. Robert Boyle (1627-1691) enunció esta ley de la siguiente manera:

A una temperatura constante y para una masa dada de un gas, el volumen del gas varía de manera inversamente proporcional a la presión absoluta que recibe,

$$PV = \text{constante}. \quad (2.4)$$

Como la temperatura absoluta de un gas a presión baja es proporcional a la presión a volumen constante, entonces el producto PV es aproximadamente proporcional a la temperatura T ,

$$PV = CT, \quad (2.5)$$

donde C es una constante de proporcionalidad que depende de la cantidad de gas. Además esta constante es proporcional al número de moléculas del gas que está en el recipiente,

$$C = KN. \quad (2.6)$$

La constante K se conoce como la **constante de Boltzmann** cuyo valor es el mismo para cualquier clase o cantidad de gas. Su valor es de

24 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

$$K = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} . \quad (2.7)$$

Combinando las ecuaciones anteriores, tenemos una ecuación más general que relaciona la presión, temperatura, volumen y el número de moléculas del gas,

$$PV = NKT . \quad (2.8)$$

Ahora bien, para encontrar la relación entre la temperatura absoluta de un gas y la energía cinética media de sus moléculas se supone un recipiente con gas en forma de paralelepípedo rectángulo, como se muestra en la figura 2-7. El recipiente de volumen V contiene N moléculas de masa m que se mueven con velocidad v .

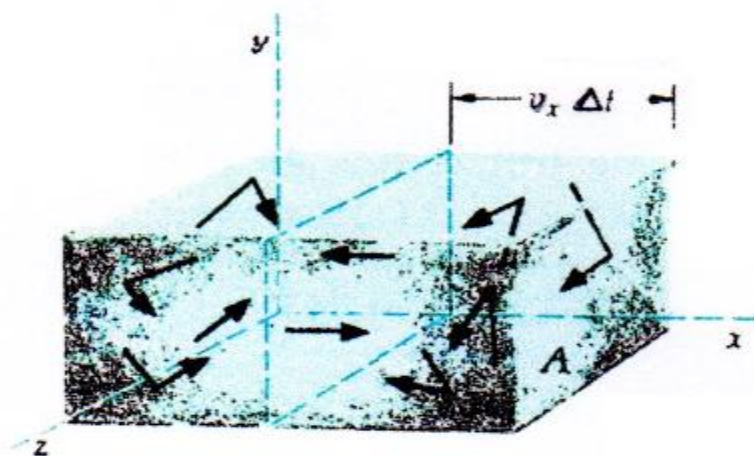


Figura 2-7. Moléculas de un gas en un recipiente rectangular. Imagen tomada de Tipler, P. (1987) Física universitaria (p. 307).

La idea es calcular la presión que las moléculas ejercen sobre la pared de la derecha, para lo cual se necesita determinar la fuerza que éstas realizan sobre dicha pared. Como esta fuerza se relaciona con la variación total de la cantidad de movimiento de las moléculas en un intervalo de tiempo, es preciso entender que la variación de la cantidad de movimiento por molécula en un intervalo de tiempo es $2mv_x$, que viene siendo la suma de la cantidad de movimiento antes y después del choque de una molécula con la pared. Ahora bien, para tener la variación total de la cantidad de movimiento, multiplicamos la variación $2mv_x$ por el número de moléculas N que chocan con la pared.

Para un intervalo de tiempo Δt , las N moléculas ocupan un volumen igual a $v_x \Delta t A$, donde A es el área de la pared derecha. El número de moléculas que colisionarán con la pared en el intervalo Δt corresponde al producto entre el número de ellas por unidad de volumen N/V , el espacio ocupado por las mismas $v_x \Delta t A$ y un medio, debido a que, por término medio la mitad de las moléculas se mueven hacia la derecha y la otra mitad hacia la izquierda.

Por lo anterior, la variación total de la cantidad de movimiento de las moléculas que llegan a la pared derecha en un intervalo de tiempo corresponde a la ecuación

$$\Delta \text{ cantidad de movimiento} = \frac{1}{2} \frac{N}{V} (v_x \cdot \Delta t \cdot A) \cdot 2mv_x. \quad (2.9)$$

La fuerza que la pared ejerce sobre las moléculas y la que las moléculas ejercen sobre la pared es igual a esta variación de cantidad de movimiento dividida por el intervalo de tiempo Δt . La presión es entonces esta fuerza dividida por el área A ,

$$P = \frac{N}{V} mv_x^2, \quad (2.10)$$

$$PV = Nmv_x^2. \quad (2.11)$$

Como no todas las moléculas tienen la misma velocidad, se sustituye v_x por su valor medio,

$$PV = 2N\left(\frac{1}{2}mv_x^2\right)_{med}. \quad (2.12)$$

Recordando la ley de Boyle y la constante de Boltzmann que relaciona de forma proporcional el producto de la presión y el volumen con la temperatura, encontramos equivalencia de esta con la ecuación anterior, así:

$$PV = NkT = 2N\left(\frac{1}{2}mv_x^2\right)_{med}, \quad (2.13)$$

lo que nos permite encontrar la relación entre la temperatura del gas y la energía cinética media asociada al movimiento de traslación en la dirección x ,

$$\left(\frac{1}{2}mv_x^2\right)_{med} = \frac{1}{2}kT. \quad (2.14)$$

Para traslación en y y z sería, respectivamente, así:

$$\left(\frac{1}{2}mv_{y^2}\right)_{med} = \frac{1}{2}kT, \quad (2.15)$$

$$\left(\frac{1}{2}mv_{z^2}\right)_{med} = \frac{1}{2}kT. \quad (2.16)$$

A partir del teorema de equipartición se obtiene una ecuación más general para la temperatura, con base en la ecuación

$$v = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2. \quad (2.17)$$

$$\left(\frac{1}{2}mv^2\right)_{med} = \frac{3}{2}kT. \quad (2.18)$$

Esta última ecuación relaciona la temperatura absoluta con la energía cinética molecular media.

2.3 El calor como energía cinética interna

Históricamente se han establecido dos conceptos de calor. El primero asociado a la energía cinética interna de un sistema, y el segundo que define calor como una forma de transferencia de energía al sistema. La primera definición se aborda a continuación y, la segunda se tratará en el ítem 2.4 del presente capítulo.

Se entiende el calor como el total de la energía cinética interna presente en una sustancia. Ésta energía es el resultado de los movimientos de átomos y moléculas de dicha sustancia, y en el marco de la teoría cinética, estos movimientos desaparecen en el cero absoluto. Ahora bien, como la energía interna de un sistema es la suma de todas las energías cinéticas de todas sus partículas constituyentes, más la suma de todas las energías potenciales de interacción entre ellas (Freedman, 2013), se deduce que el calor es parte de la energía interna de las sustancias o sistemas.

La cantidad de calor de una sustancia depende de la velocidad de sus moléculas, de ahí que la temperatura y el calor están relacionados. Así, para dos muestras de igual masa de un mismo tipo de sustancia, se puede decir que la que tiene más calor (más temperatura)

es aquella cuyas moléculas se mueven con más velocidad y, por tanto, la que posee menos calor (menos temperatura) es la que sus moléculas son más lentas. Esta situación se ilustra en la siguiente figura,

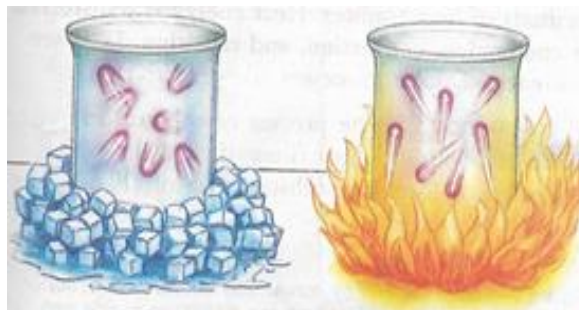


Figura 2-8. Relación entre calor, temperatura y rapidez de las moléculas de una sustancia. Imagen tomada de Energía calórica (1994). Prentice Hall.

Al contrario de la temperatura, la cantidad de calor de una sustancia si depende de la masa de ésta, debido a que la temperatura se relaciona con la energía cinética interna promedio, mientras el calor con la energía cinética interna total. Por ejemplo, 300g de agua a 90°C tiene más calor que 200g a la misma temperatura. Esto también significa, que al contacto con una mano, los 300g de agua tienen la capacidad de producir una mayor quemadura que los 200g.

La unidad histórica de calor (energía calorífica), la caloría, se definió originalmente diciendo que era la cantidad de calor necesario para elevar un grado Celsius (o un Kelvin ya que el grado Celsius y el Kelvin miden la misma variación de temperatura) la temperatura de un gramo de agua. Actualmente debido a que se entiende el calor como una forma de energía, no se necesita utilizar unidades especiales para el calor que sean diferentes a las empleadas para otras formas de energía. Por tanto, se define ahora la caloría en función de la unidad SI de energía, que es el Joule,

$$1 \text{ cal} = 4,184\text{J} \quad (2.19)$$

2.3.1 Capacidad calorífica y calor específico

El calor se suele tomar como energía cinética interna. La capacidad calorífica (C) hace referencia al calor (Q) necesario para elevar un Kelvin (o 1°C) la temperatura de una sustancia determinada, mientras el calor específico (c) es la capacidad calorífica por unidad de masa. La relación matemática entre capacidad calorífica y calor específico es

28 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

$$C = mc \quad (2.20)$$

La cantidad de calor (Q) necesario para elevar la temperatura de una sustancia es proporcional a la variación de temperatura y a la masa de la sustancia.

$$Q = C\Delta T = mc\Delta T \quad (2.21)$$

El calor específico de una sustancia en comparación con el de otra, nos dice que tan rápido se calienta o se enfría, si retiene arto o poco tiempo el calor que absorbe. A continuación se muestra una tabla de calores específicos.

VALORES DE CALORES ESPECÍFICOS	
Sustancia	Calor específico (cal/g.°C)
Aire	0.25
Aluminio	0.22
Cobre	0.09
Vidrio	0.20
Hielo (-20°C a 0°C)	0.50
Hierro	0.11
Mercurio	0.03
Agua de mar	0.93
Agua	1.00
Madera	0.42

Tabla 1. Calores específicos. Datos tomados de Energía calórica (1994). Prentice Hall.

Con base en la tabla se puede asegurar que el agua tiende a calentarse y enfriarse lentamente debido a su alto calor específico. Esto explica por qué el clima es más moderado cerca del océano o de un gran lago. Ahora bien, observando la tabla se ve que el calor específico del aluminio es casi dos veces el del hierro, lo que significa por ejemplo que las ollas de aluminio retienen dos veces más calor que las ollas de la misma masa hechas de hierro.

2.3.2 Expansión térmica

Consiste en la dilatación o aumento de volumen de una sustancia causada por el calor. En el caso de los sólidos las moléculas están dispuestas en posiciones fijas, alrededor de las cuales vibran. A medida que se agrega energía calórica a un sólido, la energía cinética de las moléculas aumenta, y sus vibraciones se aceleran. Como consecuencia las moléculas se alejan de sus posiciones fijas y entre sí. Por tanto el aumento de la distancia entre las moléculas explica la expansión de los sólidos.

En los líquidos la expansión también se da por la absorción de calor. Al moverse más rápido las moléculas, se separan entre sí. La mayoría de los líquidos se expanden si se les calienta. Sin embargo una excepción a esta regla se da con el agua entre las temperaturas de 4°C y 0°C, donde el agua se expande al enfriarse. En este intervalo las moléculas de agua están colocadas en una formación que deja muchos huecos entre ellas, lo que hace que la densidad disminuya y aumente el volumen. Esto explica por qué el hielo es menos denso que el agua. Es fácil comprobar cómo el hielo flota en el agua.

En los gases, las moléculas por naturaleza están más separadas y se mueven a más velocidad que las de un sólido o líquido, de tal forma que cuando se le transfiere calor a un gas que está dentro de un frasco cerrado puede darse una expansión térmica espectacular. Si se calienta demasiado el gas dentro del frasco, puede producirse una explosión.

Una importante aplicación de la expansión térmica en líquidos es el termómetro. También resulta útil la expansión térmica en sólidos en la construcción de mecanismos que regulan el calor, como es el caso de los termostatos. En este dispositivo el interruptor es una tira bimetálica, en la cual los dos metales tienen diferentes tasas de expansión térmica. La tira bimetálica consiste en la unión de dos cintas delgadas correspondientes a dos metales con coeficientes térmicos de dilatación diferentes. Aunque la dilatación de cada una de las tiras por separado cuando se calientan o se enfrían puede ser pequeña, a causa del bajo valor del coeficiente de dilatación de los metales, la tira bimetálica que resulta de su unión tiene una respuesta más apreciable ante cambios en la temperatura del material. Ello es debido a que cuando la tira se calienta (enfría) uno de los metales se dilata (contrae) en mayor medida que el otro, de modo que aparece una curvatura en la tira bimetálica en el sentido del metal que menos se dilata (contrae) (ver **Figura 2-11**). La magnitud de la curvatura es proporcional al

30 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

cambio de temperatura producido. El termostato es una aplicación práctica de este fenómeno. Las expansiones y las contracciones de una bobina bimetálica (normalmente dispuesta en forma espiral) abren y cierran un circuito eléctrico que pone en marcha o detiene un determinado dispositivo eléctrico.

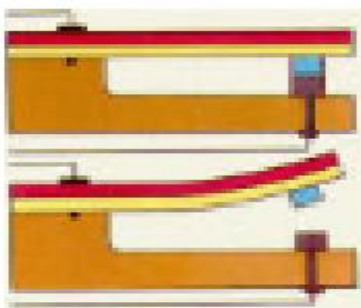


Figura 2-9. Tira bimetálica. Imagen tomada de <http://studylib.es/doc/603515/demo-cintas-bimet%C3%A1licas://es.slideshare.net>

2.3.3 El calor y los cambios de estado

La materia puede pasar por varios cambios de estado diferentes. Los cambios de estado ocurren cuando se presenta un cambio de energía interna en las sustancias, lo que implica que se de transferencia de calor hacia o desde las sustancias. Al recibir calor una sustancia se incrementa su energía interna, y eventualmente dependiendo de la cantidad de calor recibido, puede este incremento ayudar a vencer las fuerzas de atracción que mantienen juntas las moléculas que constituyen la sustancia. En caso de que la sustancia disminuya su energía interna como consecuencia de una transferencia de calor desde la misma, lo que ocurre es un aumento de la fuerza de atracción entre las moléculas de la sustancia.

Para que una sustancia sufra un cambio de estado, además de perder o ganar calor debe estar a cierta temperatura (Hopkins, 1994). La cantidad de calor que requiere una sustancia para transformar un gramo de la misma en estado sólido al estado líquido se llama calor de fusión. Por ejemplo el calor de fusión del hielo es de 80 calorías por gramo (cal/g), lo que quiere decir que para derretir un gramo de hielo se requieren 80 calorías de calor. Por el contrario, si se quiere transformar un gramo de agua líquida en hielo, ésta debe perder 80 calorías. Ahora bien, se llama calor de vaporización a la cantidad de calor

necesaria para transformar un gramo de una sustancia del estado líquido al estado gaseoso. El calor de vaporización del agua es de 540 calorías por gramo.

La temperatura a la que una sustancia cambia de estado líquido al estado sólido se llama punto de congelación, y es la misma a la que la sustancia cambia de estado sólido al estado líquido, en cuyo caso recibe el nombre de punto de fusión. La temperatura a la que una sustancia cambia del estado líquido al gaseoso se llama el punto de ebullición.

Durante el cambio de estado, una sustancia no cambia su temperatura, aunque se le adicione calor. En este proceso la fuerza de atracción entre las moléculas se vence, pero la energía cinética media de las moléculas se mantiene igual. La figura 2-9 ilustra este fenómeno para el caso del agua y sus estados.

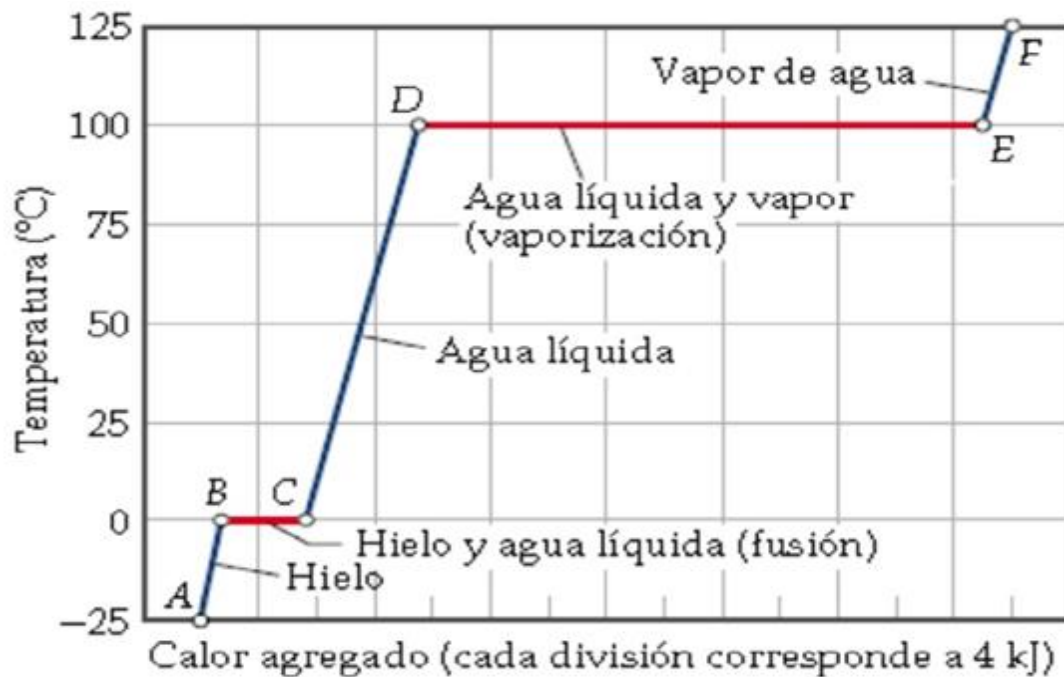


Figura 2-10. Diagrama de cambio de estado del agua. Imagen tomada de <http://es.slideshare.net/lucia2793/curvas-de-calentamiento>

2.4 El calor como una forma de trabajo

En termodinámica, la variación de la energía cinética interna total de un sistema y su temperatura puede ser causada tanto por un trabajo que se efectúa sobre el sistema, como por efecto del calor sobre el sistema, o también, por la acción simultánea de trabajo y calor. Tradicionalmente se ha afirmado que “Calor es la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o un sistema y sus alrededores) debido a una diferencia de temperatura.” (Cengel Y., Boles M., 2006). Sin embargo, es posible transferir energía a cualquiera de los sistemas mencionados, sin importar las temperaturas que estos posean, por medio de trabajo mecánico. El calor es energía en tránsito. Tan pronto termine la transferencia de calor al sistema o a hacia los alrededores, el calor transferido se vuelve parte de la energía interna del sistema o de los alrededores, según sea el caso. La transferencia de calor solo ocurre cuando hay diferencia de temperatura entre los sistemas, o entre estos y sus alrededores, en cuyo caso el calor fluye del sistema con mayor temperatura al sistema de menor temperatura. Aunque, en el caso de un gas ideal que se coloque en contacto térmico con un sistema de una capacidad calorífica muy grande y que tenga la misma temperatura del gas, se puede dar una transferencia muy lenta de calor hacia el gas, permitiendo que este se expanda realizando trabajo, sin cambiar el gas su temperatura. Se cumple que el calor recibido es igual al trabajo realizado. Así, se tiene que el producto $P \cdot V$ permanece constante. A continuación se muestra el diagrama que representa este proceso isotérmico.

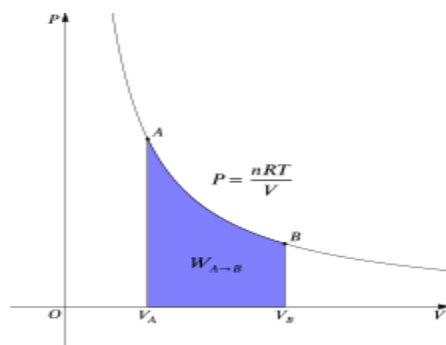


Figura 2-11. Proceso isotérmico. Imagen tomada de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fa/Isothermal_process.svg/330px-Isothermal_process.svg.png

Sin embargo, desde un punto de vista microscópico, la única manera de aumentar la energía cinética de una molécula es hacerle trabajo mecánico. Entonces, ¿qué es calor?

Para el caso de un sistema que consiste en un gas constituido por moléculas monoatómicas, si el agente generador del cambio de energía cinética interna es el trabajo, se puede afirmar que sobre cada molécula actúa una fuerza conocida que aumenta su rapidez. Ahora bien, las moléculas se mueven a través de un espacio llamado, “espacio de fase”, el cual está definido por un conjunto de puntos, a cada uno de los cuales corresponde un estado de la molécula. Cabe decir que a cada estado corresponde una probabilidad de posición, una probabilidad de velocidad y un valor de energía (C. Van den Broeck , 2013).

Sí se conocen las condiciones iniciales de posición y velocidad de una molécula, y se puede describir como se mueve la misma y predecir con absoluta certeza dónde quedará la misma después de una colisión, entonces se puede afirmar que la variación de la energía de la partícula fue causada por trabajo. En cambio, cuando a pesar de conocer las condiciones iniciales de la molécula no se puede describir con precisión, sino solamente con probabilidades, cómo se mueve y dónde quedará la molécula después de una colisión, entonces la causa de variación de la energía de la partícula se llama calor. A pesar de esto último, se puede decir que el calor es una forma de trabajo, por cuanto es capaz de propiciar una variación de la energía cinética interna de un sistema, aunque no se puede describir exactamente cómo lo hace, sino solo con probabilidades.

Para comprender mejor lo expuesto en el párrafo anterior, analicemos lo que sucede cuando se calienta agua en una olla colocada sobre una estufa encendida. Antes de encender la estufa, las moléculas de agua se mueven libremente en grupos y con cierto orden. Ahora bien, al prender la estufa se transfiere calor a las moléculas del fondo de la olla, incrementando la energía cinética de éstas, y, por tanto, sus vibraciones moleculares y sus velocidades de traslación. Como consecuencia, el fondo de la olla vibra y le pega a las moléculas de agua, acelerándolas y realizando de esta manera un trabajo mecánico.

Cabe decir, que en el caso de las moléculas de agua que no están en contacto con el fondo de la olla, éstas adquirirán un aumento de su energía cinética por el fenómeno de convección, el cual se explica más adelante, en el ítem sobre transmisión de calor.

34 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

A continuación se ilustra por medio de un dibujo, la situación descrita anteriormente. Tomemos una molécula de agua de la cual conocemos la probabilidad inicial de su estado en el espacio de fase, si esta es golpeada como se ve en (A), por una fuerza conocida, entonces, podemos conocer la probabilidad final del estado de la molécula en el espacio de fase. Por el contrario, si conociendo la probabilidad inicial del estado de la molécula, esta es golpeada por una fuerza desconocida, entonces, no tendremos una sola probabilidad para el estado final de la molécula, sino un abanico de probabilidades, como se ve en (B).

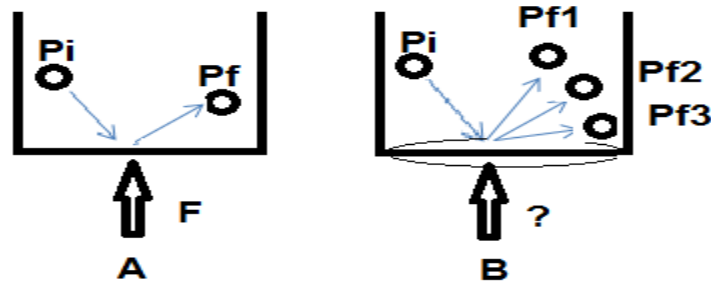


Figura 2-12. Trabajo, calor y movimiento de las moléculas

Podemos realizar otra diferenciación entre calor y trabajo comparando el comportamiento de la distribución de probabilidades de los estados en ambos casos. Para el caso del calor, las probabilidades de los estados representados como puntos en el espacio de fase, se dispersan dando como resultado un cambio en el volumen de la distribución. En el caso del trabajo, las probabilidades de los estados no cambian y, por tanto, el volumen de la distribución en el espacio de fase se mantiene constante. Lo que sí cambia cuando se transfiere energía en forma de trabajo es la energía en los estados del espacio de fase. En el trabajo, los estados se desplazan en el espacio de fase, pero sin dispersarse.

A continuación se muestra la expresión matemática para determinar la energía promedio de un sistema, teniendo presente que a cada estado del sistema corresponde una probabilidad y una cantidad de energía,

$$E = \sum_m \epsilon_m \cdot p_m \cdot \quad (2.19)$$

La energía promedio se calcula como la sumatoria de los productos entre la energía de cada estado y su probabilidad de posición y de velocidad en el espacio de fase.

A continuación se representan los posibles cambios en la distribución de probabilidades de los estados en el espacio de fase, para el caso de un oscilador armónico.

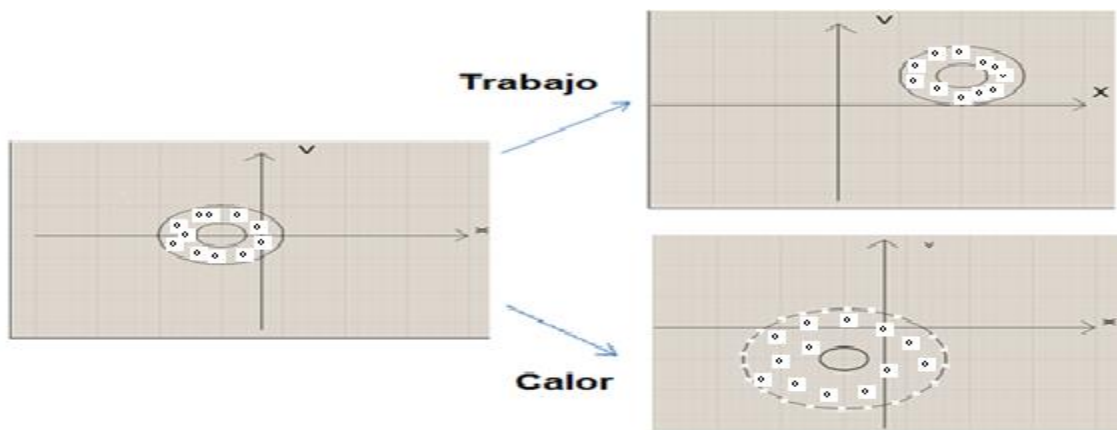


Figura 2-13. Distribución inicial de probabilidades de los estados de un sistema oscilador armónico (izquierda). Posibles distribuciones finales de las probabilidades del mismo sistema (derecha).

A partir de la observación del esquema se puede deducir que, si las probabilidades de posición y velocidad para los estados no se dispersan, entonces el volumen de la región del espacio de fase, donde se encuentran los estados permanece constante y, por tanto, podemos decir que la variación de energía interna del sistema es causada por trabajo.

Ahora bien, si las probabilidades de posición y velocidad de los estados se dispersan, se puede asegurar que la transferencia de calor al sistema es la causa de la variación de la energía interna del sistema. Esta apreciación se corrobora por el cambio de volumen de la región donde se encuentran los estados de las moléculas en el espacio de fase.

2.4.1 Transmisión del calor

El calor se transfiere de un cuerpo o sustancia a otra, siempre y cuando exista diferencia de temperatura entre los cuerpos. Los mecanismos en que ocurre esta transferencia de calor son: conducción, convección y radiación.

En el proceso de conducción, el calor se transfiere a través de una sustancia, o de una sustancia a otra, por medio del contacto directo de las moléculas. Así cuando las moléculas que se mueven rápidamente chocan con las que se mueven lentamente, la energía calórica se transfiere de las más veloces a las más lentas, haciendo que las más lentas se muevan con más rapidez. Según Hopkins (1994), debido a que toda la materia está formada por moléculas, la conducción puede producirse en sólidos, líquidos y gases.

36 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

Sin embargo, la conducción se da mejor entre sólidos, porque las moléculas de los sólidos tienen entre sí contacto directo. El mismo autor afirma que algunas sustancias conducen el calor mejor y con más rapidez que otras, por tanto se les llama conductoras, mientras a las que lo conducen muy poco se les llama aislantes. Buenas conductores son en mayor o menor grado los metales. Aislantes son el vidrio, plástico, la madera y goma, entre otros.

La transferencia de calor por convección implica el movimiento en corrientes de las moléculas en líquidos y en gases. Las moléculas calentadas se aceleran y separan, haciendo que la parte caliente del líquido o gas se vuelva menos densa que la parte fría. La parte caliente sube, creando corrientes que transportan calor. El aire es un buen aislante.

La radiación es la transferencia de energía calórica en forma de rayos infrarrojos invisibles. Por esta forma de transmisión es que sentimos el calor de una vela, el calor de un radiador o de una cocina caliente. La radiación del Sol calienta continuamente La Tierra. Como se observa en la figura 2-8, la transferencia de calor por radiación se da a través de rayos infrarrojos, la conducción por contacto directo entre los materiales y la convección implica movimientos de masa en forma de corrientes.

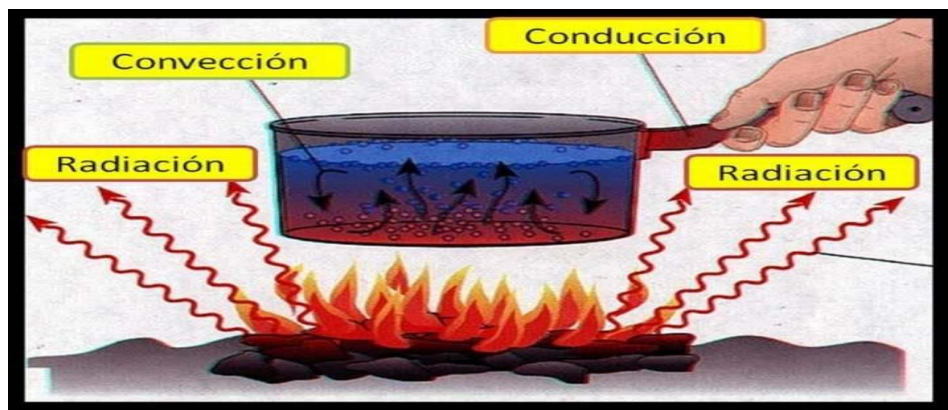


Figura 2-14. Formas de transferencia de calor. Imagen tomada de <http://respuestas.tips/cuales-son-los-tipos-de-transferencia-del-calor>

3. Marco Pedagógico y Legal

“La enseñanza tiene como meta principal adaptar los conocimientos científicos al ambiente del aula, comprendiendo que el aprender ciencia no puede ser lo mismo que hacer ciencia” (De la Gándara, 1999). Se puede decir que con base en las temáticas a enseñar es que se deben determinar cuál o cuáles son las metodologías que resultan más apropiadas para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje de las mismas. En el propósito de establecer una metodología apropiada resulta pertinente la siguiente afirmación: “Es relevante determinar la metodología científica más efectiva para que los alumnos apropien las teorías vigentes y, así, poder aplicarlas a los procesos adecuados en las situaciones oportunas.” (Hodson, 1985).

3.1 Metodologías empleadas para enseñar ciencias a través de la historia

Resulta conveniente hacer una revisión de las metodologías que históricamente se han empleado para enseñar ciencias, realizando una reflexión sobre cada una de ellas, con el fin de encontrar razones que permitan decidir qué metodologías son las más convenientes para enseñar los conceptos de calor y temperatura. Para esta revisión histórica resulta de gran ayuda la consulta del trabajo de grado de biología: “Los errores conceptuales y las ideas previas del alumnado de ciencias en el ámbito de la enseñanza de la biología celular. Propuestas alternativas para el cambio conceptual” cuyo autor, Iturriaga (2013), expone claramente estas metodologías, citando a promotores y críticos de las mismas.

Así, se puede mencionar que durante las décadas de los 60 y 70 surgió el “aprendizaje por descubrimiento”, planteado entre otros por Piaget (1959), el cual consistía en que el profesor presentaba los instrumentos necesarios para que el alumno descubriera por sí mismo lo que quería aprender. Pero, desafortunadamente, daba mayor importancia a los sucesos que a la racionalización de los mismos, reforzando concepciones espontáneas y tópicos sobre la ciencia (Schibeci, 1986). Lo anterior derivó en que los estudiantes, en vez de aprender a resolver problemas, optaron por memorizar soluciones explicadas por el profesor.

38 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

Ante el fracaso del aprendizaje por descubrimiento, Ausubel y Novak plantean como alternativa “el aprendizaje por recepción”, el cual le da importancia a las estructuras conceptuales de los estudiantes en el sentido de que ellas se relacionan con la adquisición de nuevos conocimientos. (Ausubel, 1978).

Dada la importancia que juegan las ideas previas de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, resulta necesario revisar un modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias (Novak, 1988). También es conveniente traer a colación las características principales de la teoría constructivista según Driver (1988):

- Es importante tener en cuenta lo que el alumno sabe previamente (conocimiento de las ideas previas).
- Los conocimientos que pueden perdurar en la memoria están estructurados
- El que está aprendiendo construye activamente significados.

Ahora bien, actualmente, y más que antes se argumenta a favor de un aprendizaje donde el estudiante tiene el papel central; el aprendizaje activo. “No es posible aprender por otra persona, sino cada persona tiene que aprender por sí misma, aunque lo dicho es una verdad muy evidente ¿pero por qué se han preparado docentes, hasta ahora, en todo el mundo sobre todo para presentar conocimiento por lecciones magistrales?” (cf. Huber, 1997).

Durante el desarrollo de la propuesta didáctica se estarán aclarando conceptos existentes en los estudiantes y proporcionando información y herramientas para que ellos puedan construir nuevos conceptos. Además, se ha de tener en cuenta que en el proceso de enseñanza-aprendizaje son de suma importancia los textos que complementan la actividad pedagógica de los docentes, la misma formación impartida por el profesorado y, cómo no, el aprendizaje previo de los alumnos de conceptos y el dominio de destrezas (Barandiaran, 1988).

3.2 Calor y Temperatura en los textos escolares

En el ámbito académico, los textos son la referencia para la planeación de las clases. Son guía tanto en lo pedagógico como en lo académico, al brindar una secuencia de actividades y de conceptos. Por tal razón, se llevó a cabo una revisión cuidadosa de textos que enseñan los conceptos de calor y temperatura.

- **Hipertexto Física 1. Editorial Santillana, 2011. Autores: Bautista B. Mauricio, Salazar S. Francia**

En la unidad de Termodinámica, los autores abordan los conceptos de calor y temperatura, manifestando al inicio de la misma la importancia de éstos para comprender algunos aspectos de la estructura de la materia, las transformaciones de calor en trabajo y el orden en que ocurren los fenómenos naturales. Así mismo, plantean unos interrogantes que buscan despertar el interés en estos temas: ¿Qué situaciones conoces en las que se utilicen los términos calor y temperatura? ¿Con que hipótesis puedes explicar la sensación que nos producen los ventiladores? También los autores describen una situación cotidiana que permite establecer la relación que existe entre la temperatura y el calor. Luego se dan las definiciones respectivas de calor y temperatura, haciendo una aclaración que permite marcar la diferencia entre estos conceptos. Finalmente se trata la medición de la temperatura, las escalas de medida más usadas de la misma, la medición del calor y la relación del calor con la variación de la temperatura.

- **Investiguemos 10 Física. Editorial Voluntad, 1989. Autor: Villegas Mauricio**

Los conceptos de calor y temperatura se abordan en la unidad 11, la cual inicia con un desarrollo histórico que sirve de base para definir la temperatura. Luego se tratan los temas de medición de temperatura, dilatación térmica, calor. Para terminar se presentan la primera y segunda leyes de la termodinámica. Al final de cada tema se presentan talleres en donde se analizan situaciones en contexto y problemas de aplicación.

- **Física Preuniversitaria. Editorial Reverté, S.A., 1987. Autor: Paul A. Tipler**

En el primer capítulo de la parte de Termodinámica, llamado “Temperatura”, se tratan los temas de escalas de temperatura e interpretación molecular de la temperatura. En el segundo capítulo se abordan los conceptos de calor, capacidad calórica y calor específico. Finalmente, en el tercer capítulo, titulado “Propiedades y transformaciones térmicas”, se manejan los temas de dilatación térmica, cambios de fase y transmisión del

calor. Al final de todos los capítulos se presenta un resumen de lo visto, sugerencias de lecturas ulteriores, repaso, ejercicios y problemas.

- **Física conceptual. Editorial Pearson, 2007. Autor: Hewitt Paul G.**

Los conceptos de calor y temperatura se tratan en el capítulo 15. Los temas que aborda son: temperatura, calor y expansión térmica. Los autores acuden a ejemplos cotidianos claros y fáciles de explicar por medio de un lenguaje sencillo que guardan relación con los temas expuestos. Este libro hace énfasis en el desarrollo conceptual, más que en la formulación matemática. Los ejercicios que plantea son de carácter analítico, y exigen que se les aborde por medio de la argumentación dada por el contenido del libro. Los capítulos finalizan con el planteamiento de proyectos y actividades experimentales que buscan reforzar los conceptos trabajados.

3.3 Estudios y propuestas acerca del aprendizaje de los conceptos calor y temperatura

Revisión de los conceptos de calor y temperatura y elaboración de una estrategia didáctica en la Educación Secundaria. Lara Orcos Palma. Esta propuesta presenta objetivos conceptuales, como por ejemplo: conocer el concepto de equilibrio térmico, relacionar la teoría cinética y el movimiento térmico, definir el concepto de calor y, entender los diferentes procesos de transferencia de energía en forma de calor y definir termómetro y conocer las distintas escalas termométricas y su relación. La propuesta abarca seis sesiones. En la primera se realiza un cuestionario de ideas previas generales, y en todas se llevan a cabo actividades de debate, exposición del profesor, presentación de video, práctica de laboratorio, resolución de problemas y visita externa a una termoeléctrica. El cuestionario de ideas previas de la primera sesión se repite al final para corroborar que los alumnos hayan adquirido el cambio conceptual gracias a la implementación de la propuesta.

Resultados obtenidos:

El análisis de los ítems muestra que muchas de las ideas previas presentadas por los alumnos en relación a los conceptos de calor y temperatura han presentado resistencia al cambio conceptual tras abordar la estrategia didáctica.

El autor manifiesta que el análisis de la pre-prueba y post-prueba indica que hubo ganancia estadística tras el tratamiento empleado y los resultados obtenidos de los promedios de las respuestas correctas señalan que hay diferencias significativas tras la estrategia de cambio conceptual.

Como una fuente de desorientación conceptual esta la vida cotidiana en la cual se tienen consideraciones erróneas como que el calor se es una elevada temperatura.

Una revisión histórica del concepto de calor: algunas implicaciones para su aprendizaje. Camelo Bustos Francisco J. En este artículo se intenta aclarar qué aportes puede brindar la historia de la física a su enseñanza y aprendizaje. Se realiza una exposición de la evolución histórica del concepto de calor, haciendo énfasis en cómo utilizar tanto los aciertos como las dificultades que enfrentaron –y enfrentan– los físicos en la elaboración de la idea del calor para dinamizar la enseñanza y aprendizaje de este concepto en contextos escolares. El autor afirma que este documento hace parte de un estudio más amplio que pretende realizar una mirada histórico-epistemológica del calor para diseñar situaciones de aula que posibiliten aprendizajes más significativos en estudiantes de secundaria. Al inicio el estudio presenta consideraciones sobre la importancia de la historia de las ciencias en la enseñanza de las mismas, con el fin de generar un contexto para mostrarlas. Luego se revisa la evolución del concepto de calor a través de los tiempos, lo que según el autor posibilita, a partir de las conclusiones que surjan, plantear aspectos relevantes a considerar en el diseño de situaciones de aula.

La utilización del vídeo para la enseñanza de conceptos básicos (calor y temperatura). INSAUSTI, M.J. Este estudio resalta la importancia de que el docente incorpore en sus clases el uso de tecnologías, dentro de las cuales se aboga por el video como herramienta que permita a los estudiantes interrelacionar e integrar distintas fuentes de información y métodos de trabajo. Para el autor, el empleo del video aporta al proceso de enseñanza-aprendizaje una mejora del lenguaje científico, el cual puede tener imprecisiones de parte del docente. Otro aporte del video es propiciar que los estudiantes modifiquen sus esquemas conceptuales debidos a sus experiencias cotidianas previas, adquiriendo los conceptos científicos correspondientes. La secuencia didáctica de la

42 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

propuesta presenta las siguientes etapas: explicación teórica por parte del docente, aplicación de test de preguntas cerradas, presentación del video y repetición del test. Las preguntas permiten al estudiante atender mejor el contenido del video, favoreciendo el análisis y comprensión del mismo. Según los resultados del análisis de las respuestas de los test, el autor de la propuesta saca las siguientes conclusiones: 1) La utilización de este recurso audiovisual ha servido para mejorar el léxico de los alumnos en la expresión escrita de los conceptos aprendidos. 2) También ha aumentado el grado de comprensión por parte de los alumnos de los conceptos expuestos de forma directa en el vídeo. 3) Sin embargo, el fin último del aprendizaje de las ciencias, que es la comprensión racional y razonada de los hechos cotidianos a través de las leyes físicas, no se ha alcanzado en grado satisfactorio.

Calor y temperatura: Una propuesta de recontextualización en la enseñanza de la física a partir de los planteamientos de Robert Boyle y Robert Mayer. Autores: Marín Castaño Liceth, Agudelo Zuluaga Natalia, Isaza Piedrahita Paula A. Los autores de esta propuesta afirman que actualmente se evidencian en el aula de clase grandes dificultades para significar el concepto de calor y su diferenciación con la temperatura. Así mismo, mencionan que una de las razones de esta problemática, según estudios realizados por otros investigadores, es la implementación de libros de texto escolares que muestran una sinonimia de ambos conceptos, muestran el calor como una sustancia inherente de los cuerpos y, en el caso de la temperatura, fortalecen la concepción de que esta depende de los sentidos. Ante estas dificultades, los autores proponen realizar una resignificación de los conceptos de calor y temperatura a partir de un análisis epistemológico e histórico del texto, "*Fuerzas inorgánicas de la naturaleza*" (1842) de Robert Mayer, y del texto, "*Consideraciones y experimentos sobre el origen de las formas y cualidades*" (1852) de Robert Boyle.

3.4 Educación en Ciencias Naturales desde la perspectiva del M.E.N

El Ministerio de Educación Nacional ha trazado objetivos que orientan la educación en ciencias naturales, los cuales establecen que la formación de niños, niñas y jóvenes debe propiciar el desarrollo de ciudadanos capaces de comprender que la ciencia tiene una dimensión universal, que es cambiante, y que permite explicar y rededir. Además, afirma que los estudiantes deben comprender que la ciencia es, ante todo, una construcción humana dinámica de tipo teórico y práctico, y entender que, en la medida en que la sociedad y la ciencia se desarrollan, se establecen nuevas y diferentes relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

En cuanto a las instituciones escolares, el MEN expresa que en ellas no se trata de formar científicos en sentido estricto, sino que se trata más bien de formar personas capaces de reconstruir significativamente el conocimiento existente. Los conceptos de calor y temperatura se tratan dentro de la temática de física, "*Energía térmica*", la que se deriva de lo establecido en los estándares del MEN. El aprendizaje de estos conceptos se mide por medio de la evaluación de las siguientes competencias

- **Uso comprensivo del conocimiento científico.** Es la capacidad de comprender y usar nociones, conceptos y teorías de las ciencias naturales en la solución de problemas, y de establecer relaciones entre conceptos y conocimientos adquiridos, y fenómenos que se observan con frecuencia.
- **Explicación de fenómenos.** Es la capacidad de construir explicaciones y comprender argumentos y modelos que den razón de fenómenos, y de establecer la validez o coherencia de una afirmación o de un argumento relacionado con un fenómeno o problema científico.
- **Indagación.** Vincular a los estudiantes con la forma como se amplía y modifica el conocimiento científico es esencial para formar ciudadanos alfabetizados científicamente.

4. Propuesta didáctica

La enseñanza de la física no trasciende a la vida cotidiana de los estudiantes, sino que se limita al aula de clase con el desarrollo repetitivo de ejercicios, problemas y definiciones que no logran motivar la curiosidad en los estudiantes, impidiendo de esta forma, que espontáneamente los estudiantes realicen indagaciones y encuentren sentido a aprender ciencias. Una posible solución para enfrentar estos problemas educativos puede ser involucrar a los estudiantes en la realización de experimentos que sean contra-intuitivos, que desafíen las ideas previas que ellos poseen, así como realizar demostraciones que integren los conceptos con las experiencias cotidianas.

Esta propuesta didáctica busca que los estudiantes consigan desarrollar claridad conceptual en relación a los términos calor y temperatura. El propósito es depurar errores conceptuales adquiridos en su entorno social o en el ámbito académico, con el fin de que logren comprender, diferenciar y usar convenientemente los conceptos de calor y temperatura. Asimismo, se busca desarrollar actividades que fomenten la participación, reflexión continua, diálogo, debate y colaboración en el desarrollo y construcción de conocimientos. Para ello, se hará uso de espacios didácticos como la estrategia de aprendizaje activo, cuyo fin es el auto cuestionamiento por parte de los estudiantes para explicar un fenómeno observado, junto con el desarrollo individual de tareas de investigación y trabajo experimental extra clase. El último espacio corresponde a la clase magistral y demostrativa por parte del docente, en el cual los estudiantes pueden articular la observación, la argumentación y deducción, para llevar a cabo la formalización y generalización de conceptos, integrando expresiones matemáticas que precisan la predicción de fenómenos físicos. En los dos últimos espacios didácticos se hace uso de las TIC: como videos, actividades interactivas en Educaplay, juegos virtuales en Power Point y Scratch, con el fin de que de manera autónoma y recreativa los estudiantes puedan complementar los conocimientos formados. Como para toda actividad que requiera la conformación de grupos, se tendrá cuidado de que los grupos no tengan siempre los mismos integrantes, con la finalidad de promover la sociabilidad en el curso y que los estudiantes puedan desarrollar distintos roles al trabajar en equipo.

Al inicio de cada sesión el docente realiza una retroalimentación de los conceptos vistos en la sesión anterior. Luego pregunta a los estudiantes por los resultados del desarrollo de la actividad complementaria de esa sesión, y responde las dudas surgidas en relación con esa actividad.

4.1 Primera Sesión: Sensaciones térmicas

Objetivo General:

- Favorecer que los estudiantes se den cuenta de que las sensaciones térmicas percibidas a través del tacto no son fiables como fuente de información para definir el estado térmico de un cuerpo con precisión y que, por tanto, es indispensable contar con un instrumento de medición más preciso.

Objetivos específicos:

- Inducir a los estudiantes a que se cuestionen sobre las ideas previas que poseen sobre temperatura y transferencia del calor.
- Propiciar que los estudiantes se percaten de que los términos “caliente” y “frio” no son absolutos, sino relativos a quien los experimenta.
- Propiciar que los estudiantes caigan en cuenta de que el hecho de tener sensaciones térmicas distintas de un cuerpo o sustancia no implica que tal cuerpo o sustancia tiene más de una temperatura.
- Favorecer que los estudiantes se den cuenta de que distintas sustancias pueden poseer igual temperatura, aunque las sensaciones térmicas percibidas de las mismas sean diferentes.

Tiempo: 120 min

Materiales: Guía 1 (Anexo A)

Procedimiento: Esta sesión se divide en tres actividades que buscan que los estudiantes confronten sus ideas previas y sensaciones con las observaciones de los fenómenos que experimentan en cada actividad. Las dos primeras son de aprendizaje activo, y la tercera es demostrativa y llevada a cabo por el docente.

Actividad 1: Temperatura de una sustancia y las sensaciones térmicas de la misma

Materiales: Tres recipientes que contienen agua, uno de ellos con agua caliente, otro con agua tibia y el tercero con agua y hielo.

Procedimiento: Solicitar a los estudiantes que predigan qué se sentirá si colocamos las manos en el agua caliente y fría, una en cada recipiente, y luego las introducimos en agua tibia. Luego, los estudiantes en grupos de cuatro deben debatir sus respuestas para construir por consenso una predicción para cada pregunta. Las predicciones de cada grupo se socializan para todo el curso. Invitar a los estudiantes a que pasen por los tres recipientes y perciban con sus manos dicho fenómeno. Finalmente, bajo la guía del docente, los estudiantes debaten sus observaciones con el fin de construir de forma colaborativa conclusiones sobre el fenómeno observado.

Actividad 2: Los materiales y las sensaciones térmicas de los mismos

Materiales: 1 objeto plástico, 1 objeto de metal, 1 objeto de madera y 1 termómetro.

Procedimiento: Se les pide a los estudiantes que predigan cómo serán las sensaciones en sus mejillas si colocan sucesivamente en cada una de ellas un objeto de madera y uno de plástico, luego un objeto de plástico y uno de metal, y finalmente uno de madera y uno de metal. A continuación se solicita a los estudiantes que conformen grupos de cuatro y debatan sus predicciones individuales para construir por consenso una predicción para cada caso. Las predicciones de cada grupo se socializan para todo el curso. Luego se invita a los estudiantes a que realicen la experiencia con los objetos al mismo tiempo que observan la temperatura indicada en el termómetro. Por último, bajo la guía del docente, los estudiantes debaten sus observaciones con el fin de construir de forma colaborativa conclusiones sobre el fenómeno observado. El docente cierra la actividad compartiendo sus observaciones.

Actividad 3: Práctica demostrativa “Sensaciones térmicas de una corriente de aire”

Materiales: Un secador y un termómetro.

Procedimiento: Se les pide a los estudiantes que expresen verbalmente qué sucederá si se descarga con el secador una corriente de aire templado sobre las palmas de las manos, estando una de ellas mojada. Luego de escuchar varias predicciones, se solicita que pasen tres voluntarios para efectuar el experimento, pidiéndoles que en tono alto manifiesten lo que sienten, para que todo el grupo se entere. Finalmente el docente realiza una retroalimentación y explica lo sucedido, diciendo que la diferencia de sensaciones se debe a que el agua de la mano mojada se evapora por la acción de la corriente de aire, absorbiendo calor de la mano y produciéndose con ello un descenso de la temperatura de la piel.

Metodología: Las tres actividades propuestas para esta sesión giran en torno al aprendizaje activo. Se pretende que los estudiantes se cuestionen a partir de los preconceptos que cada uno de ellos posee y confronten estas ideas previas con la experiencia. En el desarrollo de las actividades siempre está el docente, participando como guía. Para concluir cada actividad el profesor dirige las observaciones de los estudiantes a un contexto teórico correcto, con el fin de integrar los aportes de los estudiantes a la construcción de la explicación del fenómeno.

Actividad complementaria: Los estudiantes realizan una consulta sobre ilusiones sensoriales y hacen un mapa conceptual sobre el tema.

4.2 Segunda Sesión: Presentación de los conceptos de temperatura, equilibrio térmico y calor

Objetivo General:

Facilitar que los estudiantes asimilen los conceptos de temperatura, equilibrio térmico y calor a partir de la comprensión de otros conceptos que se les relacionan y de actividades experimentales.

Tiempo: 120 min

Materiales: Guía 2 (Anexo B)

Procedimiento: Siguiendo una secuencia de presentación, aclaración e interrelación de conceptos, el docente les da a los estudiantes definiciones que les permiten construir mejor los conceptos de temperatura, equilibrio térmico y calor. La secuencia de los conceptos a abordar es la siguiente: modelo cinético molecular y estados de la materia, energía térmica, temperatura, temperatura y los cambios de estado de la materia, expansión térmica y termómetros, escalas de temperatura, temperatura de ignición. El docente realiza tres actividades experimentales.

Actividad 1: Modelo cinético molecular

Materiales: Cajita con canicas.

Procedimiento: El docente mediante, el movimiento de la cajita a distintos ritmos, les muestra a los estudiantes cómo sería el comportamiento de las moléculas de una sustancia en los distintos estados: sólido, líquido o gas. Finaliza la actividad el docente dando a los estudiantes los fundamentos teóricos del modelo cinético molecular.

Actividad 2: Funcionamiento del termómetro

Materiales: Termómetro de mercurio y Multímetro con termocupla.

Procedimiento: Los estudiantes reciben del docente fundamentos del funcionamiento del termómetro de mercurio, con base en la expansión térmica. También reciben indicaciones de cómo funciona el multímetro con termocupla. Luego, bajo la guía del docente, los estudiantes toman medidas de temperatura a diferentes sustancias, empleando para líquidos y gases el termómetro y para sólidos, el multímetro con termocupla.

Con relación al concepto de expansión térmica, el docente explica a los estudiantes que las moléculas de una sustancia en cualquier estado, siempre se están moviendo: vibrando en el caso de los sólidos, trasladándose en el caso de los fluidos. Además, les manifiesta que existen fuerzas de atracción intermoleculares: fuertes en los sólidos, menores en los líquidos e inexistentes en los gases y, que las distancias de separación entre las moléculas dependen de la intensidad de estas fuerzas intermoleculares. También les

explica que si se realiza trabajo sobre los cuerpos, o se transfiere calor a los mismos, se aumenta la energía cinética interna de las sustancias logrando vencer en cierto grado las fuerzas de atracción molecular, y con esto que las moléculas se separen dándose la expansión térmica.

Actividad 3: Temperatura de ignición y densidad de una sustancia

Materiales: encendedor, viruta, esponjilla y aguja de acero.

Procedimiento: El docente, con ayuda de un estudiante, realiza una demostración para todo el curso sobre la relación entre la densidad que posee una sustancia y la temperatura de ignición de la misma. Para ello, toma la viruta con una mano y le solicita al estudiante que coloque la llama del encendedor bajo la misma. Este mismo procedimiento se realiza luego con la esponjilla y finalmente con la aguja de acero. En cada caso se le pide a los estudiantes que tomen nota de lo que observan. Luego se realiza un debate entre los estudiantes, bajo la guía del docente, sobre las observaciones recogidas. Se termina la actividad con la presentación de la explicación, que debe ayudar a los estudiantes a comprender que la temperatura de ignición es una temperatura que alcanzan los materiales combustibles, cuando estos son capaces de arder con el calor desprendido de su combustión, no requiriendo más la absorción de calor de una fuente externa, que al inicio del proceso tiene mayor temperatura que la de ignición del material. También se le explica a los estudiantes, que para muestras de distintas densidades de un mismo material, el tiempo que le toma a cada una de ellas para alcanzar la temperatura de ignición es distinto, por cuanto a mayor cantidad de masa por unidad de volumen se necesita más calor, y como la fuente de calor es la misma para las tres muestras, en un corto tiempo solo veremos arder la esponjilla.

Metodología: Para lograr el objetivo de esta sesión, que es facilitar que los estudiantes asimilen los conceptos de temperatura, equilibrio térmico y calor, se lleva a cabo una clase magistral y tres actividades experimentales. Inicialmente el docente proporciona a los estudiantes una clase magistral sobre definiciones de conceptos básicos relacionados, que a su criterio permiten comprender mejor los conceptos de temperatura, equilibrio térmico y calor. Esto con el propósito de facilitar la claridad conceptual. En la primera actividad el docente, para comunicar a los estudiantes las implicaciones del modelo cinético molecular en la explicación de la relación del estado físico de las sustancias con la temperatura, hace uso de una demostración mediante un recurso didáctico, como es

50 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

una cajita plástica transparente que contiene canicas. En la segunda actividad, que trata el aprendizaje sobre el funcionamiento del termómetro, los estudiantes reciben una inducción de parte del docente y, para afianzar lo aprendido, realizan una práctica experimental con el termómetro. En la última actividad, el profesor, con ayuda de un estudiante, muestra un fenómeno en particular (colocar la llama de un encendedor primero bajo una viruta de acero, luego bajo una esponjilla, y finalmente bajo una aguja, también de acero) solicitando a los demás estudiantes tomar nota de lo que observan, para posteriormente debatir en grupo y llegar a una explicación de la experiencia.

Actividad complementaria: Para realizar en casa. Consta de dos partes:

a) Expansión de los gases

Objetivo: Observar cómo el cambio de temperatura afecta a los gases.

Procedimiento: Se toma un frasco plástico pequeño desocupado y lo dejan por una hora en el congelador. Luego colocan en la boca del frasco una bomba sin inflar. Finalmente, en un recipiente desocupado colocan el frasco y dejan caer agua caliente sobre el mismo.

(Realizar un video corto de la experiencia y enviarlo al docente vía correo)

b) Expansión del agua en estado sólido

Objetivo: Verificar cómo el agua al solidificarse (volverse hielo) se expande.

Procedimiento: Se toma un globo pequeño, lo llenan de agua y lo amarran. Luego toman una cuchara de harina, una cuchara de sal y un poco de agua y revuelven las tres sustancias hasta tener una mezcla cremosa. Con esta pasta cubren el globo uniformemente. Finalmente meten al congelador el globo por unas seis horas y observan qué sucede con la superficie del globo.

(Tomar una foto de la bomba antes de aplicarle la pasta, una foto de la bomba cubierta con la pasta y, por último, una foto de la bomba después de sacarla del congelador. Enviar las fotos al docente vía correo (electrónico).

4.3 Tercera sesión: Transmisión del calor

Objetivo general:

Posibilitar que los estudiantes conozcan y comprendan las formas de transmisión de calor que existen.

Objetivos específicos:

- Propiciar que los estudiantes se den cuenta de la relación entre las temperaturas de los cuerpos y la posibilidad de transmisión de calor entre ellos.
- Propiciar que los estudiantes establezcan por sí mismos, una relación entre las densidades de los cuerpos y la cantidad de calor transmitido entre ellos.
- Favorecer que los estudiantes se den cuenta de que distintas sustancias transmiten de forma diferente el calor.

Tiempo: 120 min

Materiales: Guía 3 (Anexo C)

Procedimiento: Esta sesión consta de dos prácticas de aprendizaje activo, y de una actividad demostrativa por parte del profesor, esta última como complemento a lo observado en las dos primeras experiencias.

Actividad 1: Demostración sobre la radiación

Materiales: 1 vaso con agua, 1 vaso con suspensión de agua y arcilla, 1 lámpara con bombilla incandescente, 2 termómetros

Procedimiento: Al comienzo de la clase se coloca un termómetro en cada vaso y se toma nota de las temperaturas medidas. Luego se ubica la lámpara encendida de tal manera que le llegue la luz por igual a cada vaso. Faltando poco tiempo para acabar la sesión, se revisan las temperaturas marcadas por los termómetros. El docente les explica a los estudiantes que la composición de una sustancia determina el tiempo en que la misma tarda en alcanzar una temperatura específica, y debido a que la suspensión de agua y arcilla tiene mayor conductividad térmica que el agua pura, la suspensión absorbe más calor y por ello al cabo de un tiempo registra mayor temperatura que el agua.

Actividad 2: La gota de tinta china y el agua

Materiales: 1 vaso con agua caliente, 1 frasco con agua fría, Tinta china, gotero

Procedimiento: Pedir a los estudiantes que predigan qué sucederá con la gota de tinta china que ha sido colocada en el frasco con agua fría, cuando éste se ubique sobre el recipiente con agua caliente. A continuación se solicita a los estudiantes que conformen grupos de cuatro y debatan sus predicciones individuales para construir por consenso una predicción grupal, la cual se socializa para todo el curso. Luego se invita a los estudiantes a que presten atención, observen y tomen nota de lo que sucede durante la realización de la experiencia por parte del docente. Para terminar, se promueve el debate entre los estudiantes para que discutan sus observaciones y se pueda llegar por consenso a conclusiones que expliquen correctamente el fenómeno presentado.

Con esta actividad se pretende que los estudiantes primero se percaten que las partículas de la tinta china se introducen en el agua quedando disueltas en el mismo, y que a través del movimiento de estas partículas (que son visibles) el fenómeno de convección que tiene lugar dentro del vaso por causa de la transferencia de calor sea haga evidente. En su movimiento, las moléculas de agua empujan a las partículas de tinta china arrastrándolas en trayectorias cuasi-circulares.

Actividad 3: La conducción en distintos materiales

Materiales: 30cm de alambre de hierro, 30cm de alambre de cobre, 1 vela, 8 chinchas

Procedimiento: Previamente a la clase, el docente ha unido los alambres por sus extremos formando una trenza de 10cm, colocando en cada uno 4 chinchas separados entre sí una distancia igual. Se solicita a los estudiantes que predigan de cuál alambre se caerán primero los chinchas al colocar la flama de la vela en el centro de la trenza. Luego los estudiantes forman grupos de cuatro para comparar, discutir sus predicciones, con el fin de establecer una sola predicción por grupo. Bajo la orientación del profesor cada grupo comparte su predicción al curso. El docente, con ayuda de un estudiante, realiza la experiencia mientras los estudiantes observan y toman nota. Por último, entre estudiantes

y docente, en forma colaborativa, construyen la explicación que da cuenta del fenómeno presentado.

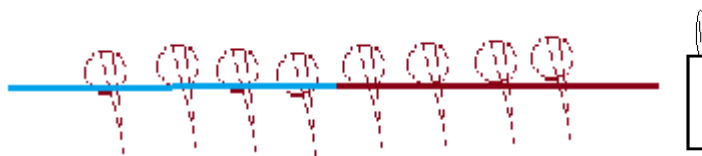


Figura 4-1. Alambres de hierro y cobre con tachuelas fijadas con cera. Vela para derretir cera

Metodología: En las actividades 2 y 3, en las que se tratan respectivamente las formas de transmisión de calor por convección y conducción, los estudiantes participan primero realizando predicciones individuales respecto a la situación planteada por el docente, luego colaborando en la elaboración de una predicción grupal, que se expone para todo el curso. Seguidamente, a pedido del docente, los estudiantes prestan atención y toman nota de la experiencia realizada por el docente y un estudiante. Al final de cada actividad, entre estudiantes y docente construyen la explicación del fenómeno observado a partir de las observaciones realizadas. Para la actividad 1, la cual trata de la transmisión de calor por radiación, los estudiantes participan en dos momentos: el primero que es al iniciar la sesión, donde toman nota por pedido del docente de las temperaturas que marcan los termómetros ubicados en los vasos que están bajo una lámpara apagada, los cuales contienen agua y solución de agua con arcilla, respectivamente. Ya tomados estos datos, el docente prende la lámpara. El segundo momento de participación de los estudiantes tiene lugar poco antes de terminar la sesión, donde los estudiantes toman nuevamente las temperaturas de los contenidos de los vasos y las comparan con las temperaturas iniciales. Esta actividad culmina con el docente explicando la teoría que da razón de lo sucedido con las temperaturas dentro de los vasos.

Actividad complementaria: Materiales aislantes y conductores. (Para realizar en casa)

Objetivo: Identificar qué material es mejor aislante dentro de un grupo de materiales.

Procedimiento: En trozos de tamaño igual de tela, algodón, papel periódico y aluminio, se coloca un cubo de hielo. Los cubos deben ser de igual tamaño. Luego se envuelven y se deja que pase el tiempo. En todo momento se observa lo que pasa con los cubos de hielo. La idea es determinar, al cabo de un rato, cuál es el material que mejor aislamiento ofrece al hielo, y cuál el peor.

(Se toma una foto de los cubos de hielo sobre los materiales sin cubrirlos, otra foto de los cubos envueltos, y otra foto después de 20 minutos de los cubos descubiertos. Enviar las fotos al docente vía correo).

4.4 Cuarta sesión: Presentación de los conceptos de conductividad térmica y calor específico. Relación entre el calor y los cambios de estado. Expresión matemática para hallar el calor transferido a una sustancia

Objetivo General:

Facilitar que los estudiantes asimilen los conceptos de conductividad térmica y calor específico, y los puedan relacionar correctamente con la transferencia de calor y los cambios de estado.

Tiempo: 90 min

Materiales: Guía 4 (Anexo D)

Procedimiento: Para la presente sesión, primero los estudiantes realizan una actividad experimental bajo la orientación del docente. Luego el docente realiza una demostración dirigida al curso con la colaboración de un estudiante. Finalmente, el docente expone a los estudiantes conceptos relacionados con la transferencia de calor y su relación con la materia.

Actividad 1: Piso el tapete, Piso el papel aluminio

Materiales: Papel aluminio y tapete

Procedimiento: Pedir a los estudiantes que se quiten los zapatos y medias, dejando un pie sobre el piso y el otro sobre el papel aluminio. Invitar a los estudiantes que compartan y discutan sus observaciones. Finalmente, docente y estudiantes de forma colaborativa sacan conclusiones que permiten explicar lo sucedido.

Al final de esta actividad se espera que los estudiantes comprendan que las sensaciones térmicas experimentadas a través del tacto, dependen de la conductividad térmica de los materiales, y que por ello el papel aluminio absorbe el calor de nuestros pies más rápido que el tapete.

Actividad 2: Transmisión de calor y temperatura de ignición de un material

Materiales: tiras de papel, coladera metálica y encendedor

Procedimiento: El docente en colaboración con un estudiante, realizan una demostración para el resto del curso sobre cómo se puede impedir que un material llegue a su punto de ignición. Primero muestran que le sucede a una tira de papel, cuando se coloca bajo ella la flama de un encendedor a una determinada distancia. Luego muestran que le sucede a otra tira de papel idéntica a la primera, cuando se interpone entre la tira y la flama una malla metálica. Al final de la demostración el docente explica a los estudiantes porque se da lo observado.

El docente explica a los estudiantes que los alambres de la coladera absorben el calor desprendido por la flama del encendedor debido a su alta conductividad térmica, impidiendo que la tira de papel alcance su temperatura de ignición. Además, el docente les recuerda a los estudiantes que la capacidad del aire para conducir el calor es muy baja comparada con la del material de la coladera.

Actividad 3: Exposición de los conceptos de: conductividad térmica, calor específico, calor transferido a una sustancia y su cálculo matemático, calor y los cambios de estado.

Procedimiento: El docente valiéndose de situaciones cotidianas que son comunes a todos, lleva a cabo una exposición de conceptos que relacionan el calor con los cambios de estado de la materia, con la conducción a través de los materiales y la variación de la temperatura de una sustancia en relación a su masa. Para finalizar la sesión, el docente presenta la ecuación matemática que permite calcular el calor ganado o perdido por una sustancia, y desarrolla ejemplos de aplicación que requieren el uso de dicha ecuación. La ecuación referida es, $Q = C\Delta T = mc\Delta T$ donde Q es el calor ganado o perdido; C es

56 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

la capacidad calórica; ΔT es la variación de la temperatura; m es la masa de la sustancia y c es el calor específico de la sustancia.

Metodología: Esta sesión consta de tres actividades. Las dos primeras son experimentales y la última es una clase magistral. La primera actividad tiene por objeto permitir a los estudiantes comprender que la diferencia en las sensaciones térmicas percibidas de materiales distintos que se encuentran dentro de un mismo ambiente no se debe a que dichos materiales posean temperaturas distintas, sino a la conductividad térmica que cada uno de ellos posee. En la segunda actividad, el docente realiza una experiencia demostrativa, y los estudiantes participan prestando atención a lo que sucede, para luego discutir sus impresiones y, de esta forma, poder construir por consenso la explicación del fenómeno observado, bajo la orientación del docente. La última actividad se lleva a cabo dentro del espacio didáctico de clase magistral, con el matiz de que esta clase contiene ejemplos de la vida cotidiana que favorecen asociar los conceptos científicos con los fenómenos que los involucran. La sesión se termina con la presentación y explicación magistral de la ecuación matemática que permite determinar el calor ganado o cedido al cabo de una transferencia de calor entre materiales.

Actividad complementaria: El color y el calor (para la casa)

Objetivo: Identificar cómo el color de un material incide en la absorción de energía térmica por radiación.

Procedimiento: En dos cartulinas, una de color blanco y otra de color negro, se deja caer una gota de cera de vela. Las cartulinas se colocan bajo una lámpara de luz amarilla, de tal forma que les dé por igual la iluminación. La idea es observar en qué cartulina se derrite primero la cera.

(Se debe tomar fotos del proceso y enviar al docente vía correo).

4.5 Quinta sesión: Producción de calor

Objetivo general:

Posibilitar que los estudiantes se den cuenta de que situaciones como la flexión mecánica de un material, el rozamiento entre superficies y la compresión del aire pueden generar calor.

Objetivos específicos:

- Propiciar que los estudiantes comprendan la relación existente entre la deformación de un material y su cambio de temperatura.
- Favorecer que los estudiantes comprendan la relación existente entre el rozamiento de superficies con el cambio de temperatura de las mismas.
- Propiciar en los estudiantes el entendimiento de cómo la compresión de un gas contribuye al cambio de temperatura del gas.

Tiempo: 120 min

Materiales: Guía 5 (Anexo E)

Procedimiento: En el presente taller experimental se pretende que los estudiantes observen algunas de las formas usuales de producción de calor que existen, además de favorecer que ellos logren la comprensión de la relación que hay entre la flexión de un material, el rozamiento entre superficies, y el efecto de compresión de un gas con el cambio de temperatura de las sustancias o cuerpos. La práctica que se plantea realizar consta de tres actividades de aprendizaje activo.

Actividad 1: Dobla que dobla el alambre

Materiales: 1 alambre de cobre y 1 multímetro con termocupla

Procedimiento: Pedir a los estudiantes qué predigan qué sucederá con la temperatura de un alambre de cobre en cercanías al punto de ruptura, luego de este ser flexionado en torno a dicho punto una y otra vez hasta partirse. Ahora se solicita a los estudiantes que conformen grupos de cuatro y discutan sus predicciones hasta lograr por consenso elaborar una predicción grupal. A continuación el docente invita a los grupos a que por medio de un vocero compartan a todos sus predicciones. Se lleva a cabo la experiencia. Primero el docente elige a un estudiante para que mida con el multímetro la temperatura del alambre y comunique este valor a todo el grupo. Seguidamente el docente flexiona el

alambre en torno a un punto cualquiera una y otra vez hasta la ruptura. Nuevamente el mismo estudiante mide la temperatura cerca al punto de quiebre y la comunica al curso. Bajo la orientación del profesor los estudiantes discuten lo sucedido con la temperatura del alambre, y finalmente por consenso elaboran una explicación del fenómeno térmico.

El docente les explica a los estudiantes que el flexionar el alambre es una forma de convertir la energía mecánica en calor, ya que en el proceso las moléculas del metal se frotan entre sí, quedan vibrando. Una parte de este calor se disipa al medio ambiente, y la otra aumenta la energía cinética interna del alambre, elevando la temperatura del mismo.

Actividad 2: Bombear y bombear

Materiales: 1 bomba de inflar para bicicleta, 1 multímetro con termocupla, cronometro.

Procedimiento: Pedir a los estudiantes qué predigan qué sucederá con la temperatura de la varilla de una bomba de inflar para bicicleta luego de bombear de forma vigorosa durante un minuto. Se invita a los estudiantes a discutir sus predicciones dentro de grupos de cuatro integrantes, y que por grupo se elabore y comparta su predicción a todo el curso. Se realiza la experiencia. Un estudiante toma la temperatura de la varilla de la bomba antes de operarla, y la comunica a sus compañeros. Luego, otro estudiante por un intervalo de un minuto bombea de forma vigorosa, teniendo siempre la precaución de que la varilla ingrese y salga completamente del cilindro de la bomba. A continuación el primer estudiante vuelve y toma de nuevo la temperatura de la varilla, comunicando el valor de la medida a sus compañeros. Finalmente, a pedido del docente, los estudiantes discuten sus observaciones y sacan conclusiones que permiten explicar el fenómeno térmico.

Se debe concluir, que al accionar la bomba se está realizando un trabajo mecánico, el cual permite comprimir las moléculas de aire, y por la fricción que se genera entre las moléculas se produce la generación de calor.

Actividad 3: La aguja de la jeringa y el motor

Materiales: 1 jeringa de 5cm, 1 termómetro, vaso con agua, 1 motor de 9V y 1 pila de 9V.



Foto 1. Materiales requeridos para la actividad. Termómetro de mercurio, jeringa con aguja, motor eléctrico, pila y un vaso de agua.

Procedimiento: El docente solicita a un estudiante que con el termómetro mida la temperatura del agua del vaso y comunique este valor a sus compañeros. Luego el docente, ante la mirada del curso, toma agua del vaso con la jeringa hasta llenar su capacidad. A continuación coloca la jeringa horizontalmente, asegurándose de que la aguja quede apoyada sobre el engranaje del eje del motor eléctrico, que está inactivo. En este momento solicita a los estudiantes que predigan qué sucederá con la temperatura del agua que está dentro de la jeringa si se enciende el motor por dos minutos. A pedido del docente los estudiantes conforman grupos de cuatro para discutir sus predicciones y elaborar una predicción por grupo. Las predicciones grupales son socializadas. Se realiza la experiencia, y paso seguido el docente le pide a un estudiante que mida la temperatura del agua de la jeringa y la comunique en voz alta a sus compañeros. Finalmente, bajo la orientación del docente, los estudiantes debaten sus observaciones y construyen la explicación del fenómeno.

Metodología: Las tres actividades que conforman esta sesión se desarrollan bajo la estrategia del aprendizaje activo. En cada actividad el docente plantea una situación a los estudiantes y les solicita que consignen en una hoja sus predicciones. Esto con el fin de permitir que puedan expresar sus ideas previas. Luego los invita a que expongan y discutan sus predicciones individuales dentro de los grupos a los que pertenecen. Lo anterior permite que los estudiantes desarrollen la competencia argumentativa a la hora de defender sus ideas, y además, favorece que aprendan a escuchar las hipótesis de otros compañeros. Cada grupo debe generar una predicción grupal y compartirla con los demás grupos. A continuación se realiza la experiencia, lo cual permite que los estudiantes puedan confrontar sus ideas previas (sus predicciones) con la realidad que

evidencia la realización de la práctica experimental planteada. Finalmente, el docente contribuye a que los estudiantes puedan generar de forma colaborativa la explicación correcta del fenómeno presentado.

Los estudiantes deben poder explicar que la fricción entre la aguja de la jeringa y el eje del motor eléctrico genera calor, y que parte de ese calor generado se disipa al ambiente, y que el resto se transfiere de la aguja al agua por conducción, y luego, por convección se termina propagando el calor a toda la masa de agua. Como consecuencia de lo anterior, se incrementa la temperatura del agua de la jeringa.

4.6 Sexta sesión: Efecto invernadero y contaminación térmica

Objetivo:

Favorecer que los estudiantes integren los conceptos vistos en las sesiones anteriores para la comprensión del calentamiento global y sus consecuencias sobre el clima del planeta.

Tiempo: 60 min

Material: Videodisco digital DVD1587 (Propiedad biblioteca Luis Ángel Arango)

Procedimiento: Se presenta un video a los estudiantes titulado “El factor humano: Contaminación global”, el cual muestra que la mala utilización de los recursos naturales es el origen de la contaminación atmosférica, el efecto invernadero, el calentamiento global y el caos del clima. Finalizada la presentación del video, el docente invita a los estudiantes a formar una mesa redonda para que expongan y debatan sus impresiones y observaciones del contenido del video. El docente orienta el desarrollo de la actividad en torno a conceptos abordados en las sesiones anteriores, haciendo énfasis en los conceptos de temperatura, equilibrio térmico, calor, transferencia de calor y energía térmica. La sesión termina con la realización de una síntesis por parte del docente de las ideas más relevantes aportadas por los estudiantes.

Metodología: Los estudiantes prestan atención al desarrollo del contenido de un video propuesto por el docente. Paso seguido, bajo la guía del docente, los estudiantes exponen y debaten sus ideas e impresiones derivadas de la observación del video, teniendo como fundamento los conceptos trabajados en las anteriores sesiones. El

docente culmina la actividad dando a todo el grupo una síntesis de las ideas principales aportadas por los estudiantes.

4.7 Séptima sesión: Resolución de problemas de carácter matemático que involucran los conceptos de calor y temperatura

Objetivo:

Potenciar en los estudiantes la habilidad en el uso de relaciones matemáticas vistas en las sesiones anteriores por medio de la resolución de problemas de contexto en un trabajo colaborativo entre estudiantes y docente.

Tiempo: 75 min

Procedimiento: El docente conforma parejas de estudiantes para el desarrollo de un taller que consta de 15 problemas, los cuales involucran conceptos vistos en las sesiones anteriores. Los problemas están repartidos de la siguiente manera: 2 problemas sobre energía total de los átomos de gases monoatómicos, 2 problemas sobre energía total de moléculas de gases diatómicos, 5 problemas sobre escalas de temperatura, 2 problemas sobre capacidad calórica y 4 problemas relacionados con el calor ganado o perdido al cabo de una transferencia de calor entre sustancias. Durante el desarrollo del taller, el docente está pendiente de cómo cada pareja de estudiantes aborda los problemas, y les brinda el apoyo requerido para que realicen un proceso coherente y efectivo de resolución.

Metodología: Se pretende que los estudiantes lleven a cabo la resolución de problemas planteados por el docente de forma colaborativa entre ellos, y teniendo de presente que lo más importante no es el resultado de un problema, sino el proceso desarrollado en el abordaje de los mismos. El docente participa en la actividad dando asesoría a las parejas de trabajo.

4.8 Implementación de la Propuesta

Perfil de la institución y del estudiante

La propuesta didáctica se implementó en el grado décimo del Nuevo Instituto San Miguel, que cuenta con 23 estudiantes provenientes en su mayoría de los estratos 1 y 2. El instituto se creó oficialmente bajo Resolución No. 3624 del 12 de Noviembre de 1999 y

62 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

1683 del 29 de Mayo de 2002. La institución es de vocación humanista, de carácter privado y mixto. Se ubica en el norte de Bogotá, en el barrio Prado Veraniego, y sólo ofrece servicios educativos para educación media en la mañana. El núcleo familiar de la población de educandos es heterogéneo. Se destaca un alto porcentaje de hogares con padre o madre como cabeza de familia, aunque en algunos casos son hermanos los que están a cargo de los menores. Por tener la institución un sentido incluyente, dentro del grupo de estudiantes se tienen adolescentes provenientes de una fundación para niños abandonados. Los padres cuentan en pocos casos con formación profesional, y muchos de ellos trabajan como comerciantes o en oficios varios.

Desarrollo de la propuesta

Esta propuesta didáctica se fundamenta en un proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos, en el cual los estudiantes tienen un papel activo en la comprensión y construcción de estos conceptos, mientras el docente participa como un guía y facilitador que brinda condiciones y circunstancias que permiten a los estudiantes confrontar sus ideas previas con las observaciones derivadas de la realidad que ofrece la experimentación. El fin del proceso de enseñanza-aprendizaje es que los estudiantes logren una claridad conceptual. Para tal propósito la propuesta se desarrolló de la siguiente forma:

1. Se aplicó un instrumento de medición (Pre-test- Post-test), que se adjunta en el anexo F de este trabajo. El test consta de 15 preguntas abiertas. Estas preguntas fueron elaboradas con la asesoría del profesor Carlos Joel Perilla Perilla.
2. Se desarrollaron las temáticas relacionadas con los conceptos de calor y temperatura, en siete sesiones.
3. Cada sesión presenta una descripción que incluye: objetivo general, objetivos específicos, tiempo de desarrollo, actividades con su respectiva lista de materiales y procedimiento, metodología aplicada y actividad complementaria para trabajo extra clase.
4. La metodología aplicada en cada sesión motivó la constante participación de los estudiantes, lo que derivó en una construcción activa de los conceptos vistos.

5. Dados los pocos recursos con que cuenta la institución, a las clases se llevaron materiales económicos y de fácil consecución. La mayoría de las actividades realizadas involucraron experiencias del método de aprendizaje activo, donde se les pedía a los estudiantes que hicieran predicciones individuales y luego grupales de lo que iba suceder. Para culminar, el docente orientaba a los estudiantes para que por consenso entre ellos construyeran explicaciones de los fenómenos presentados.
6. Al terminar la séptima sesión se aplicó el post-test, conformado por las mismas preguntas del pretest.
7. Se analizaron los resultados del pretest y del post-test para determinar la efectividad de la propuesta.

Después de aplicado el pretest, se llevan a cabo actividades sobre sensaciones térmicas en la primera sesión.



Foto 2. Estudiante experimentando sensaciones térmicas del agua de cada recipiente. La temperatura en cada recipiente es diferente a la de los otros.

64 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

Segunda sesión: se trabajaron los conceptos de temperatura, equilibrio térmico y calor, a partir de conceptos más sencillos que se les relacionan y de actividades experimentales. Además, se les dio inducción a los estudiantes sobre el funcionamiento y uso de instrumentos de medición de temperatura.



Foto 3. Actividad didáctica relacionada con el modelo cinético molecular y su relación con los estados de la materia.

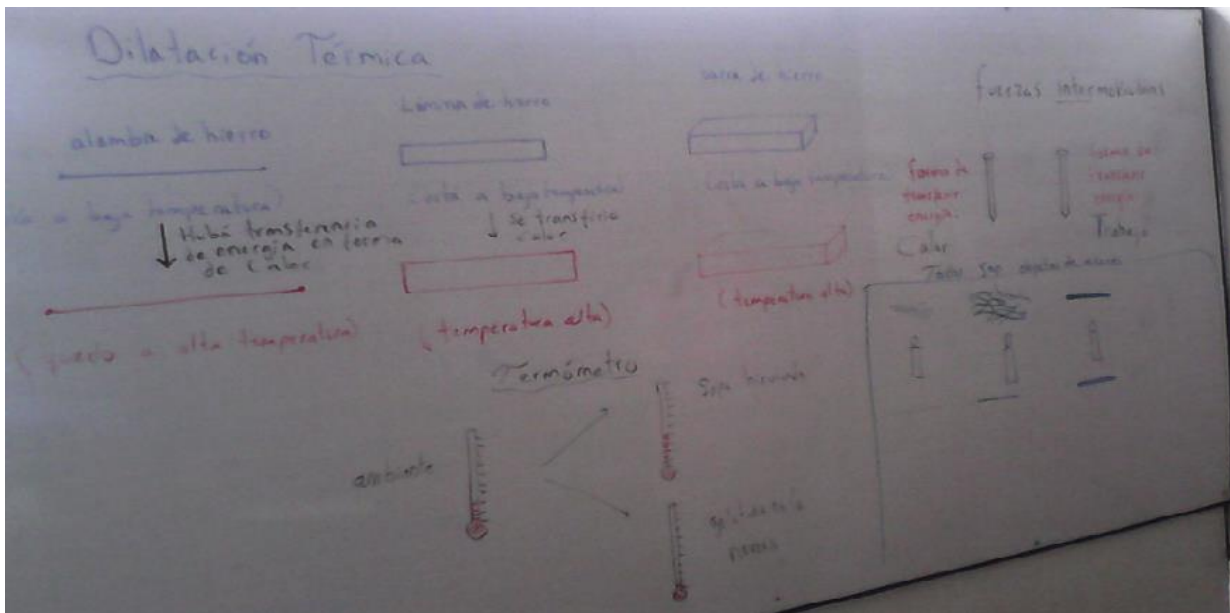


Foto 4. Clase magistral sobre relación entre dilatación térmica y termómetro



Foto 5. Inducción en el uso del termómetro y el multímetro para medir temperatura.

66 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura
Para estudiantes de educación media



Foto 6. Experiencia punto de ignición de un material y densidad del mismo

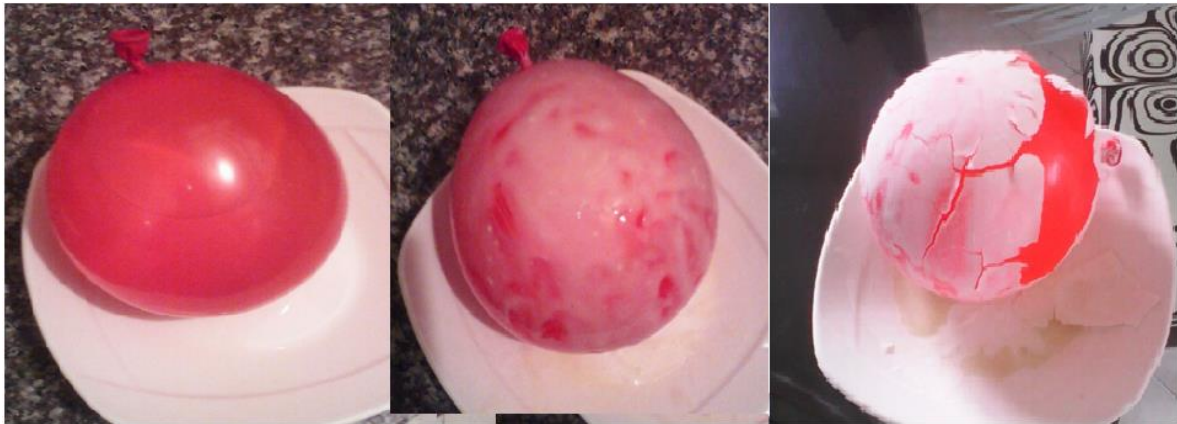


Foto 7. Experimento extra clase. Expansión del agua al solidificarse

Tercera sesión: esta sesión posibilitó a los estudiantes conocer y comprender las formas de transmisión de calor que existen: radiación, convección y radiación.



Foto 8. La conducción de dos alambres: uno de cobre y otro de hierro. (Trabajo extraclase)

Como actividad complementaria extra clase de esta sesión, los estudiantes experimentaron con cuatro materiales para saber cuál de ellos era mejor aislante térmico.



Foto 9. Experimentación sobre conducción y aislamiento térmico. Prueba con cuatro materiales (algodón, aluminio, tela y papel periódico).

Cuarta sesión: Se trabajó con los estudiantes los conceptos de conductividad térmica y calor específico, y la relación de estos con la transferencia de calor y los cambios de estado.



Foto 10. Transmisión de calor y temperatura de ignición de un material

Como actividad complementaria para la casa los estudiantes realizaron un experimento que relaciona el color con la absorción de calor por radiación.



Foto 11. Color de un material y la absorción de energía térmica por radiación. Evidencia enviada por un estudiante de la realización de actividad extra clase. Bajo la acción de la luz de una lámpara se derrite más rápido una gota de cera en un papel de color negro que en un papel de color blanco.

Quinta sesión: En esta sesión se llevaron a cabo actividades que permitieron a los estudiantes darse cuenta de que situaciones como la flexión mecánica de un material, el rozamiento entre superficies y la compresión del aire pueden generar calor.



Foto 12. Experiencias que implican generación mecánica de calor

Para la última sesión, los estudiantes, bajo la guía del docente, resolvieron problemas con el fin de afianzar sus habilidades en el manejo de relaciones matemáticas entre los conceptos de calor, temperatura, calor específico, capacidad calórica y escalas de temperatura.



Foto 13. Resolviendo problemas matemáticos sobre calor y temperatura. (Trabajo en parejas).

5. Análisis y Resultados

Resultados Cualitativos

La propuesta se implementó con 23 estudiantes del grado décimo del Nuevo Instituto San Miguel en Bogotá, jornada mañana, con edades comprendidas entre los 16 y los 18 años. A lo largo del desarrollo de las sesiones propuestas, los estudiantes mostraron motivación en la realización de las actividades planteadas, sobre todo en aquellas en las que la experimentación por parte de ellos era fundamental. Así mismo, expresaron que los experimentos demostrativos por parte del docente y las actividades extra clase de cada sesión les facilitó la comprensión de los conceptos vistos en clase.

Resultados Cuantitativos

El desempeño de la propuesta didáctica se analizó cuantitativamente en un diseño pre-experimental con pretest y postest. Como instrumento de medición se utilizó la prueba diseñada para tal fin que se describe en el anexo F. Esta prueba es la misma para el pretest y el postest, y consta de 15 preguntas abiertas que tienen la misma valoración en puntaje, aunque no presentan igual grado de dificultad. Como cada pregunta tiene una valoración que puede estar entre cero y dos puntos, la máxima nota posible de la prueba es de treinta puntos. En las preguntas se solicita dar respuesta a uno o dos requerimientos como: identificación del efecto producido en un hecho planteado, explicación de la causa de tal efecto, presentación del significado de un término, contextualización del significado de dicho término, explicación correcta de una afirmación dada, contextualización de tal afirmación, determinar el orden de ocurrencia de sucesos, entre otros.

En la siguiente imagen (Figura 5.1) se muestra la respuesta dada por un estudiante en el pretest como en el postest a una misma pregunta. Esta pregunta requería que el estudiante eligiera el orden de ocurrencia de dos hechos, y la justificación de dicha elección. En el pretest el estudiante acierta en la elección, y da una justificación muy

Análisis y Resultados

simple de ello. Ya en el postest, el estudiante elabora una justificación más completa y significativa, que muestra la influencia de la propuesta en su formación conceptual.

6. Bajo la acción de una misma llama. ¿Qué hierve más rápido, 200g de agua o 500g de agua? Justifique su respuesta.

-el agua de 200g ya que es mas poca.

6. Bajo la acción de una misma llama, ¿qué hierve más rápido: 200g de agua o 500g de agua? Justifique su respuesta.

200g de agua porque es mas poca y el calor puede espasirse mas rapido por toda el agua.

Figura 5-1. Respuesta dada a la pregunta 6 en el pretest (arriba) y postest (abajo).

En la Figura 5.2, que se muestra a continuación, se evidencia el progreso de un estudiante en cuanto a ser capaz de dar explicaciones más elaboradas y profundas empleando términos más científicos.

2. Describa el efecto térmico que se produce al golpear con un martillo una barra de hierro. Explique porque se da tal efecto.

Calentamiento por impacto

- Al estrellarse dos objetos metalicos a cierta velocidad su forma cambia

2. Describa el efecto térmico que se produce al golpear una barra de hierro con un martillo. Explique porque se da tal efecto.

el efecto termico es el calor, cuando se golpea una barra de hierro con un martillo esta se calienta el golpe del martillo hace los atomos del metal se muevan con mayor rapidez

Figura 5-2. Respuesta dada a la pregunta 2 en el pretest (arriba) y postest (abajo).

Ahora bien, el análisis de los resultados del pretest permitieron establecer los propósitos, contenidos y temáticas a abordar en las actividades de cada sesión de la propuesta. La tabla 2 muestra los porcentajes de acierto que tuvieron los estudiantes en cada pregunta del pretest.

72 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

Pregunta	% de estudiantes que acertaron en la respuesta
1	57,2%
2	44,1%
3	44,8%
4	55%
5	29,3%
6	55%
7	8,7%
8	44%
9	28%
10	82,6%
11	35,9%
12	55%
13	50,7%
14	53,04%
15	79,6%

Tabla 2. Porcentaje de estudiantes que acertaron cada pregunta

De la tabla anterior se derivaron las siguientes observaciones:

- Preguntas en las que menos del 25% de los estudiantes acertaron: 7
- Preguntas en las que entre el 25% y 50% de los estudiantes acertaron: 2, 3, 5, 8, 9, 11
- Preguntas en las que entre el 50% y 75% de los estudiantes acertaron: 1, 4, 6, 12, 13 y 14
- Preguntas en las que más del 75% de los estudiantes acertaron: 10 y 15

Con el fin de corroborar si en realidad existe una mejora estadísticamente significativa, se efectúa una comparación de medias entre el pretest y el pos-test. Esto se puede realizar empleando estadísticas paramétricas o no paramétricas. Las primeras (como la t- de Student) son más eficaces para detectar diferencias significativas pequeñas, pero requieren que tanto los puntajes del pretest como los del post-test se distribuyan de

Análisis y Resultados

manera normal (gaussiana). Las segundas (como, por ejemplo el test de comparación de rangos de Wilcoxon) son menos eficaces, pero de aplicación más general.

A continuación se muestran los descriptivos estadísticos respectivos del pretest y postest en las tablas 3 y 4, a partir de los cuales se puede inferir si la distribución de los puntajes se comporta normalmente.

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
NOTA	Media	14,452	,8043
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	12,784
		Límite superior	16,120
	Media recortada al 5%	14,510	
	Mediana	14,400	
	Varianza	14,877	
	Desviación estándar	3,8571	
	Mínimo	6,1	
	Máximo	21,4	
	Rango	15,3	
	Rango intercuartil	5,4	
	Asimetría	-,051	,481
	Curtosis	-,197	,935

Tabla 3. Estadísticos descriptivos del pretest para determinar normalidad

A partir de los valores de los estadísticos descriptivos de media, mediana, asimetría y Curtosis de la tabla, se evalúa el cumplimiento de las tres condiciones que se muestran abajo, para determinar normalidad.

- Media=mediana (sería una distribución Normal)
- Asimetría entre (-0,5 y 0,5 sería una distribución Normal)
- Curtosis entre (-0,5 y 0,5 sería una distribución Normal)

Para esta prueba se cumplen las condiciones por lo cual se concluye que existe una distribución normal en los puntajes del pretest.

**74 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura
Para estudiantes de educación media**

Descriptivos		Estadístico	Error estándar	
NOTA	Media	26,674	,6396	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	25,348	
		Límite superior	28,000	
	Media recortada al 5%	26,919		
	Mediana	27,800		
	Varianza	9,408		
	Desviación estándar	3,0673		
	Mínimo	18,7		
	Máximo	30,0		
	Rango	11,3		
	Rango intercuartil	3,7		
	Asimetría	-1,301	,481	
	Curtosis	1,127	,935	

Tabla 4. Estadísticos descriptivos del postest para determinar normalidad

Para esta prueba las condiciones mencionadas anteriormente no se cumplen, por lo cual los resultados del postest no se distribuyen normalmente.

Las distribuciones de los puntajes en el pretest y el post-test se presentan en las figuras 5.3 y 5.4. Los datos de la figura 5.3 presentan una mediana de 14.4, mientras que en los datos de la figura 5.4 la mediana tiene un valor de 27, dándose así una marcada distribución de los puntajes del postest por encima de la media y mediana del pretest.

Análisis y Resultados

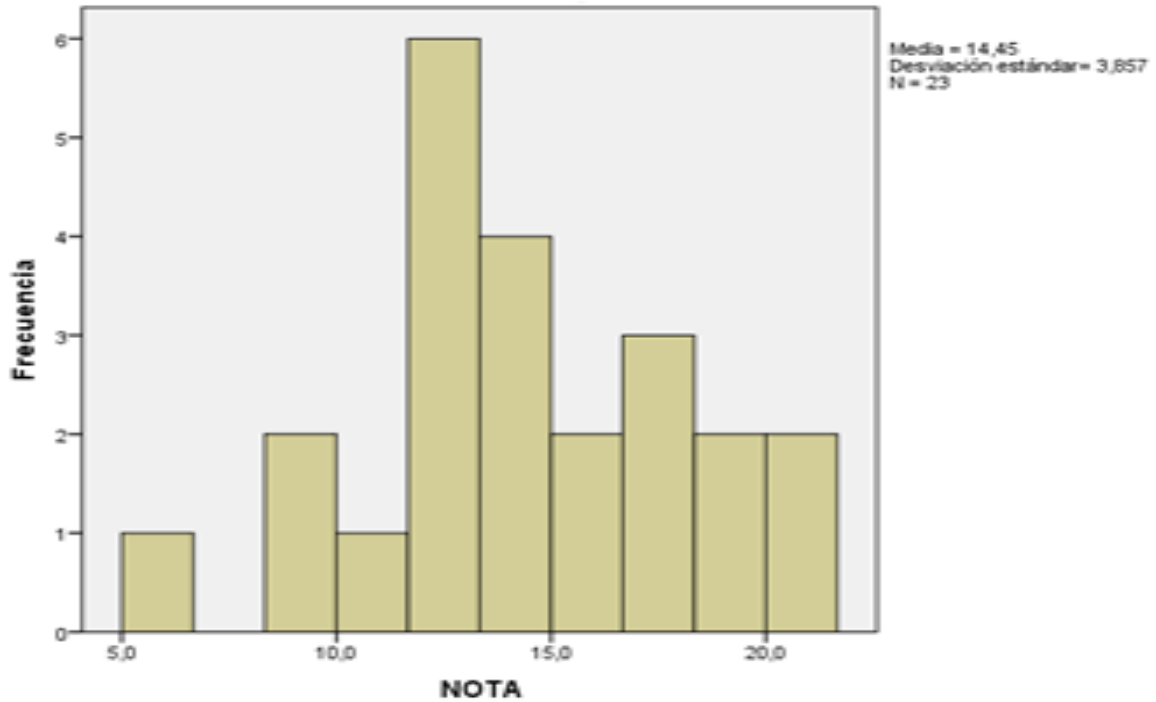


Figura 5-3. Histograma de los puntajes obtenidos en el pretest

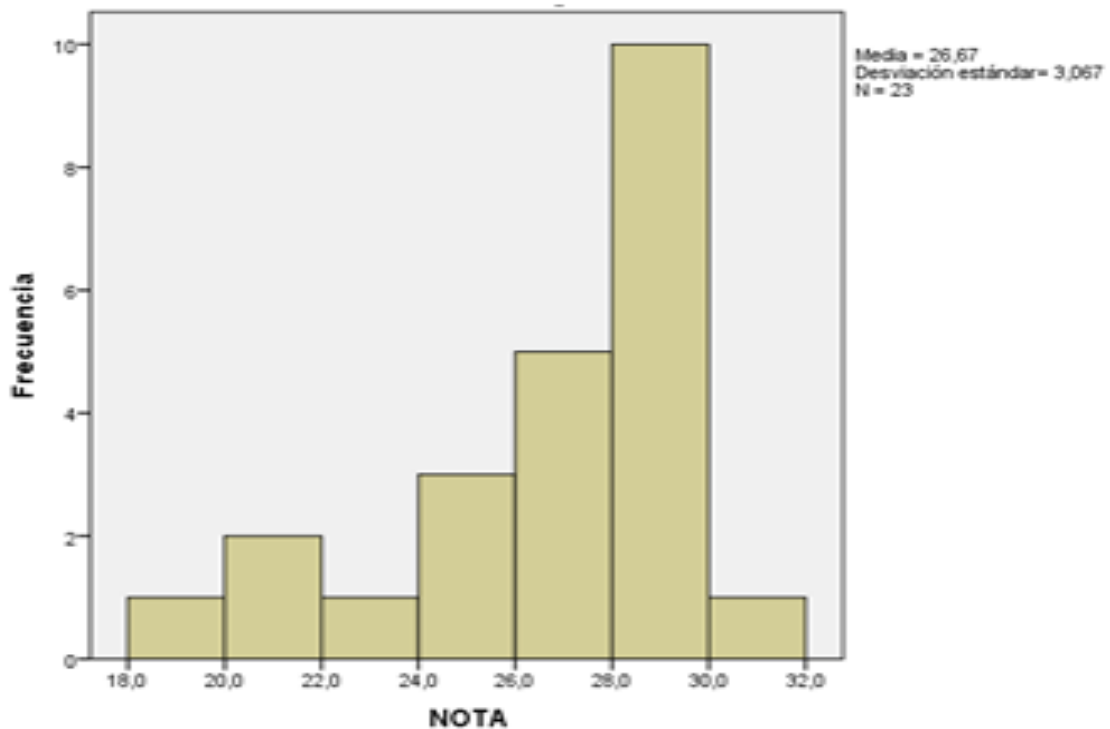


Figura 5-4. Histograma de los puntajes obtenidos en el postest

Lo expresado anteriormente se visualiza mejor en la figura 5.5, donde se muestran los datos del pretest y del postest en torno a sus respectivas líneas de tendencia, se

76 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

evidencia que los puntajes del pretest en comparación con los del postest sí tienen una distribución normal.

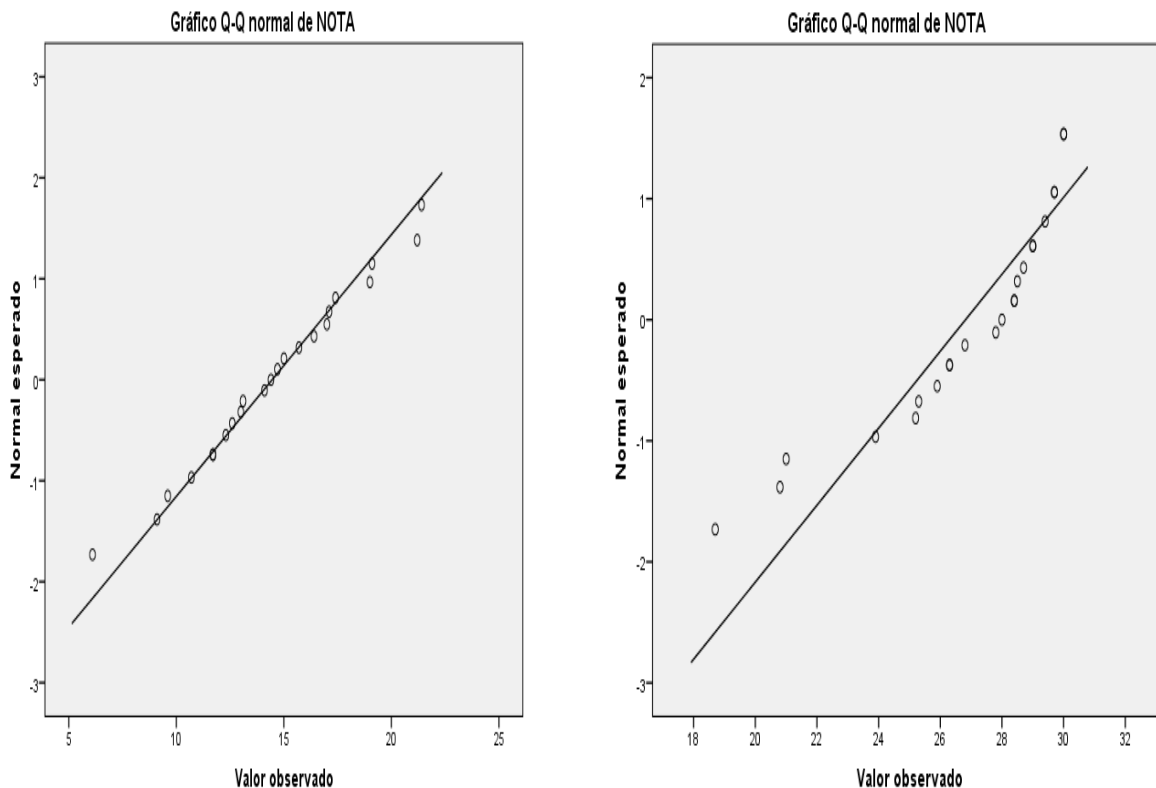


Figura 5-5. Distribución de los datos alrededor de su línea de tendencia. Gráfico de la izquierda para el pretest y gráfico de la derecha para el postest

Para corroborar que los puntajes obtenidos por los estudiantes en el pretest tienen una mejora notable en el postest, se presenta en la figura 5.6 los diagramas de cajas correspondientes a las pruebas. Se observa que el mínimo, máximo y la mediana del pretest se incrementan de forma considerable en el postest. Así, el mínimo aumenta aproximadamente en 12 puntos, el máximo, en 9 y la mediana, en 13. Estos valores sugieren que hay una mejora estadísticamente significativa en el desempeño de los estudiantes.

Análisis y Resultados

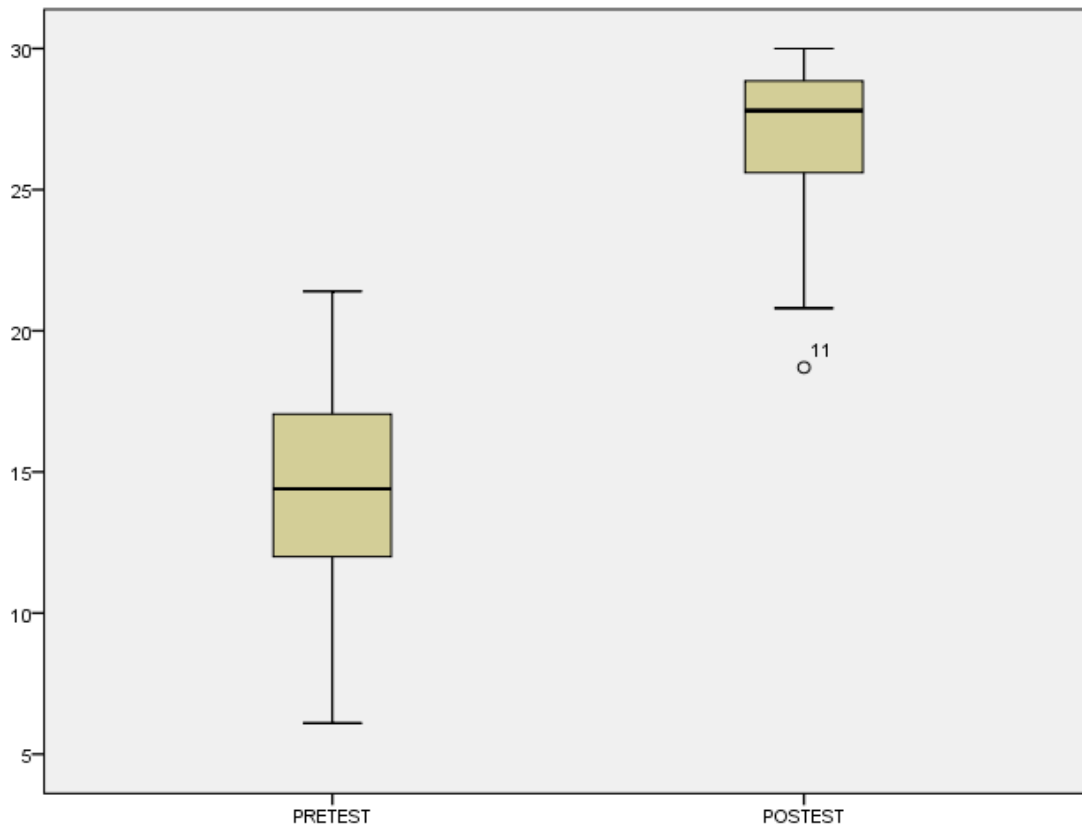


Figura 5-6. Diagramas de cajas para el pretest y postest

Para determinar con certeza si las distribuciones son normales se utiliza la prueba Shapiro-Wilk, debido a que el número de datos es menor a 50. Esta prueba se basa en el cumplimiento de la Hipótesis nula (muestra de datos proviene de una población normalmente distribuida), o de la Hipótesis alterna (muestra de datos No proviene de una población normalmente distribuida). La primera se acepta cuando el p-valor obtenido es mayor al nivel de significancia α ($\alpha = 5\% = 0,05$). En caso contrario se acepta la hipótesis alterna. En las tablas 5 y 6 se muestran, respectivamente, los resultados de la aplicación de la prueba de Shapiro Wilk al pretest y postest.

**78 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura
Para estudiantes de educación media**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NOTA	,072	23	,200*	,987	23	,985

⇒ p-valor

Tabla 5. Resultados de la prueba de Shapiro Wilk al pretest

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NOTA	,165	23	,105	,860	23	,004

⇒ p-valor

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 6. Resultados de la prueba de Shapiro Wilk al postest

Al observar los p-valor obtenidos en las tablas, se puede inferir una certeza del 95% que el pretest es normal, pero el postest no lo es.

Debido al resultado anterior, no podemos aplicar pruebas paramétricas como la distribución t de Student para definir si hay diferencia significativa entre los desempeños de los estudiantes en el pretest y el postest, por lo que usamos la prueba de Wilcoxon. La prueba de los rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica empleada para comparar la mediana de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas. Nos permite determinar que la diferencia no se deba al azar, sino que la diferencia es estadísticamente significativa.

Esta prueba implica el cumplimiento de una de dos hipótesis: Hipótesis nula (hipótesis de Igualdad, Homogeneidad), o Hipótesis alterna (hipótesis de Diferencia). La toma de decisión se da así: si el $p\text{-valor} < 0,05$, entonces rechazamos la hipótesis nula nos

Análisis y Resultados

quedamos con la hipótesis de Diferencia. En la tabla 7 se presentan los estadísticos de la prueba de Wilcoxon. Como se observa, el p-valor obtenido es menor a 0,05, lo cual implica que existen diferencias significativas entre las notas del pretest y las notas del postest. Este incremento significativo en los puntajes permite afirmar que los estudiantes sin duda alguna mejoraron su desempeño en la prueba con la aplicación de la secuencia didáctica propuesta.

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
POSTEST - PRETEST	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
	Rangos positivos	23 ^b	12,00	276,00
	Empates	0 ^c		
	Total	23		

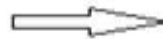
a. POSTEST < PRETEST

b. POSTEST > PRETEST

c. POSTEST = PRETEST

Estadísticos de prueba^a

	POSTEST - PRETEST
Z	-4,198 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000



p-valor

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Tabla 7. Estadísticos de la prueba de Wilcoxon

6. Conclusiones

Este trabajo trata del diseño e implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura a estudiantes de educación media. Tanto el diseño como la implementación se realizaron teniendo como eje principal la participación de los estudiantes en el proceso de construcción de su propio conocimiento a través de experiencias de aprendizaje activo que les permitieran confrontar sus ideas previas relacionadas con los conceptos de calor y temperatura. Los conceptos de calor y temperatura y otros que se les relacionan se abordan primero de forma cualitativa mediante el planteamiento de situaciones cotidianas. La propuesta se desarrolló por medio de clases magistrales y demostrativas por parte del docente, pero principalmente mediante el espacio didáctico de aprendizaje activo por parte de los estudiantes. En la realización de algunas actividades se requirió el trabajo grupal, para lo cual se conformaron grupos de tres estudiantes. El trabajo colaborativo entre estudiantes favoreció la exposición y discusión de puntos de vista entre ellos, dándose de esta manera tanto un incremento de su motivación y curiosidad como el fortalecimiento de su capacidad argumentativa.

Las temáticas abordadas en la propuesta didáctica fueron: sensaciones térmicas, equilibrio térmico, temperatura y calor, transmisión de calor y conductividad térmica, relación entre el calor y los cambios de estado, producción de calor, efecto invernadero y contaminación térmica y resolución de problemas de carácter matemático que involucran los conceptos de calor y temperatura. La propuesta se aplicó en el grado décimo del Nuevo Instituto San Miguel a 23 estudiantes con edades que oscilan entre los 15 y 18 años. Los estudiantes manifestaron durante y al final de la realización de las actividades de aprendizaje activo asombro e interés por la forma de abordar los temas, lejos de la clase tradicional de tablero. Además, expresaron que los experimentos extra-clase terminaron siendo para ellos tanto llamativos como aclaratorios de las ideas propias formadas respecto de un fenómeno en particular. Asimismo, la propuesta didáctica generó un tipo de relación nueva entre docente y estudiante, respecto de lo que habitualmente es, ya que la participación de los estudiantes resultó ser más relevante que

la del docente en la construcción del conocimiento. Además, los estudiantes pudieron desarrollar habilidades experimentales que antes no habían tenido ocasión de mostrar, dado el modelo tradicional de enseñanza imperante en las aulas.

El desarrollo de problemas matemáticos como estrategia educativa, solo se tuvo en cuenta en la última sesión de implementación de la estrategia, ya que lo que la propuesta didáctica buscaba era que los estudiantes logaran por si mismos (a través del aprendizaje activo y la guía del docente) tener una claridad conceptual sobre los conceptos de calor y temperatura y otros conceptos que se les relacionan.

Para medir el impacto que la propuesta didáctica tuvo en los estudiantes, se aplicó una misma prueba antes y después de la implementación de la propuesta. La prueba consta de 15 preguntas abiertas. El análisis estadístico de los resultados del pretest y el postest permite corroborar que los puntajes obtenidos por los estudiantes en el pretest tienen una mejora notable en el postest. Al revisar las distribuciones de los puntajes antes y después de la implementación de la propuesta, se observó que se da una marcada distribución de los puntajes del postest por encima de la media y mediana del pretest. En cuanto a los diagramas de cajas correspondientes de las pruebas, se observa que el mínimo, máximo y la mediana del pretest se incrementan de forma considerable en el postest. Así, el mínimo aumenta aproximadamente en 12 puntos, el máximo en 9 y la mediana en 13. El máximo puntaje que se podía obtener era de 30 puntos. El análisis estadístico realizado con la prueba de comparación de rangos de Wilcoxon, muestra una mejora estadísticamente significativa en el desempeño de los estudiantes.

Los resultados positivos de la aplicación de la propuesta la respaldan, y por tanto espero que esta propuesta didáctica contribuya a lograr una mejor comprensión de los conceptos de calor y temperatura, y que otros docentes de física la puedan tomar como una estrategia para hacer de la enseñanza de estos conceptos una experiencia más agradable y provechosa académicamente.

A. Anexo: Primera Sesión: Sensaciones térmicas

Manual de la práctica

Los primeros conceptos que formamos sobre la estructura, comportamiento y fenómenos del mundo natural se elaboran a partir de sensaciones que, por medio de los sentidos, percibimos del entorno. Tales sensaciones proveen la información con la cual construimos nuestras hipótesis y definiciones sobre sucesos naturales. Un ejemplo de lo expuesto es el proceso de formación de los conceptos de calor y temperatura, que se lleva a cabo con base en las sensaciones térmicas experimentadas a través del tacto.

La práctica que se plantea realizar consta de tres actividades: dos actividades de aprendizaje activo y una actividad demostrativa por parte del profesor.

Objetivo general:

Favorecer que los estudiantes se den cuenta de que las sensaciones térmicas percibidas a través del tacto no son fiables como fuente de información para definir el estado térmico de un cuerpo con precisión, y que por tanto, es indispensable contar con un instrumento de medición preciso.

Objetivos específicos:

- Inducir a los estudiantes a que se cuestionen sobre las ideas previas que poseen sobre temperatura y transferencia del calor.
- Propiciar que los estudiantes se percaten de que los términos “caliente” y “frio” no son absolutos, sino relativos a quien los experimenta.
- Propiciar que los estudiantes caigan en cuenta de que el hecho de tener sensaciones térmicas distintas de un cuerpo o sustancia no implica que tal cuerpo o sustancia tiene más de una temperatura.
- Favorecer que los estudiantes se den cuenta de que distintas sustancias pueden poseer igual temperatura, aunque las sensaciones térmicas percibidas de las mismas sean diferentes.

Actividad 1

1. Temperatura de una sustancia y las sensaciones térmicas de la misma

1.1 Descripción

Materiales

- Tres recipientes con similar cantidad de agua a diferentes temperaturas.
- 1 termómetro



A continuación se plantea y describe un experimento sencillo sobre sensaciones térmicas. Sobre una mesa se encuentran los tres recipientes dispuestos en fila, de tal manera que, el recipiente del lado izquierdo tiene agua “fría”, el del centro agua “tibia” y un termómetro, y el recipiente del lado derecho agua “caliente”. Se introduce de forma simultánea la mano izquierda en el recipiente de agua “fría” y la mano derecha en el de agua “caliente”.



Imagen tomada de:
<http://fadelcia.blogspot.com.co/2015/04/sensacion-termica.html>

1.2 Predicciones Individuales y grupales

¿Qué sensación experimentará la mano izquierda, si pasados 15 segundos de tenerla en el recipiente de agua “fría” se lleva al recipiente del centro?

¿Qué sensación experimentará la mano derecha si pasados 15 segundos de tenerla en el recipiente de agua “caliente” se lleva al recipiente del centro?

1.3 Descripción y Registro de resultados

¿Qué sensación experimentó la mano izquierda, si pasados 15 segundos de tenerla en el recipiente de agua “fría” se lleva al recipiente del centro?

¿Qué sensación experimentó la mano derecha si pasados 20 segundos de tenerla en el recipiente de agua “caliente” se lleva al recipiente del centro?

¿Por qué en el recipiente del centro solo se mide un valor de temperatura, mientras se tiene dos sensaciones térmicas?

Actividad 2

2. Los materiales y sus sensaciones térmicas

2.1 Descripción

Materiales

- 1 objeto plástico
- 1 objeto de metal
- 1 objeto de madera

84 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

- 1 termómetro



Sobre una mesa se hallan dispuestos tres objetos: uno de plástico, uno de hierro y uno de madera, además de un termómetro. Se toma de a dos objetos, uno en cada mano y, se llevan respectivamente a cada lado de la cara para tocar las mejillas.



2.2 Predicciones Individuales y grupales

¿Qué sensación experimentará cada mejilla al tener contacto con los objetos de metal y madera?

¿Qué sensación experimentará cada mejilla al tener contacto con los objetos de metal y plástico?

¿Qué sensación experimentará cada mejilla al tener contacto con los objetos de plástico y madera?

2.3 Descripción y Registro de resultados

¿Qué sensación experimentó cada mejilla al tener contacto con los objetos de metal y madera?

¿Qué sensación experimentó cada mejilla al tener contacto con los objetos de metal y plástico?

¿Qué sensación experimentó cada mejilla al tener contacto con los objetos de plástico y madera?

¿Cómo explica que los objetos estén a la misma temperatura, a pesar de que se tienen distintas sensaciones térmicas de los mismos?

3. Práctica demostrativa “Sensaciones térmicas de una corriente de aire”

3.1 Descripción

Materiales

- 1 secador
- Termómetro



Se les pide a los estudiantes que expresen verbalmente qué sucederá si se descarga con el secador una corriente de aire templado sobre las palmas de las manos, estando una de ellas mojada. Luego de escuchar varias predicciones, se solicita que pasen 3 voluntarios para efectuar el experimento, pidiéndoles que en tono alto manifiesten lo que sienten para que todo el grupo se entere.

Finalmente el docente realiza una retroalimentación y explica lo sucedido.

B. Anexo: Segunda Sesión “Presentación de los conceptos de temperatura, equilibrio térmico y calor”

Objetivo:

Facilitar que los estudiantes asimilen los conceptos de temperatura, equilibrio térmico y calor, a partir de la comprensión de otros conceptos que se les relaciona y de actividades experimentales.

Procedimiento

Siguiendo una secuencia de presentación, aclaración e interrelación de conceptos, el docente les da a los estudiantes definiciones que les permiten construir mejor los conceptos de temperatura, equilibrio térmico y calor. La secuencia de los conceptos a abordar es la siguiente:

- Modelo cinético molecular y estados de la materia
- Energía térmica
- Temperatura
- Temperatura y los cambios de estado de la materia
- Expansión térmica y Termómetros
- Escalas de temperatura
- Temperatura de ignición
- Calor y Transferencia de energía térmica

Actividades:

1. Como estrategia para comprender mejor la relación del movimiento de las moléculas con los estados de la materia y la temperatura, se utiliza una cajita con canicas, como se muestra en la figura,



El docente, mediante el movimiento de la cajita a distintos ritmos, les muestra a los estudiantes cómo sería el comportamiento de las moléculas de una sustancia en los distintos estados.

2. Para que los estudiantes asimilen cómo funcionan los termómetros con base en la expansión térmica, toman medidas de temperatura a diferentes sustancias bajo la guía del docente.
3. El docente, con ayuda de un estudiante realiza una demostración de cómo la masa por unidad de volumen de una sustancia es determinante para que esta alcance una temperatura específica (como la de ignición), debido a la transferencia de energía en forma de calor a dicha sustancia. En la imagen siguiente se muestran los materiales que se requieren para esta actividad: encendedor, viruta, esponjilla y aguja de acero.



C. Anexo: Tercera Sesión “Transmisión del calor”

Manual de la práctica

El calor constituye una forma de energía muy importante, tanto en algunos procesos naturales como en la realización de muchas actividades humanas, que nos permiten asegurar determinados niveles de bienestar. Dentro de estas actividades, la industrial es una de las que más se beneficia, gracias a los diversos usos que tiene este tipo de energía. Ahora bien, la gran gama de uso que tiene el calor se debe a las múltiples fuentes de calor que existen: el Sol, la combustión, las reacciones nucleares, etc. Además el calor actúa como una forma intermedia de energía.

El presente taller experimental pretende que los estudiantes observen algunas de las formas de transferencia de calor que existen, además de favorecer que ellos logren la comprensión de la relación que hay entre las temperaturas, masas y particular composición de las sustancias entre las cuales tiene lugar la transmisión de calor.

El taller consta de dos prácticas de aprendizaje activo y de una actividad demostrativa por parte del profesor, esta última como complemento a lo observado en las dos primeras experiencias.

Objetivo general:

Posibilitar que los estudiantes conozcan y comprendan las formas de transmisión de calor que existen.

Objetivos específicos:

- Propiciar que los estudiantes se den cuenta de la relación entre las temperaturas de los cuerpos y la posibilidad de transmisión de calor entre ellos.
- Propiciar que los estudiantes establezcan por sí mismos una relación entre las capacidades caloríficas y la cantidad de calor transmitido entre ellos.
- Favorecer que los estudiantes se den cuenta de que distintas sustancias transmiten de forma diferente el calor.

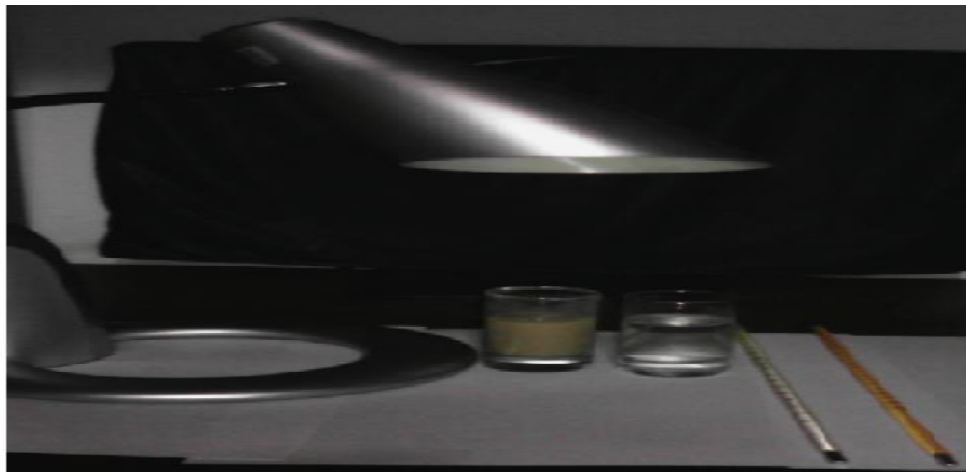
Actividad 1

4. Demostración sobre la radiación

4.1 Descripción del experimento

Materiales

- 1 vaso con agua
- 1 vaso con suspensión de agua y arcilla
- 1 lámpara con bombilla incandescente
- 2 termómetros



Al comienzo de la clase se coloca un termómetro en cada vaso y se toma nota de las temperaturas medidas. Luego se ubica la lámpara encendida, de tal manera que le llegue la luz por igual a cada vaso. Faltando poco tiempo para acabar la clase, se revisan las temperaturas marcadas por los termómetros.

El docente les explica a los estudiantes las razones de lo sucedido.

Actividad 2

5. La gota de tinta china y el agua

5.1 Descripción del experimento

Materiales

- 1 vaso
- 1 frasco
- Tinta china
- gotero



En un frasco que contiene agua fría hasta la mitad de su altura, se deja caer una gota de tinta china. Luego se coloca el frasco sobre un recipiente que contiene agua caliente.

5.2 Predicciones Individuales y grupales

¿Qué sucederá con la gota de tinta china al colocar el frasco de agua fría sobre el recipiente de agua caliente?

5.3 Descripción y Registro de resultados

90 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

¿Qué sucedió con la gota de tinta china al colocar el frasco de agua fría sobre el recipiente de agua caliente?

Describe el movimiento realizado por la gota de tinta, y explique por qué se da este tipo de movimiento.

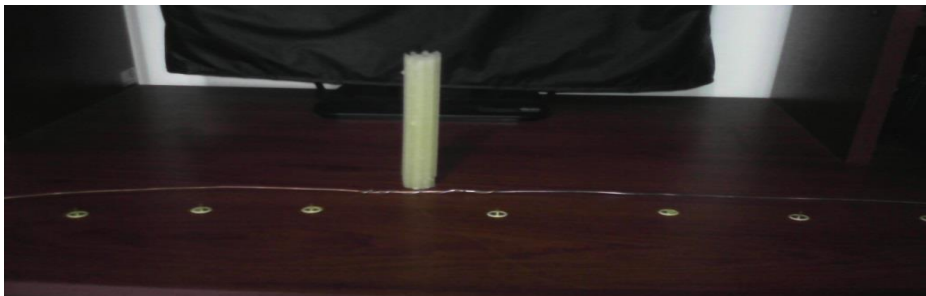
Actividad 3

6. La conducción en distintos materiales

6.1 Descripción del experimento

Materiales

- 30cm de alambre de hierro
- 30cm de alambre de cobre
- 1 vela
- 8 chinchas



Sobre cada alambre se han fijado 4 chinchas con cera, quedando espaciados 5cm entre sí. Entre los alambres forman una trenza de 10cm. Comparativamente, los chinchas de cada alambre se hallan a igual distancia del centro de la trenza.

6.2 Predicciones Individuales y grupales

¿De cuál alambre se caerán primero los chinchas al colocar la flama de la vela en el centro de la trenza?

6.3 Descripción y Registro de resultados

¿De cuál alambre se cayeron primero los chinchas cuando se colocó la flama de la vela en el centro de la trenza?

Según lo observado, ¿cuál de los alambres es mejor conductor?

D. Anexo: Cuarta Sesión

Presentación de los conceptos de Conductividad térmica, Calor específico, relación entre el calor y los cambios de estado, expresión matemática para hallar el calor transferido a una sustancia.

Objetivo:

Facilitar que los estudiantes asimilen los conceptos de Conductividad térmica y Calor específico, y los puedan relacionar correctamente con la transferencia de calor y los cambios de estado.

Procedimiento

Primero los estudiantes realizan una actividad de experimentación. Luego el docente realiza una demostración, y finalmente les expone a los estudiantes conceptos relacionados con la transferencia de calor y su relación con la materia.

Actividades:

1. Los estudiantes se quitan los zapatos y las medias. Enseguida colocan un pie en un tapete y el otro sobre una hoja de papel aluminio que se haya al lado del tapete. Luego, entre estudiantes y docente comparten y discuten sus observaciones, para finalmente elaborar conclusiones sobre lo sucedido.
2. El docente, en colaboración con un estudiante, realiza una demostración para los demás estudiantes sobre cómo se puede impedir que un material llegue a su punto de ignición interponiendo una malla metálica entre la fuente de calor y el material.

Materiales:

- tira de papel
- coladera metálica
- encendedor



Al final de la demostración el docente explica a los estudiantes porque se da lo observado.

3. El docente expone a los estudiantes los conceptos de

92 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura Para estudiantes de educación media

- Conductividad térmica,
- Calor específico,
- Calor transferido a una sustancia y su cálculo matemático y
- El calor y los cambios de estado.

La conductividad térmica se explica como la relación entre cantidad de calor transferido y su velocidad de transferencia a través de un material. Los materiales con alta conductividad térmica se usan en aplicaciones de disipación térmica y los materiales con baja conductividad térmica como aislante térmico. La conductividad térmica de los materiales depende de la temperatura.

El calor específico o capacidad calorífica específica se le explica a los estudiantes como una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad. El valor del calor específico depende del valor de la temperatura inicial.

La transferencia de calor se explica cómo el proceso de propagación del calor en distintos medios, que tiene lugar si hay diferencia de temperatura entre los medios o sustancias en entre los que se da la transferencia de calor. La transferencia de calor se produce en mayor proporción en los materiales con alta conductividad térmica con respecto a aquellos con baja conductividad térmica.

La relación entre el calor y cambio de estado se explica, aclarando a los estudiantes que sólo una sustancia cambia de estado, si se le suministra a una determinada presión, la cantidad de calor necesario por unidad de masa, que permita vencer en cierto grado las fuerzas intermoleculares para que la sustancia pase de un estado a otro. Cada sustancia requiere a una determinada presión un valor específico de calor para poder cambiar de estado.

E. Anexo: Quinta Sesión “Producción de calor”

Manual de la práctica

Ocasionalmente las personas realizan actividades como martillar, lijar, taladrar, o también deformar un material manualmente. El desarrollo de cualquiera de las actividades mencionadas implica realizar trabajo; en el sentido que éste concepto tiene para la termodinámica, esto es: el calor como una transformación de la energía mecánica.

Una consecuencia perceptible del desarrollo de estas actividades es la transferencia de energía en forma de calor.

El presente taller experimental pretende que los estudiantes observen algunas de las formas usuales de producción de calor que existen, además de favorecer que ellos logren la comprensión de la relación que hay entre la flexión de un material, el rozamiento entre superficies y el efecto de compresión de un gas con el cambio de temperatura de las sustancias o cuerpos. La práctica que se plantea realizar consta de tres actividades de aprendizaje activo.

Objetivo general:

Posibilitar que los estudiantes se den cuenta de que situaciones como la flexión mecánica de un material, el rozamiento entre superficies y la compresión del aire pueden generar calor.

Objetivos específicos:

- Propiciar que los estudiantes comprendan la relación existente entre la deformación de un material y su cambio de temperatura.
- Favorecer que los estudiantes comprendan la relación existente entre el rozamiento de superficies con el cambio de temperatura de las mismas.
- Propiciar en los estudiantes el entendimiento de cómo la compresión de un gas contribuye al cambio de temperatura de la superficie en contacto con dicho gas.

Actividad 1

7. Dobla que dobla el alambre

7.1 Descripción del experimento

Materiales

- 1 alambre de cobre
- 1 multímetro con termocupla



Se mide la temperatura del alambre. Luego se flexiona el alambre en torno a un punto cualquiera varias veces, hasta que se rompa. Finalmente, con la termocupla conectada al multímetro, se mide la temperatura de uno de los extremos por donde se produce la ruptura del alambre.

7.2 Predicciones Individuales y grupales

¿Qué sucederá con la temperatura en cercanías al punto de ruptura del alambre?

7.3 Descripción y Registro de resultados

¿Qué sucedió con la temperatura en cercanías al punto de ruptura del alambre?

¿Por qué se dio un cambio de temperatura en cercanías al punto de ruptura del alambre?

¿Cómo afecta a las moléculas del alambre la flexión mecánica del mismo?

Actividad 2

8. Bombear y bombear

8.1 Descripción del experimento

Materiales

- 1 Bomba de inflar para bicicleta
- 1 Multímetro con termocupla
- Cronómetro



Se toma la temperatura de la varilla de la bomba. Luego, por un intervalo de un minuto, se bombea de forma vigorosa, teniendo siempre la precaución de que la varilla ingrese y salga completamente del cilindro. Finalmente se toma de nuevo la temperatura de la varilla.

8.2 Predicciones individuales y grupales

¿Qué sucederá con la temperatura de la varilla al terminar la operación con la bomba?

8.3 Descripción y Registro de resultados

¿Qué sucedió con la temperatura de la varilla al terminar la operación con la bomba?

¿Qué ocasionó el cambio de temperatura de la varilla?

Actividad 3

9. La aguja de la jeringa y el motor

9.1 Descripción del experimento

Materiales

- 1 jeringa de 5cm
- 1 Multímetro con termocupla
- Agua
- 1 motor de 9V
- 1 pila de 9V



Se mide la temperatura del agua y se llena la jeringa con la misma. Luego, teniendo el motor en funcionamiento, se coloca la jeringa en forma horizontal, de tal manera que la aguja quede rozando con el engranaje que está sobre el eje del motor. Esta operación se realiza por dos minutos. Finalmente se mide la temperatura del agua que está dentro de la jeringa.

9.2 Predicciones individuales

¿Qué sucederá con la temperatura del agua que está dentro de la jeringa?

9.3 Predicciones grupales (4 estudiantes)

¿Qué sucederá con la temperatura del agua que está dentro de la jeringa?

9.4 Descripción y Registro de resultados

¿Qué sucedió con la temperatura del agua que está dentro de la jeringa?

¿A qué razones atribuye el cambio de la temperatura del agua dentro de la jeringa?

F. Anexo: Test de entrada/salida

NUEVO INSTITUTO SAN MIGUEL

PRUEBA DE ENTRADA

Fecha: 10-2-16

Nombre del estudiante: _____

1. Es común que cuando tenemos frío nos frotemos las manos. Describa el efecto que produce esta acción y explique la razón por la cual se da tal efecto.
2. Describa el efecto térmico que se produce al golpear una barra de hierro con un martillo. Explique por qué se da tal efecto.
3. ¿Qué significa el término “caloría”? Describa tres situaciones en las que ha escuchado mencionar dicho término.
4. Suponga que en un primer caso derrama el agua de una cuchara pequeña sobre una de sus manos. Pasado un tiempo vuelve a derramar agua sobre la misma mano pero de una cuchara grande (sopera). En ambas ocasiones el agua presenta una temperatura de cien grados centígrados (100°C). Describa el efecto que sucede en cada caso y explique la (s) razón (es) por la cuales se da el mismo.

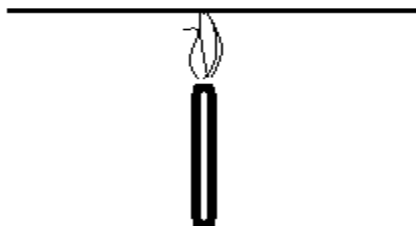
98 Propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura
Para estudiantes de educación media

5. Bajo la acción de la llama de una vela, se colocan por un mismo período de tiempo, primero un trozo de vidrio, luego un alambre de hierro y finalmente un cubo de hielo. Las tres sustancias tienen la misma masa. ¿Cuál de las sustancias se calienta más rápido y, cuál más lento?. Justifique su respuesta.

6. Bajo la acción de una misma llama. ¿Qué hierve más rápido? ¿200g de agua o 500g de agua? Justifique su respuesta.

7. Cuando se dice que una cantidad es linealmente dependiente respecto a otra. ¿Qué es lo que se quiere dar a entender? Cite tres ejemplos en los cuales se presenta dicha condición.

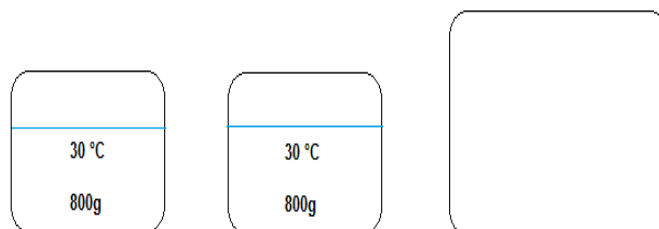
8. Si colocas un alambre delgado sobre la llama de una vela, como muestra la figura. ¿Qué crees que sucede con el alambre al cabo de un tiempo? Justifique su respuesta.



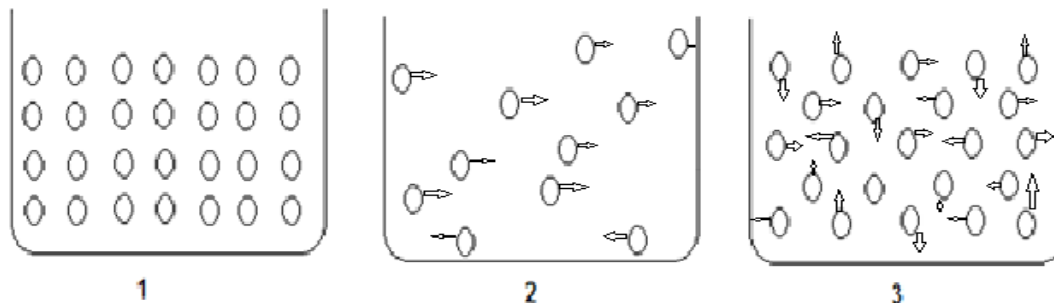
9. Volviendo a la situación del problema anterior, ¿cómo relacionas el efecto producido por la llama sobre el alambre con la disposición de los átomos y su comportamiento?

10. ¿Qué cantidad física se mide con un termómetro?

11. Se tienen dos recipientes con la misma cantidad de agua e igual temperatura. Además de eso, hay un tercer recipiente más grande vacío, como se muestra en la figura. Si los primeros se vacían en el tercero ¿Cómo será la temperatura del agua en este último? Justifique su respuesta.



12. Se muestran tres recipientes con la misma sustancia, pero en distinto estado. Los círculos representan las moléculas que constituyen la sustancia.



Especifique que recipiente contiene la sustancia en estado gaseoso, líquido y sólido respectivamente. Justifique la clasificación realizada.

13. Con base en la pregunta anterior. ¿Qué comportamiento adoptan las moléculas de la sustancia del recipiente (3) si se coloca sobre una llama, o si se coloca en un refrigerador? Justifique sus respuestas.

Bibliografía

Arora, C. (2001). *Thermodynamics*. Tata McGraw-Hill. (p. 43).

Ausubel D. (1978). *Psicología educativa*. Un punto de vista cognoscitivo. México: Editorial Trillas.

Barandiaran, J. (1988). *El modelo de enseñanza/aprendizaje de las ciencias en la reforma de las Enseñanzas Medias*. Enseñanza de las ciencias, 4 (3) (p. 209-222).

Bellmann, R. *Método y metodología para el conocimiento científico*. Observaciones Sobre el concepto/ Bellmann, R, H. Leitko Berlín, 1969.

Camelo, F. (2008). Una revisión histórica del concepto de calor: algunas implicaciones para su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis* (23), (p. 67-77).

Campanario J. M., 2004. Algunas posibilidades del artículo de investigación como recurso didáctico orientado a cuestionar ideas inadecuadas sobre la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 22 (3), (p. 365-378).

Cengel, Yunus A. & Michael A. Boles (2006). *Termodinámica*. México D.F: McGraw Hill.

C. Van den Broeck (2013), *Stochastic thermodynamics: A brief introduction* Hasselt University, B-3590 Diepenbeek, Belgium DOI 10.3254/978-1-61499-278-3-155.

Chang, H. (2004). *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*. Oxford University Press.

Driver, R. (1988). *Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias*. Enseñanza de las ciencias, 4 (1), (p. 3-15).

Hopkins, J., Maton, A., Lahart, D. (1994). *Energía Calorífica*. New Jersey: Prentice Hall Science.

García, L. (1997). *De la máquina de vapor al cero absoluto (calor y entropía)*. México: Fondo de Cultura Económica.

Pérez, D. G. (1986). *La metodología científica y la enseñanza de las ciencias*. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las ciencias* 4 (2), (p. 111-121).

Grolier, (1985). *Enciclopedia de las Ciencias*. Ciencia físicas II. Tomo 5. Ed.

Hodson, D. (1985). *Philosophy of science, science and science education*. *Studies in science education*, 12, (p. 25-57).

Huber, G. (2008). *Aprendizaje activo y metodologías educativas*. *Revista de Educación*, número extraordinario, (p. 59-81).

Ibañez, J., Rodríguez, E., Zamarro, J. (1989). *Física Curso De Orientación Universitaria*. Universidad de Murcia. (p. 267).

Iturriaga, L. (2013). *Los errores conceptuales y las ideas previas del alumnado de ciencias en el ámbito de la enseñanza de la biología celular*. *Propuestas alternativas para el cambio conceptual*. Universidad del País Vasco.

Lynds, B. (2006). *About Temperature*. Traducción por Riverol C.

Marías, Julián (2001). *Historia de la filosofía*. Madrid: Alianza Editorial.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. *Estándares de ciencias naturales*. Bogotá. Colombia. 2004.

Novak J. (1988). *Constructivismo humano: un consenso emergente*. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (3), (p. 213-223).

Ortega, M.R. e Ibañez J.A., *Lecciones de física: Terminología I* (Diego Marín, Murcia, 2003)

Rius de Riepen, M. y Castro, C. (1995). *Calor y movimiento*. México: Fondo de Cultura Económica.

Schibeci, R. (1986). *Images of science and scientists and science education*. Science education, 70 (2) (p. 139.149).

Soca Ricardo (2002) *La fascinante historia de las palabras*. Recuperado marzo de 2016 en: <http://elcastellano.org/>.

Taton, R. (1972). *Historia general de las ciencias*, vol. II. Barcelona: Ediciones Destino.

Tippens, P. (2007). *Física Conceptos y aplicaciones*. México: McGraw Hill.

Tipler, P. (1987). *Física Preuniversitaria*. México: Reverte S.A.

Toulmin, S. (1977). *El uso colectivo y evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial.

Yung, Hugh y Freedman, Roger. *Física universitaria volumen 1*. Decimo segunda edición. Pearson Education. México.2009.