

El uso del aprendizaje cooperativo para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura a nivel medio superior



H. J. Díaz Jiménez^{1,2,3}, M. A. Martínez Negrete³, A. López Ortega⁴

¹Plantel José Ma. Morelos y Pavón, Instituto de Educación Media Superior del D.F., C.P. 13270 Ciudad de México, México.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada-Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional, Legaria #694. ColIrrigación, C. P. 11500, Ciudad de México, México.

³Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México C.P. 04510 Ciudad de México, México.

⁴Departamento de Física, Escuela Superior de Física y Matemáticas. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Edificio 9, C.P. 07738, Ciudad de México, México.

E-mail: hjdiazjimenez@gmail.com

(Recibido el 28 de Noviembre de 2015; aceptado el 16 de Marzo de 2016)

Resumen

Este trabajo describe cómo fueron implementadas algunas estrategias cooperativas a estudiantes de bachillerato en el curso de Física I durante el primer semestre en el Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal (IEMS-DF), obteniendo resultados satisfactorios en los procesos de enseñanza y aprendizaje sobre los conceptos de calor y temperatura -ambos contenidos del curso de Física I basado en un esquema de aprendizaje de transmisión-recepción- en comparación con la enseñanza tradicional.

Se consideraron aspectos históricos y epistemológicos de la ciencia para la implementación de este trabajo en la clase, así como estrategias de aprendizaje activo como son: discusiones entre pares, experimentos dentro y fuera de los espacios académicos, además de investigaciones dirigidas. Para el análisis de los resultados de la metodología implementada, una parte del cuestionario Moreira-Axt fue aplicada a los estudiantes para evaluar los temas de calor y temperatura, conformando un análisis integral de distintos aspectos del proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Palabras clave: Termodinámica, epistemología, aprendizaje significativo, constructivismo.

Abstract

This work describes how cooperative learning strategies were applied to high school students of the Physics I course during the first semester at the Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal (IEMS-DF), obtaining satisfactory results on heat and temperature conceptualization teaching-learning process -both contents of the Physics I course based on transmission-reception learning scheme- in comparison to traditional teaching.

Historical and epistemological aspects of science were considered for this class work implementation, as well as active learning strategies, such as: peer discussion, experiments in and out academic areas, as well as guided research. For the analysis of the results obtained with the implemented methodology, a section of the Moreira-Axt test was applied to the students to evaluate heat and temperature topics, conforming an integral analysis of the different aspects of the students' learning process.

Keywords: Thermodynamics, epistemology, meaningful learning, constructivism.

PACS: 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.40.gf

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad mostrar una serie de estrategias didácticas basadas en el aprendizaje cooperativo que fueron diseñadas para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura, los cuales están contenidos en la materia de Física I del Instituto de Educación Media Superior del

Distrito Federal (IEMS-DF) obteniendo resultados satisfactorios.

El modelo del IEMS (que busca para los estudiantes una formación crítica, científica y humanista) contempla cuatro elementos que constituyen la formación científica: actitud científica, cultura científica general, conocimiento sólido de algunas ciencias particulares y capacitación para la investigación científica [1].

En la elaboración e implementación de la propuesta fueron consideradas las necesidades educativas particulares de los estudiantes, a los cuales se dirigen dichas estrategias, tomando como base la concepción teórica y metodológica del aprendizaje cooperativo.

La metodología implementada le permitió al educando ser un participante activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, logrando construir el conocimiento de una manera sólida, basado en preguntas, ejercicios y experimentos relevantes para él. Además de que consiguió ubicar el desarrollo de la Física como una actividad humana, inmersa en un contexto sociocultural a través de la historia. De esta manera se procuró que el aprendiz contemplara a la ciencia como algo cercano a su actividad cotidiana, generando en él la inquietud de conocer más a fondo los temas científicos como parte de su formación educativa.

Por otra parte sabemos que una de las necesidades de la enseñanza de la ciencia es el desarrollo de habilidades cognitivas en los estudiantes, que pueden ser logradas por medio de combinar un sólido conocimiento conceptual, junto a una fuerte experiencia práctica, lo que se logra implementando estrategias cooperativas, donde el estudiante desde sus conocimientos previos, puede ir generando nuevo conocimiento a través de actividades diseñadas en función de su entorno sociocultural.

Para esto, se trabajó con dos grupos de la materia de Física I, donde un grupo se tomó como control (G.C.), trabajando con el método tradicional de la enseñanza, y en el otro grupo se trabajó con la estrategia colaborativa (grupo experimental (G.E.)).

En cuanto al análisis de los resultados en la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura se utilizó como prueba la “*g de Hake*” [2] que ofrece un sustento sobre los resultados favorables que fueron obtenidos al aplicar la estrategia de aprendizaje cooperativo en comparación con la enseñanza tradicional de transmisión-recepción.

Para hacer una descripción más detallada de la propuesta se muestran los elementos teórico-metodológicos que dieron origen a esta propuesta, para después presentar la implementación de la misma y los resultados obtenidos, utilizando la prueba de Hake, donde se compara la estrategia cooperativa con el método tradicional (transmisión-recepción).

II. MARCO TEÓRICO

A. El Aprendizaje Cooperativo

Podemos decir que el aprendizaje cooperativo se forma de aquellas estrategias didácticas que proporcionan a los educandos un papel activo dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, de tal forma que los procedimientos son realizados por los estudiantes, que agrupados en pequeños equipos, investigan, discuten y obtienen resultados sobre las actividades asignadas. Por lo tanto son “los arquitectos de su conocimiento”, ubicando al docente como un “facilitador del aprendizaje”, lo que rompe con el esquema tradicional de las exposiciones magistrales. Una de las implicaciones de este

método de enseñanza, es la reorientación que desplaza a los sistemas educativos “centrados en los docentes” hacia los sistemas educativos “centrados en los educandos”. Para Johnson, Johnson & Holubec [3] “*aprender es algo que los estudiantes hacen, y no algo que se les hace a ellos*”.

B. La estructuración del aprendizaje cooperativo

Debemos mencionar que el método cooperativo aplicado a las ciencias y en especial a la física surge como una necesidad de los docentes al darse la ruptura con las concepciones reduccionistas emanadas del positivismo radical y en relación a los aspectos epistemológicos que se han transformado hacia una orientación moderna del quehacer científico como una actividad dinámica e inmersa en un contexto sociocultural.

En relación a esto Pozo & Gómez [4], hacen referencia al aprendizaje cooperativo, al mencionar los aspectos a considerar para la construcción de estrategias que motiven a los educandos para el aprendizaje de las ciencias:

“Diversos autores han destacado que esas características didácticas para la motivación deben basarse en la localización de centros de interés, el trabajo cooperativo, la autonomía y la participación activa de los alumnos, etc.”

El aprendizaje cooperativo se ubica como una alternativa ante el método de “transmisión-recepción”, que ha traído como consecuencia un rezago importante en el aprendizaje de los estudiantes. Tales hechos los podemos constatar en el reporte PISA [5], donde se ubica a nuestro país (México) como uno de las naciones más atrasadas en conocimientos y habilidades científicas. La estrategia cooperativa por el contrario, promueve la solidaridad, la cooperación, la educación como un beneficio social, la importancia de los sentimientos y los afectos en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Debido a la descripción anterior, debemos de considerar que el maestro debe trabajar para que se generen entre los estudiantes las condiciones para la autoorganización y autogestión, además de promover la convivencia constante entre compañeros, de manera que el estudiante sea “*un protagonista activo, crítico y creador*” [6]. Por lo tanto el docente deberá preparar su clase de manera que los estudiantes consideren como algo necesario utilizar el método cooperativo, por lo que para una práctica docente eficiente se deben proponer actividades que resulten claras, donde se puedan hacer visibles los objetivos que se persiguen y se pueda evaluar el progreso y esfuerzo de cada integrante de los equipos.

Para un aprendizaje cooperativo adecuado deben ser considerados los siguientes cinco elementos [3]:

1. *La interdependencia positiva.*
2. *Responsabilidad individual y grupal.*
3. *La interacción personal.*
4. *La integración social.*
5. *Evaluación grupal.*

Otros aspectos básicos que consideramos, antes de implementar el método cooperativo son:

1. El entregar a los estudiantes un juego completo del material didáctico a utilizar ya sea de manera individual o

por equipo de forma que los educandos conozcan cual va a ser el material de trabajo para las actividades y lo puedan administrar responsablemente.

2. La conformación de los equipos, que deben estar compuestos por un máximo de 4 o 5 personas, considerando que entre mayor sea el número de integrantes menor es la posibilidad de participación de cada uno en las actividades. Además el docente deberá decidir si los grupos serán homogéneos o heterogéneos. Es factible para algunas actividades formar equipos homogéneos, cuyos miembros tengan alguna habilidad similar -como puede ser la habilidad dialógica o la habilidad descriptiva-, aunque en lo general son recomendables los grupos heterogéneos. Ahondando en este punto, muchas veces los equipos pueden ser conformados al azar, por selección propia de los estudiantes o por selección del docente.

3. Otro aspecto nodal para el trabajo cooperativo es la disposición física que tendrán en el aula o en cualquier espacio de trabajo. Es recomendable que los integrantes de los equipos puedan sentarse juntos y mirarse cara a cara, además de que todos los integrantes del equipo puedan ubicar fácilmente al profesor. En cuanto al espacio físico es recomendable que sea "flexible" (poder mover sillas, mesas, etc.) para que los estudiantes y el profesor tengan la facilidad de interactuar como es recomendable para este tipo de aprendizaje activo.

C. La actividad académica cooperativa

En la implementación de cualquier actividad académica el maestro deberá explicar a los estudiantes de qué trata la tarea a desarrollar, cuál es la manera recomendable de realizarla, qué sentido tiene para su aprendizaje del tema y cuál es el objetivo que se persigue.



Figura 1. Grupo cooperativo en una sesión de trabajo.

En cuanto a los aspectos disciplinares se deberán explicar los conceptos necesarios, aclarar dudas procedimentales, además de ofrecer ejemplos que faciliten a los estudiantes una mejor visualización de lo que tienen que conseguir. Para esto se pueden utilizar diagramas, mapas mentales, gráficos, etc.

D. Estrategias cooperativas

En esta sección hacemos la descripción de las estrategias cooperativas que fueron utilizadas en la realización de este proyecto:

a) **Rueda de ideas:** es una estrategia que sirve para que los estudiantes empiecen a formarse en el aprendizaje cooperativo debido a que sirve de "lluvia de ideas" donde cada uno de los miembros de los equipos deberá responder a una pregunta determinada sin que sea cuestionado, ni corregido, ni evaluado. Además de que promueve el respeto entre compañeros, logra que todos participen y opinen sobre un tema determinado. Para llevar a cabo este proceso nos basaremos en el procedimiento que sugieren los autores Barkley, Cross & Howell [7]:

1. Pida a los estudiantes que formen grupos entre 4 y 6 personas.
2. Explique que la finalidad de la lluvia de ideas es que generen muchas. Los miembros de grupos actuarán por turnos, que correrá en el sentido de las agujas del reloj, y responderán a la pregunta. Informe a los alumnos que, para impedir la interrupción o la restricción del flujo de ideas, deben evitar evaluar, cuestionar o discutir las.
3. Si fuese bueno para los estudiantes asumir un rol (como el de secretario o encargado del cumplimiento de las normas), deje unos momentos para su asignación.
4. Diga a los alumnos si habrá una o varias rondas, anuncie un tiempo límite y exponga la pregunta.
5. Pida a un estudiante que comience la actividad manifestando una idea o respuesta en voz alta. El siguiente alumno continuará la sesión de la lluvia de ideas exponiendo una nueva idea. La actividad sigue, pasando de un alumno a otro en sucesión, hasta que todos hayan participado.

b) **Grupos de investigación:** es una estrategia que se conoce también como "trabajo por proyectos o método por proyectos" [8] y se trabajó de la siguiente manera:

1. Elección y distribución de subtemas: los alumnos eligen, según sus aptitudes o intereses, subtemas específicos dentro de un tema o problema general, normalmente planteado por el profesor en función de la programación.
2. Constitución del grupo dentro de la clase: la libre elección del grupo por parte de los alumnos puede condicionar su heterogeneidad, que debemos intentar respetar al máximo.
3. Planificación del estudio del subtema: los estudiantes y el profesor planifican los objetivos concretos que se proponen y los procedimientos que utilizarán para alcanzarlos al tiempo que distribuyen las tareas a realizar (encontrar la información, sistematizarla, resumirla, esquematizarla, etc.)
4. Desarrollo del plan: los alumnos desarrollan el plan escrito. El profesor sigue el progreso de cada equipo y les ofrece ayuda.
5. Análisis y síntesis. Los alumnos analizan y evalúan la información obtenida. La resumen y la presentan al resto de la clase.
6. Evaluación: el profesor y los alumnos realizan conjuntamente la evaluación del trabajo en grupo y la exposición. Puede completarse con una evaluación individual.

c) **Entrevista en tres pasos:** esta estrategia es fundamentada en la colaboración entre alumnos en una dinámica donde uno de los estudiantes analice las ideas de su compañero en referencia a un tema, esto hace que el equipo se pueda constituir en parejas de ayuda. Es recomendable seguir los siguientes pasos [7]:

1. Los estudiantes se dividen en grupos de cuatro y estos se subdividen en parejas A-B y C-D.
2. El estudiante A entrevista al estudiante B y el estudiante C al D, durante un tiempo predeterminado. El entrevistador hace preguntas, escucha y sondea para obtener más información, pero no evalúa ni responde.
3. Los compañeros invierten sus roles y uno entrevista al otro durante un periodo de tiempo igual.
4. Cada uno de los estudiantes A y B presentan a C y D un resumen sintetizado de las respuestas de su respectiva pareja a las preguntas de la entrevista. Los estudiantes C y D hacen lo mismo con respecto a A y B.

d) **Equipo de exámenes:** en esta estrategia los estudiantes preparan el examen que aplicará el docente, este examen lo resolverán primero individualmente y después como equipo. Esta forma de trabajo cooperativo hace que los estudiantes aprecien las ventajas del trabajo en equipo sobre el trabajo individual y competitivo. La forma en que se utilizó esta estrategia es la siguiente [7]:

1. Pida a los estudiantes que formen grupos de entre cuatro y seis miembros. Se debe garantizar la heterogeneidad de los equipos.
2. Dependiendo del tamaño y de la complejidad del material que deba dominarse, los grupos se pueden reunir 15 minutos, toda una clase o más tiempo.
3. Aplique el examen individual a los estudiantes y recójalo para calificarlo.
4. Antes de devolver los exámenes ya calificados, pida a los alumnos que se reúnan con sus grupos para llegar a un consenso sobre las respuestas y entreguen este documento de grupo.
5. Considere la posibilidad de promediar las calificaciones individuales del examen y las del grupo para determinar las notas de los alumnos. Pondere las puntuaciones, asignando, por ejemplo, dos tercios del valor a la calificación individual y un tercio a la de grupo.

E. Recursos para estimular el trabajo cooperativo

La realidad es que la gran mayoría de los estudiantes ven el aprendizaje cooperativo como algo ajeno a ellos, donde la visión social y cultural de la competencia reina en su concepción de lo que debe hacerse en las aulas. En atención a este panorama los docentes debemos utilizar recursos para que el estudiante:

- a) *“perciba que sólo podrá conseguir su objetivo –o como mínimo pueda alcanzarlo mejor- sí, y sólo si, los demás también consiguen su objetivo y*
- b) *tenga claro, al mismo tiempo, que contribuya, como el resto de sus compañeros de equipo, con el mismo peso específico al éxito global de su equipo”* [7].

En esta investigación se utilizó el llamado sistema de recompensas [8]. A continuación describiremos algunas recompensas que fueron utilizadas en nuestra investigación:

a) *Puntuaciones o calificaciones individuales y grupales:* podemos considerar complementarias las calificaciones individuales y grupales de tal forma que se genera la llamada interdependencia positiva. En nuestro caso el equipo trabajó en forma cooperativa elaborando un cuestionario y la calificación única le fue aplicada a cada integrante del equipo.

b) *La puntuación individual de un miembro escogido al azar es la puntuación individual de los otros miembros del equipo:* antes del examen los integrantes del equipo estudiaron juntos asegurándose de que cada uno de los miembros hayan entendido la temática del examen. Después se escogió al azar a un integrante del equipo y se le aplicó el examen donde la puntuación obtenida sería la misma para todo el equipo.

c) *Recompensa individual en función del rendimiento global del equipo:* este es un mecanismo que se implementó dejándoles a cada equipo una actividad práctica o de investigación y en función de su rendimiento global se le asigna a cada integrante del grupo una recompensa en su puntaje individual.

III. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En esta sección presentaremos como fueron implementadas las propuestas (cooperativa y tradicional), por lo que iniciamos con la conformación y la caracterización de los grupos. Después de esto analizaremos como se llevaron a cabo las sesiones aplicando los métodos correspondientes.

A. Conformación y caracterización de los grupos

El IEMS tiene un sistema de ingreso para los estudiantes por medio de sorteo, al igual que para la conformación de los grupos, de esta manera existen las condiciones para tener una asignación aleatoria lo que nos permite trabajar con esta hipótesis en nuestro tratamiento estadístico. En cuanto al grupo control y el grupo experimental, de igual manera fueron asignados por medio de un sorteo con lo cual tenemos las condiciones para llevar a cabo nuestro estudio.

Los estudiantes del grupo control tienen una edad promedio de 16.4 años (con edades que van desde los 15 hasta los 23) y del grupo experimental 16.9 años (con edades que van desde los 15 hasta los 32 años).

El grupo control consta de 20 estudiantes distribuidos de la siguiente manera: 9 Mujeres y 11 Hombres. El grupo experimental consta de 23 estudiantes distribuidos de la siguiente manera 17 Mujeres y 6 Hombres.

B. Grupo experimental

Como primer paso se indicó a los estudiantes de este grupo que el material didáctico que se utilizaría a lo largo del semestre, estaría basado en los siguientes libros:

- Conocimientos fundamentales de Física, Módulo 5, Termodinámica [9].
- Física 2 “El gimnasio de la mente” [10].
- Física Conceptual [11].

En la primera sesión se aplicó el cuestionario Moreira-Axt modificado (ver Anexo 1).

En la segunda sesión se inició la discusión de los temas de temperatura y calor aplicando la estrategia “*Rueda de ideas*” con una pregunta ¿Cómo no tener frío en invierno? Los estudiantes explicaron sus ideas, siguiendo la estrategia mencionada, con lo que nunca fueron interrumpidos o corregidos y se fueron anotando sus explicaciones para después arribar a una discusión grupal donde se llegó a la conclusión de que debemos “abrigarnos” con ropa “caliente”.

De esta discusión se desprendieron otras preguntas, ¿la ropa nos calienta? ¿Cómo podemos ahorrar energía (y por lo tanto dinero) si la ropa “nos proporciona calor”? ¿Podemos calentar el agua, para nuestro café o para bañarnos, envolviéndola en un abrigo?

La gran mayoría coincidió en que no habían observado tal fenómeno (que el agua elevara considerablemente su temperatura al envolverla con un abrigo) y que si fuera posible en nuestros hogares se llevaría a cabo con cierta frecuencia para ahorrar dinero. Sin embargo, algunos estudiantes mencionaron que tal vez que no se llevaba a cabo porque era un procedimiento muy tardado pero que posiblemente si podríamos conseguir que se elevara la temperatura de esta forma. De aquí sugerimos un experimento en el cual se colocara una pequeña cantidad de agua en un vaso y se envolviera con una cobija dejándolo varias horas para ver si podíamos obtener que esa pequeña cantidad de agua se calentara lo suficiente. Otra discusión que se originó fue, que en cambio, si tenemos una cantidad de agua caliente y envolvemos el recipiente donde se encuentra, con un abrigo o ropa gruesa, podemos observar que tarda más tiempo en enfriarse en comparación con otro recipiente (de iguales características) donde pongamos la misma cantidad de agua pero la dejemos destapada.

C. Aislantes y conductores de calor

Continuando con la discusión nos enfocamos al papel que jugaba la ropa en mantenernos en confort térmico durante el invierno. Los argumentos de los estudiantes fueron cercanos a la idea de que la ropa no proporciona calor, sino que no permite que se vaya el que nosotros generamos como seres vivos, “la ropa sirve como un aislante térmico”.

Continuando con nuestro análisis y en función de las anteriores discusiones se preguntó, ¿qué tipo de ropa debemos utilizar en primavera? La respuesta fue “una ropa que deje escapar el calor que generamos”.

De aquí pudimos concluir la existencia de:

- Materiales aislantes de energía, que se les denominará materiales adiabáticos.
- Materiales que transmiten bien la energía, que se les denominará materiales diatérmicos.

D. Temperatura

El siguiente punto que tratamos es el concepto de temperatura, la percepción sensorial que tenemos de ella, y su forma de medirla. Las preguntas planteadas a los

estudiantes para la discusión fueron ¿qué se entiende por temperatura? ¿Cómo podemos medirla?

Se aplicó nuevamente la estrategia Rueda de ideas con lo que los estudiantes manejaron las siguientes respuestas:

- La temperatura es el calor que tiene un cuerpo.
- La temperatura es lo que miden los termómetros.
- La temperatura y el calor son lo mismo.
- La temperatura es lo que nos indica que tan frío o caliente está un cuerpo.

En base a estas concepciones previas se intentó aclarar por medio de una explicación lo que es y lo que no es la temperatura:

- Se propuso adoptar la idea intuitiva de que la temperatura es lo que nos indica que tan caliente o frío está un cuerpo.
- Se propuso que deberíamos de hacer una distinción entre temperatura y calor (que más adelante se aclararía).
- Se mencionó que el concepto de calor para la Física sería distinto al que le asignamos en la vida cotidiana que comúnmente entendemos como una propiedad intrínseca de los cuerpos.
- Del punto anterior se mencionó que para la Física los cuerpos no van a tener calor (y que más adelante tendríamos que discutir las razones).

Mencionados estos puntos pudimos acotar los conceptos a analizar para evitar al máximo las confusiones y poder usar un lenguaje con el cual pudiéramos empezar a trabajar, sin olvidar que tendríamos que aclarar todos los conceptos involucrados.

Para profundizar en el concepto de temperatura y su medición, se planteó la siguiente pregunta ¿cómo medimos la temperatura sin un termómetro? Para esta fase utilizamos la estrategia “*entrevista en tres pasos*”.

La respuesta general entre los estudiantes fue que ponemos la mano sobre el objeto y vemos si está “caliente” o “frío” (comúnmente se refirieron al caso de la fiebre en un enfermo). De esto surgió la siguiente pregunta ¿qué tan confiable es esta medida?

Para esto se desarrolló la actividad “*diferentes sensaciones térmicas del agua tibia*” (ver Anexo 2) con la estrategia Grupos de investigación.

La discusión sobre las respuestas obtenidas se enfocó en pensar si nuestros sentidos eran fiables o no para medir la temperatura, los estudiantes diferían sobre esto, debido a que tenían sensaciones diferentes en las manos dependiendo de si su mano había estado previamente en el agua caliente o en el agua fría al introducirla después en el recipiente del agua tibia. Se utilizó la estrategia de motivación “recompensa individual en función del rendimiento global del equipo”.

E. Equilibrio térmico

En otro punto del mismo experimento “diferentes sensaciones térmicas del agua tibia” se propuso trabajar con termómetros del laboratorio, en lugar de utilizar las manos, con la intención de trabajar el concepto de equilibrio térmico. Los estudiantes introdujeron los termómetros en los recipientes del agua “*fría*” y del agua “*caliente*” durante dos minutos siguiendo el mismo procedimiento que llevamos a cabo con las manos. Después se pidió que ambos termómetros fueran introducidos en el recipiente del agua

Héctor J. Díaz Jiménez, M. A. Martínez Negrete, Alfredo López Ortega “tibia” y mencionaran si inmediatamente después de introducir los termómetros marcaba la temperatura del agua “tibia”. Los estudiantes coincidieron en que al sumergir los termómetros, la altura de las columnas de mercurio variaban durante un determinado tiempo hasta que se estabilizan en una misma medición “una columna de mercurio sube, la otra baja y después de un tiempo las alturas coinciden” mencionaron.

De esta experiencia se planteó que la idea de medición de la temperatura tiene sentido cuando ha pasado un tiempo determinado y se ha establecido el “equilibrio térmico”, que es cuando los cuerpos tienen la misma temperatura. De esto se dedujo que estos termómetros miden su propia temperatura, pero que al estar en equilibrio térmico con otro cuerpo miden también esa temperatura.

La siguiente actividad correspondió a una investigación por equipos. En ella se utilizó la estrategia de motivación “recompensa individual en función del rendimiento global del equipo” donde investigaron los distintos tipos de termómetros existentes: los que utilizan una resistencia eléctrica, los de cristal líquido, etc., y por otra parte investigaron las distintas escalas de temperatura que se usan (Fahrenheit, Celsius, Kelvin).

Para complementar esta actividad se mostraron algunos termómetros como el galileano, el de cristales líquidos, el de sensor infrarrojo y el de bulbo de mercurio.



Figura 2. Distintos tipos de termómetros.

Se explicó que históricamente los primeros termómetros construidos eran de alcohol o mercurio (como el termómetro clínico o el utilizado en el laboratorio), que éstos basan su principio de funcionamiento en que al aumentar su temperatura los líquidos aumentan su volumen. De este modo la altura del líquido en el capilar, conectado al bulbo, proporciona una medida de la temperatura del líquido en el bulbo. De aquí se trató el tema de la relación matemática entre las distintas escalas y se desarrollaron algunos ejemplos en clase donde los estudiantes, por equipos, resolvieron ejercicios numéricos básicos, aplicando la estrategia de motivación “Puntuaciones o calificaciones individuales y grupales”.

F. Construcción de un termómetro

La siguiente actividad fue la construcción de un termómetro casero. Se aplicó la estrategia de “Grupos de investigación”. Para su construcción cada equipo debería contemplar los siguientes aspectos:

- Material a utilizar.
- Medidas de seguridad.
- Procedimiento.
- Integrantes del equipo y la distribución de tareas.
- Elaboración de un video.
- Presentación del video en el grupo.

Los estudiantes presentaron sus termómetros en clase y se les pidió que compartieran su experiencia con los demás compañeros. Además entregaron evidencia del trabajo desarrollado en un video.



Figura 3. Elaboración de un termómetro.

G. Dilatación

Relacionado con esto se abordó el tema de dilatación, donde los estudiantes realizaron la siguiente actividad práctica: “Hacer pasar una esfera metálica por un anillo”. El material consta de un mechero, una esfera de metal y un aro de metal. Se solicita a los equipos realicen los siguientes pasos:

1. Verificar que la esfera pasa por el aro.
2. Colocar la esfera en el mechero durante un minuto.
3. Inmediatamente después, intentar cruzar la esfera por el aro.
4. Dar una explicación por equipo.

Después de esta experiencia se planteó lo siguiente: si tengo una placa metálica con una perforación y la caliento ¿el agujero se reduce, crece o queda igual? Esto debería de ser comprobado también por los equipos al proporcionárseles un nuevo juego de esfera y aro, con la diferencia de que en este caso la esfera no pasa por el aro. Se solicitó que ahora pusieran el aro al fuego y comprobaran lo que sucede. Esta actividad se concluyó con una explicación sobre el fenómeno de dilatación y sus aplicaciones (construcción de termómetros, termostatos, etc.), además de que se hizo mención de como en la vida cotidiana aplicamos frecuentemente estas propiedades de una forma tan sistematizada que no nos detenemos a pensar en la razón del

fenómeno físico. Por ejemplo cuando queremos destapar un frasco de vidrio que tiene una tapa metálica ponemos la tapa al fuego y debido a que el metal tiene una mayor dilatación que el vidrio podemos destaparlo, o por qué existe una separación entre los rieles por los que pasan los trenes, así como por qué los dentistas usan un material de relleno para las muelas que se dilatan de igual forma que estas.



Figura 4. Dilatación de una esfera metálica.

Además se discutió que los fluidos se dilatan apreciablemente más que los sólidos, lo que se puede apreciar cuando se derrama la gasolina de los tanques de los automóviles en días calurosos; por esto se recomienda que uno cargue gasolina en las noches o en las madrugadas. Por último se mencionó que existen materiales “extraños” que pueden contraerse al aumentar su temperatura.

H. Calor

El siguiente punto que se abordó fue el tema de calor. Para esto se planteó una investigación por equipo, aplicando la estrategia de motivación, “Recompensa individual en función del rendimiento global del equipo” solicitando a los estudiantes identificaran a los siguientes personajes y sus aportaciones al concepto de calor: Antoine-Laurent Lavoisier, Conde Rumford, y Josep Black.

De aquí se desarrolló una discusión sobre la teoría del calórico y sus postulados básicos [10]:

1. “El calórico es un fluido elástico cuyas partículas se repelen unas a otras”.
2. Las partículas del calórico son fuertemente atraídas por partículas de otras sustancias. Diferentes sustancias atraen el calórico con fuerzas diferentes.
3. “El calórico se conserva, es decir, es indestructible y no puede ser creado”.

Bajo estas condiciones se plantearon las cualidades de dicha teoría explicando exitosamente algunos aspectos fundamentales de la siguiente manera [ibíd.]:

- “Los cuerpos se calientan porque sus partículas atraen a las partículas del calórico.

- Al calentarse, los cuerpos se dilatan porque las partículas del calórico se repelen entre sí.
- Los cuerpos tienen diferentes capacidades de almacenar el calórico porque atraen a las partículas con diferentes fuerzas”.

La forma de abordar este tema tuvo la intención de mostrar a los estudiantes que la ciencia se encuentra siempre en una constante transformación conceptual y filosófica de la que hace referencia T.S. Kuhn [12]. Además que la aceptación de nuevos conceptos no es un proceso fácilmente asimilable por la comunidad científica. Para tal efecto se discutió cómo los científicos de la época se resistían a aceptar las críticas vertidas por el Conde de Rumford sobre la teoría del calórico a pesar de estar basada en evidencias experimentales. La conclusión de las discusiones precedentes fue la punta de lanza de las nuevas ideas que transformarían el concepto de calor hasta llegar al que reconocemos en la actualidad, de lo que surgen los siguientes aspectos fundamentales que fueron analizados en la sesión:

- El calor describe los procesos energéticos asociados a una diferencia de temperatura. Debido a que el calor no se puede medir sin un cambio de temperatura, la idea de “calor de un cuerpo” no tiene sentido. De esto tenemos que “el calor es la energía que se transmite debido a una diferencia de temperaturas, por lo que los cuerpos no poseen calor”
- Si no existe una diferencia de temperaturas entre los cuerpos o sus alrededores no existirá este flujo de energía.
- Esto aclara que temperatura y calor son dos conceptos relacionados pero diferentes.

I. Conductividad térmica

Continuando con la explicación de los conceptos, pasamos al tema de conductividad térmica por medio de la realización de una actividad experimental utilizando la estrategia de motivación “recompensa individual en función del rendimiento global del equipo”. La realización de esta actividad consta de colocar clips pegados con parafina a distancias regulares entre los extremos de una barra de asbesto y una de metal, para después colocar las puntas de las barras al fuego y tomar el tiempo en que se desprenden cada uno de los clips debido a las distintas propiedades térmicas de las barras. Los estudiantes apreciaron que los clips que se encontraban en la barra de metal se desprendieron en un tiempo menor con lo que se asoció una propiedad diferente al asbesto, además observaron que los clips se fueron desprendiendo uno a uno, del más cercano a la flama al más alejado de ella. A ésta propiedad se le llamó conductividad térmica de los materiales, de manera que si tiene un valor alto o bajo permite afirmar que son buenos o malos conductores de calor”. Entonces podemos decir que la conductividad térmica de un abrigo de lana es mucho menor que la conductividad térmica de los metales, lo que genera que tengamos distintas sensaciones térmicas al palpar dichos objetos. Lo anterior nos permitió entender que sentimos a los metales más fríos que la madera cuando nuestra temperatura

Héctor J. Díaz Jiménez, M. A. Martínez Negrete, Alfredo López Ortega corporal es mayor que la del medio ambiente, mientras que sentimos a los metales más calientes que la madera cuando la temperatura de nuestro cuerpo es menor que la del ambiente.

J. Capacidad calorífica

El siguiente tema fue la capacidad calorífica de los materiales por lo cual se plantearon las siguientes preguntas ¿qué pasa si pongo un globo al fuego? ¿Y si ahora lo lleno de agua? ¿Qué explica la diferencia entre sus respectivas respuestas?

Los equipos discutieron en “rueda de ideas” las posibles respuestas. Después realizaron dos actividades experimentales. De inicio los estudiantes colocaron una cuchara de metal y una de madera en agua hirviendo. En la segunda actividad descubrieron que un globo con agua no se quema en comparación con un globo que no contiene agua. Con estas experiencias los estudiantes comprobaron la diferencia entre los materiales y sus propiedades térmicas, lo que les permitió definir una propiedad de los materiales, la capacidad calorífica:

“La capacidad calorífica específica de cualquier sustancia se define como la cantidad de calor requerida para cambiar un grado la temperatura de una unidad de masa de la sustancia”.

En la discusión se aclaró que para que un globo se quemara se debe llevar a la temperatura a la cual esto sucede, lo que en el caso del globo con agua no se logra fácilmente debido a que la capacidad calorífica del agua es alta. Esto se profundizó con una explicación en torno a que los diversos materiales requieren de distintas cantidades de calor para elevar su temperatura una determinada cantidad de grados. Se discutió que así como los materiales tardaban en calentarse también tardaban en enfriarse. Se mencionó el ejemplo del agua, que al calentarla y verterla en una bolsa se puede utilizar en las noches frías, para mantener un confort térmico, al ser colocada cerca de nuestro cuerpo, debido a su gran capacidad calorífica.

Terminada esta actividad se procedió a aplicar al grupo nuevamente el cuestionario Moreira-Axt modificado. Es importante aclarar que en la aplicación de la estrategia nunca se distinguieron las sesiones de laboratorio y las sesiones teóricas.

K. Enseñanza tradicional

Para la implementación de la propuesta tradicional al grupo control se le aplicó al inicio el mismo test de evaluación Moreira-Axt modificado. Las sesiones se llevaron a cabo con la forma tradicional de exposiciones magistrales donde los estudiantes no desarrollaban actividades en el aula. Evidentemente, al preguntárseles si había alguna duda en el desarrollo de la clase, los integrantes del grupo se limitaban a realizar preguntas muy concretas sobre algún detalle de la exposición sin entablar un diálogo con los compañeros. En cuanto a las sesiones experimentales se plantearon de manera que los estudiantes tuvieron que desarrollar secuencias que ya estaban planeadas por parte del docente con un procedimiento, metodología y objetivo muy precisos.

Además, se hacía una distinción entre las sesiones de teoría y las sesiones experimentales.

La forma de exposición en el aula consistió en dar una explicación de los conceptos relacionados con los temas de temperatura, medición de temperatura, escalas de temperatura, dilatación, calor, conducción térmica y capacidad calorífica. Después se procedió a resolver ejercicios numéricos relacionados (conversión de unidades Fahrenheit a Celsius o viceversa o de Celsius a Kelvin, dilatación térmica, calorimetría). Al finalizar algún tema se dejaban tareas a los estudiantes donde no se mencionaba si lo podían hacer en equipo o de manera individual. En estas actividades primordialmente se solicitaba la resolución de ejercicios numéricos y de preguntas muy enfocadas a la memorización de los conceptos involucrados.

Al terminar el tratamiento de estos temas se procedió a aplicar al grupo nuevamente el cuestionario Moreira-Axt.

IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. Ganancia de Hake

Para el análisis del instrumento (cuestionario Moreira-Axt modificado) se utilizó la llamada g de Hake o factor de Hake [13]. Esta prueba, propuesta por Richard Hake de la Universidad de Indiana, ha sido utilizada en distintos estudios para la evaluación de resultados de pruebas sobre el aprendizaje conceptual de los alumnos, mostrando una medida de la ganancia relativa (cómo mejoran los estudiantes) entre el pre-test y el post-test [14].

Esta ganancia está determinada por los aciertos obtenidos con la siguiente expresión:

$$g = (S_f - S_i) / (100 - S_i)$$

donde

S_i es el puntaje porcentual del pre-test.

S_f es el puntaje porcentual del post-test.

Esta prueba clasifica la ganancia relativa en tres niveles:

Alto si $g > 0.66$

Medio si $0.3 \leq g \leq 0.66$

Bajo si $g < 0.3$.

Mostramos en la tabla 1 los resultados obtenidos para las preguntas que involucran los conceptos de temperatura y calor del cuestionario Moreira-Axt.

En un análisis general podemos observar que para el grupo control en las preguntas 5, 6, 7, 10 y 13 se presentan ganancias negativas entre el pre-test y el post test. Para el grupo experimental solamente en la pregunta 3 encontramos un valor negativo.

Para el grupo control en la preguntas 4, 11, 12, 13, 14 encontramos valores de ganancia baja. Para el grupo experimental las ganancias bajas se encuentran en las preguntas 2, 4, 11, 13, 14.

Ganancias medias se obtienen en la pregunta 2 para el grupo control. En cuanto al grupo experimental las ganancias medias se encuentran en las preguntas 1, 7, 8, 9, 12.

Para las preguntas de ganancia alta, para el grupo control no se obtuvo ninguna. Mientras que para el grupo experimental se obtuvo ganancia alta en las preguntas 6, 10.

TABLA I. Comparativo entre las ganancias de Hake del grupo control y del experimental.

Número de pregunta	GC	GE
Pregunta 1	0	0.33
Pregunta 2	0.31	0.21
Pregunta 3	0	-0.24
Pregunta 4	0.19	0.19
Pregunta 5	-0.14	0
Pregunta 6	-0.1	0.93
Pregunta 7	-0.18	0.3
Pregunta 8	0	0.5
Pregunta 9	0	0.36
Pregunta 10	-0.14	0.77
Pregunta 11	0.09	0.14
Pregunta 12	0.071	0.61
Pregunta 13	-0.08	0.27
Pregunta 14	0.12	0.05

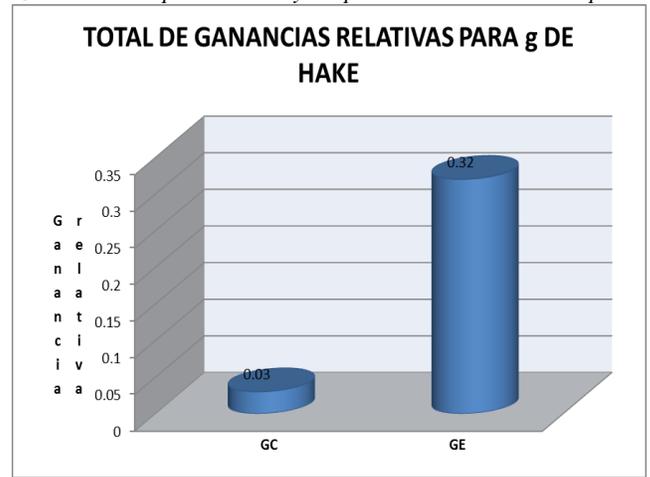


Figura 6. Ganancia total de Hake para el cuestionario Moreira-Axt.

IV. CONCLUSIONES

Existen varios aspectos que deben considerarse de manera integral sobre el trabajo de investigación que hemos desarrollado, los cuales describiremos a lo largo de las siguientes líneas.

En cuanto a los estudiantes debemos mencionar que por principio se muestran poco receptivos a un trabajo en equipo, lo que puede ser por tener pocas o nulas experiencias cooperativas que cuenten con una consistencia metodológica. En el mejor de los casos se concibe la labor en “equipo” como un trabajo de “división de tareas” con el fin de disminuir el trabajo y poder presentar un producto final que simplemente es un conjunto de pequeños esfuerzos individuales, donde es muy común que los integrantes de los equipos dominen, en el mejor de los escenarios, sólo la parte que desarrollaron. Esto generó la necesidad de trabajar de manera constante con las actividades de motivación del trabajo cooperativo, como se ha descrito, hasta lograr que los estudiantes encontraran las ventajas de un trabajo coordinado y solidario dentro de los equipos. El cambio actitudinal fue mostrándose en un mejor rendimiento académico (los estudiantes desarrollaban las tareas en un menor tiempo, disminuyeron los conflictos entre los integrantes de los grupos, los estudiantes tenían más solvencia en aspectos de organizar las actividades, etc.). Es evidente la necesidad de desarrollar una investigación donde se pueda contemplar de manera sistemática estos aspectos considerando una investigación de tipo cualitativa.

En cuanto a los resultados obtenidos en los temas disciplinares, podemos observar que en general los estudiantes del grupo cooperativo tuvieron un rendimiento mayor que los del grupo control. En cuanto al examen de preguntas abiertas podemos concluir que tanto en los aspectos conceptuales, como en los ejercicios donde se involucra el en aparato matemático los estudiantes del grupo experimental tienen un aprovechamiento superior a los del grupo control.

Es importante mencionar que existen algunos conceptos clave en los temas de temperatura y calor que siguen

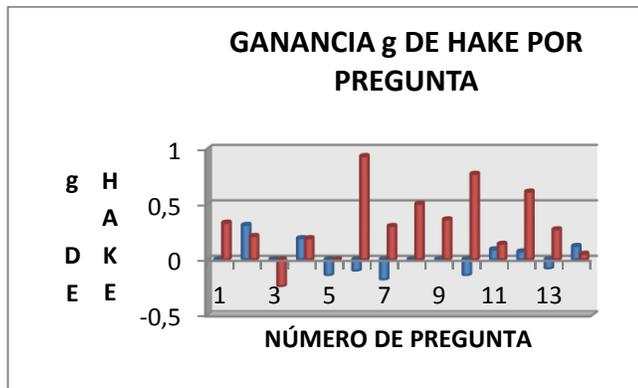


Figura 5. Ganancia de Hake por pregunta del cuestionario Moreira-Axt.

Como se puede observar en la figura 6, para todo el cuestionario el grupo experimental obtuvo una ganancia global por encima del grupo control.

En términos de los parámetros propuestos para la ganancia de Hake, en el grupo control tenemos una ganancia baja de 0.03 y en el grupo experimental encontramos que su ganancia es media con el 0.32. Esto nos sugiere que existe una diferencia entre las estrategias aplicadas en términos del proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes en los temas de calor y temperatura. Lo anterior nos indica que el trabajo en grupos cooperativos puede resultar en una estrategia que mejore el manejo de conceptos en los estudiantes de nivel medio superior.

Héctor J. Díaz Jiménez, M. A. Martínez Negrete, Alfredo López Ortega presentando algunas dificultades de asimilación por parte de los estudiantes, por ejemplo las preguntas que incluyen la palabra *energía* tuvieron un bajo número de aciertos en ambos grupos, lo que puede ser un indicador de la confusión que genera este concepto debido a las concepciones alternativas, como lo mencionan Pozo & Gómez [3], y que la estrategia cooperativa no logró resolver. Nuevamente sería recomendable aplicar otro tipo de test que mostraran a mayor profundidad las causas de este error conceptual con el objetivo de encontrar una posible solución.

También es importante mencionar que la aplicación de la propuesta cooperativa requiere de los espacios y ambientes adecuados para su implementación, debido a que existen muchas inercias en las instituciones educativas, en sus programas académicos y en los planes de estudios que no son compatibles con las nuevas tendencias educativas. Por principio, la labor docente debe ser transformada de manera coherente con los puntos fundamentales del método cooperativo y transformar las aulas en espacios de convivencia y atención por parte del maestro, donde genere con su proceder las condiciones para que los estudiantes puedan iniciar un trabajo dilógico y de comunidad. Claramente se deben olvidar las estrategias de tipo competitivo que en su gran mayoría son fomentados por los profesores. Otro aspecto que debe trabajarse es el encaminado a tener un papel menos protagónico en el aula, por parte de los maestros, que permita a los estudiantes trabajar con soltura y sin prejuicios, además que puedan encontrar en ellos un facilitador del conocimiento en sustitución de una figura rígida que actúa en base a un principio de autoridad.

Lo anterior tiene un peso específico fundamental en la aplicación del método descrito en este trabajo, debido a que inherentemente a la conformación de grupos de trabajo cooperativo está la formación de estructuras sociales en el aula, que no pueden ser compatibles con aspectos individualistas o autoritarios por parte de ningún integrante de la comunidad educativa, y donde el docente es un integrante más de la misma y debe asumirse como tal.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los estudiantes del IEMS su colaboración y su trabajo en los espacios académicos, pues sin ellos la presente investigación no tendría sentido. También agradecemos al Posgrado en Física Educativa CICATA-LEGARIA-IPN y en especial a su director Dr. Cesar Mora Ley el permanente interés mostrado en el desarrollo de nuestra investigación.

VI REFERENCIAS

- [1] Modelo educativo del IEMS, <http://www.iems.df.gob.mx/html/fciencitfica.html>. consultado el 03/12/2009.
- [2] Hake, R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test*

data for introductory physics courses, American Journal of Physics **66**, 64-74 (1998).

- [3] Johnson D. W., Johnson R. & Holubec E., *El aprendizaje cooperativo en el aula*, (Paidós Educador, Argentina, 2008).
- [4] Pozo J. I. & Gómez M.A., *Aprender y enseñar ciencia*, (Morata 5ª Ed., España, 2006).
- [5] Reporte PISA 2009, http://www.oecd.org/document/1/0,3343,es_36288966_36288553_46638465_1_1_1_1,00.html consultado el 10/02/2010.
- [6] Ferreiro G., Espino C., *El ABC del aprendizaje colaborativo*, (Trillas 2ª Ed., México, 2009).
- [7] Barkley, Cross & Howell, *Técnicas de aprendizaje colaborativo*, (Ed. Morata, España, 2007).
- [8] Pujolas P, *Atención a la diversidad y aprendizaje cooperativo de la educación obligatoria*, (Ediciones Alebrije, España, 2001).
- [9] Marquina M. L. (Coordinadora), *Conocimientos fundamentales de Física*, (Pearson educación, México, 2006).
- [10] Slisko J., *Física (El gimnasio de la mente 2)*, (Pearson educación, México, 2009), (Crítica, España, 2009).
- [11] Hewitt, P., *Física conceptual*, (Pearson educación 9ª Ed., México, 2007).
- [12] Kuhn, T.S., *La estructura de las revoluciones científicas*, (Fondo de Cultura Económica 2ª Ed., México, 1972).
- [13] Seballos, S., *Razonamiento científico de estudiantes que ingresan en carreras de ingeniería*, <http://www.ucn.cl/imagesContenidos/documentos/Ponencia%20204.pdf> consultado el 10/02/2010.
- [14] Lara-Barragán, A., Santiago A., *Detección y clasificación de errores conceptuales en calor y temperatura*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **4**, 399-407 (2010).

ANEXO 1

Cuestionario Moreira-Axt modificado

- 1.- Adjudicamos la existencia de calor:
- A cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor.
 - Sólo a aquellos cuerpos que están “calientes”.
 - A situaciones en las cuales ocurre, necesariamente, transferencia de energía.**
- 2.- Para que se pueda hablar de calor:
- Es suficiente un solo sistema (cuerpo).
 - Son necesarios, por lo menos dos sistemas (cuerpos).**
 - Es suficiente un solo sistema, pero este debe de estar “caliente”.
- 3.- Para que se pueda admitir la existencia de calor debe haber:
- Una diferencia de temperaturas.**
 - Una diferencia de masas.
 - Una diferencia de energías.
- 4.- Calor es:
- Energía cinética de las moléculas.

b) Energía transmitida sólo a causa de una diferencia de temperaturas.

c) La energía contenida en un cuerpo.

5.- En el interior de una habitación que no haya sido calentada o refrigerada durante varios días:

a) La temperatura de los objetos de metal es inferior a la temperatura de los objetos de madera.

b) La temperatura de los objetos de metal, de los objetos de madera y de los sarapes y de los demás objetos es la misma.

c) Ningún objeto tiene temperatura.

6.- Se coloca un cubito de hielo a 0°C en un recipiente con agua también a 0°C. En tal caso:

a) El agua cede energía por calor al hielo.

b) Tanto el agua como el hielo no tienen calor porque están a 0°C.

c) Ninguno de los dos puede ceder energía por calor al otro.

7.- Dos cubos metálicos A y B son puestos en contacto. A está más caliente que B. Ambos están más “calientes” que el ambiente. La temperatura final de A y B será:

a) Igual a la temperatura ambiente.

b) Igual a la temperatura inicial de B.

c) Un promedio entre las temperaturas iniciales de A y B.

8.- Dos pequeñas placas A y B del mismo metal e igualmente gruesas se colocan en el interior de un horno, el cual se cierra y se acciona. La masa de A es el doble de la masa de B ($m_A=2m_B$). Inicialmente las placas y el horno están todos a la misma temperatura. Tiempo después la temperatura de A será:

a) El doble de la de B.

b) La mitad de la de B.

c) Igual a la de B.

9.- Considera dos esferas idénticas, una en un horno caliente y la otra en un refrigerador. ¿Qué diferencia básica hay entre ellas inmediatamente después de sacarlas del horno y del refrigerador respectivamente?

a) En la cantidad de calor contenida en cada una de ellas.

b) En las temperaturas de cada una de ellas.

c) Una de ellas contiene calor y la otra no.

10.- En dos vasos idénticos que contienen la misma cantidad de agua a temperatura ambiente (21°C) son colocados, respectivamente, un cubito de hielo a 0°C y tres cubitos de hielo a 0°C. ¿En cuál situación el agua se enfría más?

a) En el vaso donde son colocados los tres cubitos.

b) En el vaso donde es colocado un cubito de hielo.

c) El agua se enfría igualmente en los dos vasos.

11.- Dos esferas del mismo material, pero con masas diferentes, se meten durante mucho tiempo al horno. Al retirarlas del horno se ponen inmediatamente en contacto. En esta situación:

a) Pasa energía por calor de la esfera de mayor masa a la de menor masa.

b) Pasa energía por calor de la esfera de menor masa a la de mayor masa.

c) Ninguna de las dos esferas cede energía por calor a la otra.

12.- Las mismas dos esferas de la pregunta anterior son ahora dejadas durante mucho tiempo en un refrigerador. En esa situación, al retirarlas e inmediatamente ponerlas en contacto:

a) Ninguna de las dos esferas posee calor debido a su baja temperatura.

b) Pasa energía por calor de la esfera de mayor masa a la de menor masa.

c) Ninguna de las esferas puede ceder energía por calor a la otra.

13.- Se observa que de un cubo sale energía por calor y, sin disponer de ninguna otra información, se puede decir que el cubo posee, respecto al ambiente que le rodea:

a) temperatura más elevada.

b) más energía.

c) más calor.

14.- Objetos de metal y de plástico son puestos en el interior de un refrigerador que se encuentra a (-20°C). Después de algunos días se puede afirmar que la temperatura de los objetos de plástico es:

a) Mayor que la temperatura de los objetos de metal.

b) Menor que la temperatura de los objetos de metal.

c) Igual a la temperatura de los objetos de metal.

ANEXO 2

Diferentes sensaciones de agua tibia

Objetivo: Conocer las diferentes sensaciones térmicas que produce el agua tibia.

Material: Reloj, 3 recipientes (uno con agua fría, otro con agua moderadamente caliente, otro con agua tibia).

1. Se introduce la mano izquierda en el agua caliente y la mano derecha en el agua fría. Se mantienen sumergidas un minuto.

2. Después se sacan ambas manos del recipiente y se introducen inmediatamente en el recipiente que contiene el agua tibia. Manténlas sumergidas dos minutos.

Preguntas:

1. Inmediatamente después de haber introducido las manos en el agua tibia, ¿la sensación térmica era la misma en las dos manos o era diferente?

2. Después de estar dos minutos en el agua tibia ¿la sensación térmica era la misma en las dos manos o era diferente?

3. ¿Es confiable o no el sentido del tacto en la percepción de cambios de temperatura?