

TÍTULO: EL CUADRO DE DISEÑO DEL EXPERIMENTO PARA RESOLVER TAREAS EXPERIMENTALES CUANTITATIVAS DE FÍSICA. UNA VÍA PARA LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DE LOS ESTUDIANTES.

TITLE: EXPERIMENTAL DESIGN TABLE TO SOLVE EXPERIMENTAL QUANTITATIVE TASKS IN PHYSICS. A ROUTE FOR THE SCIENTIFIC EDUCATION OF THE STUDENTS.

AUTORES:

Dr. C. Julio Leyva Haza juliol@ucp.vc.rimed.cu; leyvahaza2007@gmail.com.

Universidad de Ciencias Pedagógicas “Félix Varela Morales”, Villa Clara, Cuba. Trabaja como profesor e investigador en el Centro de Investigaciones Pedagógicas (CECIP).

Dra. C. Yusimí Guerra Véliz yusimig@ucp.vc.rimed.cu; yusimig1970@yahoo.es.

Universidad de Ciencias Pedagógicas “Félix Varela Morales”, Villa Clara, Cuba. Trabaja como profesora e investigadora en el Departamento de Matemática-Física de la Facultad de Ciencias.

RESUMEN:

El artículo aborda el trabajo experimental como una vía para la educación científica de los estudiantes. Basados en la idea acerca de que para la asimilación de las acciones, internas por su naturaleza, deben ser materializadas en su primera etapa, se propone el cuadro de diseño del experimento como recurso didáctico para lograr la materialización del diseño del experimento que se realiza durante la solución de tareas experimentales cuantitativas de Física. Para ilustrar, se expone el modo de confeccionar el cuadro usando una tarea experimental concreta. Se analizan, finalmente, las transformaciones que sufre el cuadro al ser adecuado al nivel fenomenológico de impartición de los contenidos.

ABSTRACT:

The article approaches the experimental work like a route for the scientific education of the students. Taking as a basement idea about the assimilation of internal actions has to be materialized in the first stage, we propose the Experimental Design Table as a learning strategy to materialize the experimental design while the solution of the experimental quantitative task in Physics is in course. To illustrate better, we explain how to compose the table using a particular experimental task. We, finally, analyze the transformations the student has to make in the table when the level of the content is phenomenological.

PALABRAS CLAVE: tarea experimental, experimento, Física, recurso didáctico.

KEY WORDS: experimental task, experiment, Physics, learning strategy.

INTRODUCCIÓN

Una de las dificultades que más afecta el desempeño de los alumnos en la solución de tareas es la tendencia a la ejecución u operativismo que tiene particular incidencia en las acciones, que por su naturaleza, son eminentemente abstractas. La teoría de la formación dirigida y por etapas de las acciones mentales, que asumen los autores como fundamento psicológico, exige que el tránsito hacia la forma mental se inicie por la forma materializada en la que el aprendiz pueda plasmar de antemano, en un papel o en la computadora, en forma de signos o imágenes, el proceder que prevé lo lleve a la solución. Este criterio indica que la tendencia a la ejecución puede ser atenuada considerablemente o hasta evitada si se buscan vías didácticas que propicien la materialización de las acciones de naturaleza mental.

Las investigaciones realizadas por los autores en la didáctica de la solución de tareas experimentales cuantitativas de Física han confirmado que la modelación docente constituye una vía didáctica válida que propicia la materialización de las acciones abstractas involucradas en la solución de este tipo de tareas.

Este artículo presenta y fundamenta el **cuadro de diseño del experimento** como una forma de modelación docente que propicia la materialización de las acciones correspondientes al procedimiento que planea seguir el aprendiz al diseñar el experimento que es necesario reproducir para obtener información útil para la solución

de tarea experimental cuantitativa de Física asignada. El cuadro de diseño se ha elaborado para dos niveles de tratamiento de los contenidos de Física: el teórico y el fenomenológico.

Materialización de las acciones.

La tendencia a la ejecución u operativismo, es descrita como la “inclinación exagerada de los alumnos hacia la transformación práctica del problema realizando series ininterrumpidas de operaciones de diversa naturaleza (de cálculo, manipulativas, etc.) y por el paso muy rápido, sin el análisis suficiente, a ofrecer la respuesta del problema”(Labarrere,1996, p.26).

Este fenómeno fue estudiado y descrito por Labarrere en sus investigaciones, descubriendo dos regularidades, la primera: que, en esencia, lo que se produce es un insuficiente equilibrio entre las tres funciones del pensamiento definidas por él: ejecutiva, de análisis y control valorativo; y la segunda que“la tendencia a la ejecución y la ausencia de control valorativo aumentan en una misma dirección y aparentemente están sujetas a la influencia de factores comunes” (Labarrere, 1996, p.29).

A partir de aquí desarrolla una serie de experimentos y análisis teóricos centrados en la función de control valorativo. Trabaja la solución de problemas en diadas con distribución de las funciones de ejecución y de control valorativo entre sus miembros y plantea como hipótesis, que luego es verificada, el logro del equilibrio de estas funciones y el “despliegue de la función de análisis” (Labarrere, 1996, p.35). Con esto lo que se pretende es lograr que el contenido de las funciones devenga consciente para el que la ejerce y que además sea objeto específico de enseñanza (Labarrere, 1996).

Un estudio complementario acerca de la tendencia a la ejecución puede realizarse desde las posiciones de la teoría de la actividad de Leóntiev y de la teoría de la formación dirigida y por etapas de las acciones mentales desarrollada por Galperin y sus continuadores.

De acuerdo con las principales tesis de la teoría materialista dialéctica del pensamiento y de la teoría de la actividad que sobre este fundamento formulara Leóntiev (1978), la

base de todo conocimiento humano es la actividad objetal – práctica, a lo que hay que agregar la comunicación.

Lo ideal es el reflejo de la actividad objetal en las formas de la actividad subjetiva del hombre social (en sus imágenes internas, motivos, finalidades) que reproduce este mundo objetal. Lo ideal se revela en el proceso de la formación, orientada a una finalidad, del objeto necesario y realizada en la actividad. Las formas del objeto como objeto material son puestas al descubierto por el hombre en la acción práctica con aquel y solo luego pasan al plano de la representación ideal. (Davidov, 1988, p.118)

De aquí que se señale como una de las características de la acción su forma que “caracteriza el grado (nivel) de apropiación de la acción por el sujeto: el aspecto principal de los cambios de la acción en el camino de su transformación externa (material) en interna (mental) (...) En este camino se distinguen tres formas fundamentales de la acción: la material, la verbal externa y la mental” (Talízina, 1988, p.60).

La vía propuesta por Labarrere centrada en la asimilación de roles obliga a que las etapas tengan lugar, sin embargo, se soslaya la caracterización de la acción en cuanto a su forma. A juzgar por el protocolo ofrecido por el propio autor acerca de la solución dada por los alumnos a los problemas propuestos durante el experimento (Labarrere, 1996, p.36) se puede observar que la forma en que se realizan las acciones es la verbal externa. En el caso en que ya el estudiante está preparado para dicha forma de asimilación de las acciones, la vía propuesta rendirá resultados positivos, pero en las etapas iniciales en que el sujeto comienza a asimilar las acciones, la forma debe ser la material.

Se observa pues, la necesidad de un cambio en la forma en que se ejecutan las acciones que son relegadas cuando se produce la tendencia a la ejecución, consistente en su materialización como elemento indispensable en las etapas iniciales de la asimilación de una habilidad. Se sabe, incluso, que en caso de habilidades muy complejas, determinadas acciones pueden no pasar nunca totalmente al plano mental.

Siguiendo estas tesis proponemos buscar procedimientos que posibiliten la materialización de las etapas de la solución que no los posean. De este modo, cuando

el alumno tenga que realizar determinadas acciones en forma material, las asimilará como parte de la actividad realmente y las hará objeto de su control.

Por otro lado, el estudio de la realidad no se aborda en toda su diversidad, tal tarea es imposible de cumplir, se procede de forma que se tomen solo aquellos aspectos que son importantes para el caso en cuestión, es decir, se reconstruye el objeto en forma ideal. Los símbolos y los signos son los medios de construcción del objeto idealizado, y a decir de Vigotski“(...) señalan el paso a procesos psíquicos de mayor complejidad” (Shuare, 1990, p.67). Estos objetos ideales son llamados modelos y se usan en la ciencia, la tecnología y en la enseñanza. La modelación en la enseñanza recibe el nombre de **modelación docente** y constituye el objetivo de la función de orientación. La función de orientación se materializa en modelos. Márkova señala al respecto: “Los modelos docentes son necesarios para darles a las propiedades generales seleccionadas una forma materializada que facilite la transformación del objeto que se estudia” (Lompscher, 1987, p.83).

Fridman divide la modelación docente de acuerdo con el objetivo de su utilización en la enseñanza en dos tipos: la modelación de objetos de estudio y la modelación de acciones y operaciones para el estudio de objetos de algún tipo.

La modelación de objetos de estudio “sirve para determinar y registrar en forma visual activa aquellas relaciones universales que reflejan la esencia científico teórica de los objetos que se estudian” (Lompscher, 1987, p.83).

La modelación de acciones y operaciones para el estudio de objetos de algún tipo “sirve para determinar y registrar, en una forma fácilmente visible y visual el esquema general de las acciones y operaciones que se utilizan durante este estudio” (Lompscher, 1987, p.84).

En la solución de tareas teóricas (también denominadas de lápiz y papel) se distinguen como dos de las partes estructurales de su método de solución la *Comprensión de la tarea* y la *Confeción del plan de la solución*. La primera se materializa a través de la representación gráfica, esquemática, simbólica (modelación) de la situación objeto de estudio en las condiciones dadas; mientras que la segunda lo hace mediante el diseño

de las operaciones a ejecutar para transformar el objeto y cumplir con las exigencias. A través de estas estructuras se realiza la función orientadora del método de solución de las tareas teóricas.

Al correlacionar las acciones referidas con los modelos docentes definidos por Fridman notamos su correspondencia. A la *Comprensión de la tarea* le corresponde la modelación del objeto de estudio, a la *Confeción del plan de la solución* le corresponde la modelación de acciones y operaciones para el estudio de objetos de algún tipo

En resumen, *una forma ligada a los procedimientos, que también puede lograr que las acciones se hagan conscientes y evitar, en consecuencia, que sean relegadas durante la solución de una tarea es su materialización mediante el procedimiento de modelación.* Hemos encontrado además, que existe una relación entre las acciones con predominio de la función de orientación y los tipos de modelación dados por Fridman; de modo que la *Comprensión de la tarea* se materializa a través de la modelación del objeto de estudio y la *Confeción del plan* de la solución se materializa a través de la modelación de las acciones y operaciones para el estudio del objeto.

El diseño del experimento.

Definimos experimental a *la tarea que encuentra su solución mediante la transformación teórica del modelo del objeto físico y la realización de un experimento, que es medio para obtener información decisiva para la solución y constituye además, la dirección en que se proyectan todas las acciones.*

La definición dada condiciona que la solución de tales tareas se alcance mediante la ejecución de un experimento que debe ser diseñado previamente. Al hablar de diseño del experimento nos estamos refiriendo a planear el experimento que servirá de base para darle solución a la tarea experimental.

El *Diseño del experimento* es la etapa en que culmina la confección del plan de la solución. Durante su realización se debe establecer y registrar el esquema general de las acciones y operaciones que se llevarán a cabo en la siguiente etapa en que se ejecuta el experimento. Por consiguiente, y de acuerdo con L. M. Fridman, se materializa a través de la *modelación de las acciones y operaciones para el estudio del objeto.*

De ahí se desprende la necesidad de establecer una modelación docente como recurso didáctico que permita materializar las acciones de la etapa de *Diseño del experimento*, el cual entraría a formar parte de la estructura del método de solución de tareas experimentales cuantitativas de Física.

El recurso se concreta en proponer las condiciones en que debe ser reproducido el fenómeno según las cuales se ha conformado la solución, deben definirse además, el modo en que serán medidas las magnitudes físicas, así como los instrumentos de medición que se usarán para ello.

De los requerimientos enunciados en el párrafo anterior pueden ser derivados los tres componentes del diseño, ellos son: el *sistema experimental*, el *sistema de medición* y la *técnica operatoria*.

El **sistema experimental** es el conjunto de materiales, equipos y accesorios necesarios para reproducir el fenómeno, así como los auxiliares para realizar las mediciones. El **sistema de medición** es el conjunto de instrumentos de medición y las exigencias a estos y al sistema experimental para obtener los datos de la calidad requerida. La **técnica operatoria** es el conjunto de operaciones que se llevarán a cabo con el *sistema experimental* y el *sistema de medición* para reproducir el fenómeno y realizar las mediciones directas.

De las definiciones dadas se aprecia que no es posible determinar estos tres componentes de forma aislada ya que están estrechamente relacionados, y elementos de uno pueden determinar al otro y viceversa.

¿Cómo operar en la práctica para determinar cada uno de estos componentes? Por ejemplo:

Tarea experimental: Una constante importante para describir los fenómenos mecánicos es la aceleración de la gravedad en el lugar. Con ayuda de un cuerpo que cae libremente desde cierta altura determine su valor.

En este enunciado se establece como condición, el fenómeno a partir del cual debe ser resuelta la tarea y la determinación de la aceleración de la gravedad constituye la

exigencia. Para una mejor comprensión de la situación puede hacerse la siguiente modelación esquemática:

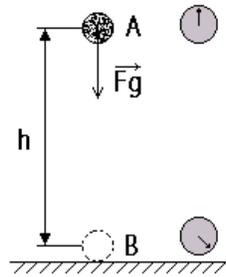


Fig. 1 Modelación del fenómeno de caída libre.

Una vez que la tarea ha sido comprendida por el aprendiz comienza su solución teórica (Leyva, 2002) que comienza con la elección del método físico que se va a utilizar para describir matemáticamente el fenómeno de caída libre y termina con la obtención de la función de la medición.

En particular resulta equivalente acometer la solución por los métodos cinemático, dinámico y energético. Basta elegir uno de ellos. Aquí se usarán los tres para que el lector pueda comparar las soluciones y la igualdad de la función de la medición que se obtiene como resultado.

Método cinemático	Método dinámico	Método energético
$h = \frac{1}{2}gt^2$ $g = \frac{2h}{t^2}$	$\vec{F}_R = m\vec{a}, \quad mg = ma$ $g = a, \quad h = \frac{1}{2}at^2$ $a = \frac{2h}{t^2}$ $g = \frac{2h}{t^2}$	$E_A = E_B$ $mgh = \frac{mv^2}{2}, \quad g = \frac{v^2}{2h}$ $v = gt, \quad g = \frac{(gt)^2}{2h}$ $g = \frac{2h}{t^2}$

Donde: h es el valor del desplazamiento del cuerpo al caer, t es el tiempo que demora la caída, g es el valor de la aceleración de la gravedad, \vec{F}_R es la fuerza resultante que

actúa sobre el cuerpo, m es la masa del cuerpo que cae, \vec{a} es la aceleración que caracteriza la caída, E_A y E_B son las energías mecánicas del cuerpo al comenzar a caer y al tocar la superficie respectivamente y \vec{v} es la velocidad del cuerpo en el instante en que toca la superficie.

Aquí culmina la solución teórica de la tarea, pasemos a la solución experimental.

Ahora corresponde delimitar los tres componentes del diseño del experimento.

Para facilitar la búsqueda se deben extraer del propio proceso de experimentación determinados criterios que ayuden en esta labor. El experimento comprende al objeto que se somete a experimentación (cuerpo o fenómeno físico), al modelo físico del objeto (diferenciar entre aquellos factores que ejercen una influencia esencial sobre el curso del fenómeno y aquellos que pueden no ser tenidos en cuenta), las magnitudes que caracterizan a las propiedades del modelo del objeto en las condiciones del experimento y, por último, la medición de las magnitudes, que incluye, el modo en que serán tomados sus valores durante el experimento, así como una valoración de la incertidumbre debida a la influencia de diversas fuentes. Esto nos da las claves para encontrar los criterios que ayudarán a determinar los componentes del diseño.

Se llamarán **factores** a los criterios que determinan los componentes del diseño experimental. Ellos son:

1. Fenómeno que se reproduce

Para medir las magnitudes involucradas en la función de las mediciones necesario reproducir experimentalmente el fenómeno en que dichas magnitudes se manifiestan. Este factor depende del equipamiento de que se disponga y prescribe los elementos mínimos necesarios del montaje para reproducir el fenómeno.

2. Modelos

El o los modelos físicos del objeto de la medición utilizados para dar solución teórica a la tarea deben estar en correspondencia con el sistema experimental que se emplee para reproducir el fenómeno, es decir, debe lograrse la discordancia mínima entre los

modelos y la realidad, esto se hace acercando la realidad del experimento a los modelos.

Hay casos en que no es posible lograr un acercamiento de la realidad al modelo y es necesario proceder a la inversa. Se elegirá entonces, un nuevo modelo que describa más fielmente la realidad y en base a él se buscará una nueva función de la medición. Este proceso puede ser cíclico y de hecho en la ciencia se da de esta manera al resolver tareas tales como determinar, cada vez con mayor exactitud, el valor de las constantes físicas, o verificar en la práctica la veracidad de la formulación matemática de las leyes fundamentales (Leyva, 1999).

3. Magnitudes a medir

Al resolver teóricamente la tarea se obtiene la función de la medición, en ella están contenidas las magnitudes que deben ser medidas directamente de acuerdo con la exigencia del enunciado. Ellas determinarán los instrumentos de medición y accesorios que son necesarios. Este factor depende del equipamiento de que se disponga, así como del método de medición elegido (Leyva, 2003).

4. Método de procesamiento de los datos

Este factor exige que las mediciones sean repetidas varias veces. Si esto se hace bajo las "mismas" condiciones o variando las condiciones depende de si el método de procesamiento de los datos que se elija es el analítico o el gráfico.

5. Incertidumbre en las mediciones

Debe hacerse un tanteo usando el concepto de incertidumbre relativa y teniendo en cuenta el criterio de calidad de la medición para lograr lo siguiente:

1. La precisión de todas las mediciones directas debe ser aproximadamente la misma, esto evita esfuerzos innecesarios en mediciones muy precisas cuando no se pueda lograr la misma precisión en la medición del resto de las magnitudes.

2. Asegurar la calidad de la medición ya sea usando el instrumento de la resolución adecuada, o bien midiendo un valor de la magnitud tal que la garantice de acuerdo con el instrumento de medición disponible.
3. Si el método de procesamiento es el gráfico, se deberá determinar, sobre la base de las incertidumbres, cuáles magnitudes es mejor mantener constantes y cuáles variar.

Este factor depende del equipamiento disponible.

Para organizar mejor el diseño del experimento recomendamos usar una tabla de doble entrada como la que se muestra en la figura 1, donde por la horizontal se han colocado los componentes del diseño y por la vertical los factores que los determinan. El contenido de la tabla corresponde al caso del ejemplo que se viene analizando. Esta tabla es el cuadro de diseño del experimento en la que las acciones para la ejecución del experimento se planean con anterioridad, se hacen conscientes y se materializan en signos al completarla.

La lectura apaisada de la tabla ofrece todos los elementos necesarios para llevar a cabo el experimento que forma parte de la solución de la tarea experimental.

Componentes		Sistema experimental	Sistema de medición	Técnica operatoria
Factores				
Fenómeno	Caída Libre	Cuerpo		Dejar caer el cuerpo.
Modelos	<ul style="list-style-type: none"> • Punto material. • Se desprecia el rozamiento con el aire. 	Cuerpo de tamaño mucho más pequeño que la longitud de la trayectoria que recorrerá, lo suficientemente pesado como para que la resistencia del aire no afecte apreciablemente su		

		movimiento y de forma esférica para disminuir la superficie en contacto con el aire así como su acción.		
Magnitudes a medir	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud • Tiempo 	Marcador de la altura desde la que cae el cuerpo.	<ul style="list-style-type: none"> • Cronómetro • Regla 	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la altura del marcador desde la superficie sobre la que cae el cuerpo. • Conectar el cronómetro al dejar caer el cuerpo. • Desconectar el cronómetro en el instante en que el cuerpo haga contacto con la superficie.
Método de procesamiento de los datos	Analítico			Realizar varias veces las mediciones directas sin variar la altura.
Incertidumbre en las mediciones	Se dispone de un cronómetro cuya resolución (R_t) es de 0,2 s.		<p>Según el criterio de calidad:</p> $t > 2s$ <p>A partir de cálculos aproximados:</p> $h = \frac{1}{2}gt^2, \quad h > 20 m$ <p>La altura no debe ser menor que 20 m.</p> <p>Según la equivalencia de la calidad de las mediciones la resolución de la regla debe ser escogida según la expresión:</p> $R_h = R_t \frac{h}{t}$	Escoger el valor de la altura y realizar una medición aproximada de h y t para determinar R_h .

Generalmente la construcción del cuadro de diseño del experimento se acompaña de un dibujo esquemático que parte de la modelación del fenómeno (ver Fig. 1) que con frecuencia se esboza durante la etapa de comprensión de la tarea y es enriquecido aquí mostrando la ubicación y relación espacial de los elementos declarados en los componentes del cuadro. En el ejemplo que se analiza no hay nada que agregar, pero

en casos que se realicen montajes más complejos o se involucren dispositivos tales como circuitos eléctricos, resulta imprescindible.

Como se ve del ejemplo anterior, rigurosamente, el diseño del experimento comienza a decidirse desde que se emprende la búsqueda de la vía de solución, cuando se discierne el fenómeno a partir del cual se conforma la solución; así como durante la propia solución teórica de la tarea en que la función de la medición se construye en función de las magnitudes que ya mentalmente se planea cómo medir, ya sea sobre la base de los métodos de medición conocidos o de los instrumentos de medición de que se dispone. Por tanto, no puede verse el diseño del experimento como una etapa que se da únicamente durante la etapa del mismo nombre, sino que ella extiende sus lazos a otras etapas del método de solución.

Hasta llegar al diseño solo se tienen algunas ideas sobre él y cuando se lleva a cabo se hace un completo despliegue de su contenido. Es en la etapa del *Diseño del experimento* donde finalmente las ideas se concretan, se completan y toman su forma definitiva.

Concluyendo, se ha propuesto el cuadro de diseño del experimento y el modo de construirlo, como forma de modelación docente que permite materializar las acciones de la etapa de Diseño del experimento durante la solución de tareas experimentales cuantitativas de Física.

Adecuación del diseño del experimento al nivel fenomenológico del contenido.

El sistema educacional cubano contempla varios niveles y modalidades en que se desarrolla el proceso educativo de la Física. No en todos los casos la Física se enseña de la misma forma. En niveles superiores, o más especializados, el proceso educativo de la Física tiene un marcado carácter teórico haciendo énfasis en los elementos abstractos de la teoría así como presentándola con la estructura que a este nivel corresponde. La Física es impartida, además, en niveles bajos o no especializados de forma fenomenológica (nivel empírico). En este caso no se penetra profundamente en la esencia del objeto de estudio, sino que se hace una presentación elemental de esa

esencia, a la cual se llega empíricamente y se dirige en mayor medida la atención a las formas en que dicha esencia se manifiesta.

El cuadro para materializar el diseño del experimento en la solución de una tarea experimental cuantitativa de Física, que se acaba de presentar, es adecuado donde esta disciplina se enseña con carácter teórico. En él se han recogido elementos de la estructura teórica del tratamiento de los contenidos y de la investigación científica sistematizada.

La enseñanza fenomenológica de la Física no puede asumir en la solución de tareas experimentales el cuadro del diseño del experimento tal y como fue presentado en el acápite anterior. Se hace necesario adecuarlo al nivel fenomenológico y al lenguaje de la ciencia que a este nivel corresponde y que dominan los alumnos.

Los componentes del diseño, en número, no pueden ser variados, por cuanto no quedaría completa la solución. Se les modificarán sus denominaciones por otras más simples. Al sistema experimental se le llamará *materiales*, al sistema de medición simplemente *instrumentos* y a la técnica operatoria, *indicaciones*. Por otro lado, atendiendo a que, como se dijo anteriormente, los alumnos no dominan los contenidos al nivel teórico, no todos los factores pueden ser tenidos en cuenta al diseñar el experimento. Se limitarán a considerar solamente: el *fenómeno*, las *magnitudes a medir* y la influencia de las *incertidumbres en las mediciones*.

Usando como criterios, que la calidad de las mediciones se define a partir de la incertidumbre relativa, y el hecho de que cuando la resolución del instrumento es mucho mayor que el efecto aleatorio de la incertidumbre, el segundo queda enmascarado por la primera y no necesita ser cuantificado, se diseñarán experimentos en los cuales los valores de las magnitudes a medir sean seleccionados de modo que se garantice su calidad, y los instrumentos de medición que se usen para ello enmascaren los efectos aleatorios de la incertidumbre. Esto corresponde a las exigencias del nivel.

Implicaciones del cuadro de diseño del experimento.

Aunque no se ha declarado tácitamente en este artículo, durante la solución exitosa de una tarea experimental el estudiante transita por etapas que resultan más o menos evidentes en dependencia del desarrollo de habilidades que haya alcanzado para ello de la complejidad de la tarea, pero son, en definitiva, invariantes que han sido declaradas como macroestructura de solución o procedimiento heurístico para la solución de tareas experimentales cuantitativas de Física, tomando en consideración los trabajos realizados por Polya (2002), Labarrere (1996), Shoenfield (1999), Lompscher (1987), Sifredo & Cabrera (1988), (Núñez & Ferrer (1989), entre otros. En tópicos anteriores se ha hecho referencia a algunas de las etapas sin revelar la estructura del método. El lector puede encontrar esa información en: Leyva, 2002.

Sí es útil, a nuestro juicio, declarar aquí que las etapas del método heurístico referido no se dan en la práctica pedagógica con una frontera definida entre ellas, ni se suceden en secuencia lineal; su manifestación como fenómeno educativo es mucho más compleja de lo que cualquier representación esquemática generalizada pueda mostrar. Lo que ocurre en realidad es que, por un lado, las etapas se superponen unas a otras durante la solución de una tarea concreta y por otro, hay un tránsito continuo y reiterado de etapas anteriores a otras posteriores, así como un regreso a las primeras hasta conformar finalmente la solución. Estos dos aspectos personalizan y particularizan el método heurístico estableciendo ciertas relaciones únicas entre la tarea concreta y el sujeto que la resuelve, que son el resultado de la manifestación de las particularidades cognitivas y afectivas de este último para con la primera. Tal suceso no niega la existencia del método heurístico, todo lo contrario, su particularización lo enriquece, lo llena de contenido.

Con relación al cuadro de diseño, esto se manifiesta de varias formas, dos de las cuales son: el hecho de que algunos elementos del diseño del experimento comiencen a delimitarse desde que se lee el enunciado de la tarea por primera vez y el regreso desde etapas posteriores al cuadro de diseño una y otra vez para agregar información o para realizar enmiendas a la ya existente.

Expliquemos esto último con más detalle, se considera que el cuadro de diseño queda completado cuando se dé por concluida la orientación como parte funcional de la acción en la solución experimental de la tarea que tiene una función prospectiva, sin embargo, aun durante la ejecución del experimento pueden aparecer requerimientos que no se tuvieron en cuenta durante el diseño que lleven a nuevas acciones de perfeccionamiento del contenido del cuadro, que pueden ser plasmadas en él por escrito o tomadas en cuenta directamente en la ejecución del experimento. Es tarea del profesor velar porque tales completamientos o enmiendas que no se asentaron en el cuadro sean concientizadas por el estudiante y tomadas en cuenta por él la próxima vez que resuelva una tarea experimental que lo requiera, y sean incluidas en el cuadro en la solución de nuevas tareas mientras no hayan pasado a la forma mental.

Un estudiante puede alcanzar un grado de desarrollo tal de la habilidad de diseño del experimento que no necesite escribir el cuadro de diseño. En realidad esto es poco frecuente porque el diseño de experimentos es una habilidad compleja, además algunas de sus operaciones necesitan ser materializadas en forma de ecuaciones, cálculos matemáticos, etc., lo cual dificulta su paso total al plano mental. Lo que sucede con mayor frecuencia es que con el desarrollo gradual de la habilidad, la cantidad de información contenida en el cuadro escrito se reduce, se sintetiza, disminuye su despliegue. Es posible prescindir totalmente del cuadro de diseño solo cuando la experticia del estudiante y la complejidad de la tarea lo permitan.

Con esto estamos declarando que el cuadro de diseño no es un procedimiento obligatorio para todo aquel que soluciona una tarea experimental, sino solo para quienes no han asimilado sus acciones a nivel mental, aunque la tarea concreta puede contener acciones tan complejas que exigen que permanezcan materializadas aun cuando se haya asimilado la habilidad, ello se observa hasta en el desempeño de los científicos. Como mismo la forma de registrar la información en el cuadro no es estricta siguiendo las reglas que se han dado aquí, el cuadro se personaliza por quien resuelve la tarea, lo más importante es que contenga la información que tome en consideración todos los aspectos necesarios para la ejecución de un experimento exitoso. Visto así, no debe ser una meta para el profesor llegar a prescindir totalmente del cuadro de

diseño cuando se da solución a una tarea experimental aunque si debe ser su objetivo simplificar el despliegue de la información en él contenida.

No siempre la síntesis informativa del cuadro de diseño es una evidencia de que una buena parte de las operaciones que han de realizarse cuando se ejecute el experimento han pasado a la forma mental y no es necesario que se materialicen, esto puede ocurrir también por la contraposición constante, a que se ve sometido el sujeto durante la solución de la tarea, entre la tendencia a la ejecución y la materialización de aquellas acciones que por su naturaleza son abstractas. La contraposición entre la tendencia a la ejecución y la prospección de las acciones son contrarios que se manifiestan en la ejecución de la actividad del sujeto, desde el punto de vista filosófico es una expresión de la contradicción entre las categorías caos y orden.

El papel del cuadro de diseño en particular y de la modelación docente en general consiste en evitar que una determinada etapa de la solución (u operaciones mediante las que se realiza) pase inadvertida para el sujeto. Tal etapa, al hacerse consciente contribuye al desarrollo de las funciones metacognitivas del sujeto que resuelve la tarea.

CONCLUSIONES

La modelación docente es un procedimiento didáctico para lograr la materialización de las acciones de naturaleza abstracta en las primeras etapas de asimilación de la acción. Con la modelación docente se puede evitar que este tipo de acciones sean relegadas durante la solución de una tarea.

Existe una relación entre las acciones con predominio de la función de orientación y los tipos de modelación dados por Fridman; de modo que la *Comprensión de la tarea* se materializa a través de la *modelación del objeto de estudio* y la *Confeción del plan de la solución* se materializa a través de la *modelación de las acciones y operaciones para el estudio del objeto*.

El cuadro de diseño del experimento constituye una forma de modelación docente en la etapa de *Diseño del experimento* en la solución de tareas experimentales cuantitativas

de Física, y debe ser adecuado a las particularidades del nivel de enseñanza de que se trate.

El cuadro del experimento está constituido por el sistema experimental el sistema de medición y la técnica operatoria y son factores que los determinan el fenómeno que se reproduce, los modelos, las magnitudes a medir, el método de procesamiento de los datos y las incertidumbres en las mediciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Davidov, V. V. (1988). *La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico*. Moscú: Progreso.
- Labarrere, A. (1996). *Pensamiento: Análisis y autorregulación de la actividad cognoscitiva de los alumnos*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Leyva, J. L. (1999). La contradicción modelo-realidad en los problemas experimentales. *Ethos educativo*, N° 20, 56-63.
- Leyva, J. L. (2002). *La estructura de solución de tareas experimentales de Física como invariante de contenido*. Tesis de grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas, Villa Clara, Cuba.
- Leyva, J. L. (2003). Ayuda la teoría de errores a diseñar experimentos. *Revista Mexicana de Física*, 49(1) ,57-60.
- Leóntiev, A. N (1978). *Actividad, conciencia y personalidad*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Lompscher, J. (1987). *Formación de la actividad docente de los escolares*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Núñez, V. & Ferrer, M. A. (1989). *Orientaciones metodológicas para las demostraciones y trabajos de laboratorio: Física: 10mo grado (OMDTL)*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Polya, G. (2002). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas.
- Shuare, M. (1990). *La psicología soviética tal y como yo la veo*. Moscú: Progreso.

Schoenfeld, A. H. (1999). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. *Paper presented at the 1999 annual meeting of the American Educational Research Association*. Montreal.

Sifredo, C. E. & Cabrera, J. E. (1988). *Orientaciones metodológicas para la solución de problemas: Física: Onceno grado*. La Habana: Pueblo y Educación.

Talízina, N. F. (1988). *Psicología de la enseñanza*. Moscú: Progreso.