

El método científico experimental en las clases de laboratorio de física

The experimental scientific method in Physics laboratory lessons

M. Sc. Luis Cristobal Landa Peláez

luis.landa@reduc.edu.cu

Dr. C. Carlos Manuel Morales Crespo

carlos.morales@reduc.edu.cu

M. Sc. Raúl Almarales Martín

raul.almarales@reduc.edu.cu

Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte y Loynaz"

Los autores son profesores de Física de la Universidad de Camagüey. **Morales Crespo** es Doctor en Ciencias Pedagógicas y Profesor Titular, y al igual que **Landa Peláez** tiene 36 años de experiencia en la Educación Superior y se han desempeñado como directivos de disciplinas y departamentos relacionados con la enseñanza de la física en la universidad. **Morales Crespo** es miembro de la Comisión Nacional de la carrera de Matemática-Física mientras **Landa Peláez** se desempeña como jefe del departamento de Educación Ciencias Exactas. **Almarales Martín** tiene nueve años de experiencia en la impartición de programas de Física General en la educación superior.

RESUMEN

En el presente estudio los autores abordan la aplicación del método científico experimental en el proceso de enseñanza de la Física como parte del modelo de aprendizaje como investigación en la carrera de Matemática-Física. El análisis de diferentes resultados investigativos publicados en la última década permitió identificar avances significativos en este campo, sobre todo en cuanto a la operacionalización del método y la utilización de simulaciones y experimentos virtuales en la enseñanza de la Física, sin embargo, aún persisten insuficiencias en el proceder de los docentes que limitan la apropiación del método por parte de los estudiantes. En particular, se ofrece a los docentes una alternativa metodológica para la introducción del método científico experimental, en las prácticas de laboratorio de Física, que contribuye al tránsito de los estudiantes por los procedimientos del citado método. Finalmente se expone un ejemplo concreto del modo en que se aplicó la alternativa metodológica en una clase de laboratorio de Física.

Palabras clave: método científico experimental, laboratorio de física, modelo de aprendizaje como investigación.

ABSTRACT

This article deals with the application of the experimental scientific method in the teaching and learning process in Mathematics-Physics career as a part of learning by researching model. The study of references and the analysis of

former research findings allow identifying significant achievements in the last ten years, mainly about the application of the method and also the use of virtual experiments and simulation in teaching Physics. However, there are several shortcomings of procedural nature that hinder the students' appropriation of the method. The main finding is a proposal of a teaching alternative to achieve the learning of the experimental scientific method and its procedures by the students. Finally, that teaching alternative is illustrated in a particular Physics laboratory lesson

Keywords: Experimental scientific method, Physics lab, learning by research model.

En los momentos actuales se hace más evidente que el desarrollo científico, tecnológico y social de las diferentes sociedades está determinado, en gran medida, por la calidad en la formación de los profesionales de la educación, lo cual les permitirá posteriormente, asumir con espíritu activo y creador, la solución de las diversas tareas que demanda el desarrollo económico del país. Es por ello que resulta de vital importancia dar prioridad a la inversión en educación, la ciencia y la tecnología, así como la aplicación de los resultados de la investigación científica en el proceso productivo, independientemente de las dificultades que haya tenido que enfrentar el país en un momento determinado.

Una vía a tener en cuenta para cumplir con este propósito, dentro del marco de las transformaciones que se llevan a cabo en los distintos niveles de educación en nuestro país, en particular, en la formación del profesional de Matemática-Física en las universidades del país, es relacionar a los estudiantes con las nociones básicas de los métodos y formas de trabajo que utiliza la ciencia y la tecnología contemporáneas.

Los insuficientes resultados de aprendizaje obtenidos durante las últimas décadas en la enseñanza de la Física (Valdés, Valdés, Fundora, Pedroso, Moltó, & Pérez, 2002), una de las ciencias en las que se prepara este profesional, han traído como consecuencia un inusitado interés por transformar en profundidad la educación científica que se lleva a cabo en las escuelas y que tiene su explicación en los importantes cambios socioculturales que han tenido lugar en el contexto de la enseñanza de las ciencias y que no han sido suficientemente considerados. Estos cambios a juicio de Valdés y otros (2002) son la colosal implicación de la ciencia y la tecnología en la situación del mundo y en la vida del ciudadano común; el relevante papel desempeñado por la información, el conocimiento científico y los medios de comunicación en la sociedad actual y las modificaciones ocurridas en las características de la actividad científico-investigadora.

Es en este contexto que el *método científico experimental como modelo didáctico de aprendizaje* (Gil, y otros, 1996) adquiere especial connotación, el cual se basa en su empleo como herramienta docente para lograr el cambio que se pretende y la orientación sociocultural en el aprendizaje de los estudiantes (Almarales y Gómez, 2013), pero que va más allá al tener en cuenta, y ser reflejo, de aspectos esenciales

de la actividad investigativa contemporánea y prestar atención, además, a las características fundamentales de la actividad psíquica humana.

Estos resultados explican el porqué de la necesidad de prestar atención al trabajo experimental en la enseñanza de la Física (Márquez, 2011). Ajuicio de los autores, no es suficiente que se realicen las prácticas de laboratorio, sino que hay que prestar mayor atención al método empleado para el desarrollo de este tipo de clases, de modo que se logre un mayor nivel de implicación del estudiante en el proceso de construcción de los conocimientos, elevar el protagonismo de los mismos durante la realización de la práctica y sobre todo en el momento de la discusión y explicación de los resultados. En la actualidad, las prácticas de laboratorio de Física o no se realizan o transcurren en un ambiente poco favorable para propiciar la participación activa de los alumnos (Landa, 2002; Pozas, Marrero y Rodríguez, 2014), pues por lo general se reducen a entregar a los estudiantes una guía de actividades a realizar, para lo cual estos no necesitan prácticamente pensar, sino que se limitan a seguir, casi automáticamente, la receta que ante ellos ha colocado el profesor, con lo que se produce un distanciamiento entre los métodos de la Física como ciencia natural y el que se sigue en las clases de laboratorio. En la generalidad de los casos las prácticas de laboratorio se dedican a la comprobación experimental de determinadas leyes estudiadas en clases anteriores o a la medición de constantes físicas, lo que trae como consecuencia que:

- El alumno siempre cuente con una guía de acciones en el laboratorio, con los instrumentos preseleccionados, con orientaciones acerca de las variables a medir, cómo medirlas, y hasta el modo de realizar la recogida de datos y el procesamiento de los mismos.
- No se delimita el problema ni se trabaja con hipótesis.
- El alumno ejecuta el plan de acciones mecánicamente y las mediciones que realiza, por lo general, carecen de sentido para él y no contribuyen a un aprendizaje significativo, en concordancia con las ideas expuestas por Sampedro, Garlobo y Roca (2014).

El artículo tiene como objetivo ofrecer una alternativa metodológica para los docentes de Física que propicie el tránsito de los estudiantes por los procedimientos del método científico experimental, como acercamiento de las clases de laboratorio de Física a los métodos de obtención del conocimiento.

Métodos

En la investigación, se aplicaron métodos propios del nivel teórico como el analítico-sintético, inductivo-deductivo, la modelación, y el análisis documental que permitieron realizar una sistematización teórica de los trabajos más importantes publicados sobre el particular con el fin de precisar los fundamentos teóricos que sustentan el método y sus procedimientos; así como a la alternativa metodológica que se ofrece a los docentes de la especialidad.

En un segundo momento, para la concepción de la alternativa metodológica propuesta, se aplicó el método experimental y sus procedimientos en una clase de laboratorio de Física. Para ello se utilizaron diversos materiales e instrumentos de medición tales como un taco de madera, superficies de diferente

naturaleza y dinamómetros. Todo ello permitió a los autores sintetizar las ideas que se presentan como alternativa metodológica para la introducción del método científico experimental en las clases una vez diseñada su contextualización al programa de Física.

Resultados

La revisión del estado de la problemática investigada revela que en los últimos 10 años, los investigadores han planteado soluciones desde diversas perspectivas. Así, por ejemplo, Andrés, Pesa y Moreira (2006) basaron sus propuestas en la teoría de campos conceptuales de Vergnaud, y arribaron a la conclusión de que “[...] la enseñanza del dominio metodológico inherente a los trabajos de laboratorio continúa siendo un problema de investigación”. (2006, pág. 134), así como que estos conocimientos requieren ser aprendidos por los estudiantes y deben ser declarados como metas explícitas de aprendizaje durante los trabajos de laboratorio. En ese dominio, identifican procesos típicos del quehacer de la ciencia, como: generar predicciones, formular hipótesis, seleccionar métodos, diseñar secuencias experimentales, recolectar, procesar, analizar e interpretar datos, elaborar síntesis y conclusiones, y derivar nuevas preguntas o acciones para seguir profundizando e investigando (Andrés, Pesa, & Moreira, 2006).

Marineli y Lopes de Almeida (2006) consideran que los errores y las dificultades de los estudiantes en el trabajo de laboratorio se deben a una concepción inadecuada, de sentido común, relativa a la física como una ciencia que estudia y modela la naturaleza, aspecto que, según estas autoras, puede ser más fuerte que las dificultades con el formalismo estadístico para el tratamiento de los datos.

En la investigación realizada por Higa y Boaventura se reconoce que las investigaciones sobre el trabajo experimental “[...] *contemplan dos grandes enfoques: uno que valora el aprendizaje y otro que valora la interacción*”. (2012, pág.83). Dentro del primero se incluyen aquellos trabajos de laboratorio que promueven actividades experimentales para comprender la actividad científica y para articular los conocimientos teóricos con los prácticos. En el segundo, se trata la actividad experimental desde la perspectiva de la participación del alumno en la ejecución de la misma y las relaciones entre los participantes.

Horta y González establecen diferenciaciones entre las ciencias formales y las factuales, a partir de que “[...] *los métodos de investigación de las primeras no son siempre aplicables a las segundas*.” (2012, pág.62). Afirman que mientras a las ciencias formales les basta la lógica para demostrar sus proposiciones con rigor, las factuales necesitan además de la observación y el experimento. Para estos autores, el uso de la informática “[...] *no puede sustituir a la experiencia que se obtiene del proceso de ensayo y error asociado al experimento y a la manipulación de los instrumentos y objetos reales. Son dos procedimientos totalmente diferentes, que sirven para entrenar habilidades también diferentes*”(pág.64).

En esta misma dirección Hurtado, Lombana, Ocaña y Fonseca apuntan que, “[...] *los docentes y estudiantes deben agruparse con el fin de desarrollar un trabajo colectivo, que permita mayor solidez y coherencia en las propuestas de solución, bien sean ellas de carácter teórico, experimental convencional, simulado o experimental asistido por computador*”.(2007, pág.15), pero advierten que “[...] *la investigación en la enseñanza de la Física muestra que los avances tecnológicos no conllevan necesariamente a una mejora en el aprendizaje*” (pág.18).

Crespo, Álvarez y Bernaza (2005), definen la práctica de laboratorio como:

[...]el proceso de enseñanza-aprendizaje facilitado y regulado por el profesor, que organiza temporal y espacialmente para ejecutar etapas estrechamente relacionadas, en un ambiente

donde los alumnos pueden realizar acciones psicomotoras, sociales y de práctica de la ciencia, a través de la interacción con equipos e instrumentos de medición, el trabajo colaborativo, la comunicación entre las diversas fuentes de información y la solución de problemas con un enfoque Interdisciplinar-Profesional” (Crespo, Álvarez, & Bernaza, 2005, pág. 5).

Desde esta misma perspectiva estos autores consideran que la práctica de laboratorio virtual es:

...un proceso de enseñanza-aprendizaje, el cual el profesor organiza, facilita y regula asincrónicamente y donde el alumno interactúa con un objeto de estudio convenientemente simulado en un entorno multimedia (digital), a través de un software para el logro de la experimentación y/u observación de fenómenos, que permiten obtener un aprendizaje autónomo con un currículum flexible. (pág.34)

En esta concepción de práctica de laboratorio virtual, Crespo y otros (2005) reconocen las ventajas que esta ofrece para la enseñanza y el aprendizaje de la Física, sin embargo, sitúa entre sus principales desventajas las siguientes:

- *Atenta contra las relaciones sociales en el proceso de formación, pues encontrará en este medio cuanto pudiera necesitar sin necesidad de interrelacionar con otras fuentes e información.*
- *Afecta la creatividad e iniciativa de los alumnos en cuanto a las habilidades manipulativas y destrezas en las opciones de selección de montajes experimentales y toma de decisiones debido a la perfección que se ha pretendido lograr.*
- *Atenta contra el conocimiento real e interacción con las diversas fuentes de error implícitas en todo proceso de experimentación y el tratamiento de estas. (pág.35).*

Desde esta perspectiva Crespo y otros (2005) concibieron alternativas para el trabajo experimental que pretenden otorgarle un nivel de independencia creciente a los estudiantes, al transitar desde una concepción de guía de práctica de laboratorio en la que estos reciben todas las orientaciones del profesor, hasta aquella en que sólo se dan ciertas informaciones generales y los estudiantes tienen que buscar, por ejemplo: la teoría en que se fundamenta el experimento, según el modelo teórico; la formulación del problema; y, el diseño experimental. En esta concepción el autor ofrece una metodología para los docentes, en la que contempla los modos en que estos últimos deben proceder antes, durante y después de la realización de una práctica de laboratorio, las que aportan un mayor grado de coherencia a esta actividad, sin embargo, no queda claro cómo se insertan las diferentes acciones en el sistema de clases de una asignatura y, por otra parte, no expresa con nitidez el papel que le corresponde a la observación de fenómenos para la identificación y formulación de los problemas.

Más recientemente Legañoa, Hernández y Pérez (2015) recomiendan utilizar en el proceso de enseñanza- aprendizaje de la Física, además de las estrategias para la comprensión del texto, estrategias didácticas basadas en simulaciones virtuales de fenómenos reales y estrategias para la resolución de problemas. Estos autores se basan en la idea desarrollada por Legañoa (1999) donde afirma que “[...] esta actividad es de gran utilidad para potenciar el razonamiento analítico, así como tiende a desarrollar en los estudiantes el método experimental, lo cual es fundamental en la Física”. (p.42).

Respecto al método científico experimental existe consenso entre los investigadores en cuanto a los procedimientos para su aplicación, los cuales se resumen en los siguientes:

- a) Formulación del problema a investigar.
- b) Planteamiento de la (s) hipótesis de trabajo.

- c) Diseño de un experimento para comprobar la(s) hipótesis.
- d) Desarrollo del experimento (observación, medición, etc.)
- e) Elaboración y análisis de los resultados.
- f) Obtención de conclusiones.
- g) Confeccionar informe con los resultados obtenidos.

En los trabajos referidos a esta temática abordados hasta ahora se ha alcanzado la operacionalización del método científico tal y como se aplica a la investigación científica, sin embargo, la metodología a seguir por los docentes en función de lograr la apropiación del método por los estudiantes continúa siendo una cuestión no resuelta totalmente, sobre todo debido a que, en la práctica escolar, resulta difícil recrear todas las facetas del desarrollo de la ciencia, de forma idéntica a como lo hacen los científicos.

Además, la experiencia de los autores en la utilización de este método en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, les permitió identificar una limitada apropiación del mismo por parte de los estudiantes, donde uno de los factores que obstaculiza el aprendizaje es, precisamente, el relacionado con el proceder metodológico de los docentes, que no garantiza el tránsito del estudiante por los diferentes procedimientos, con tiempo suficiente para desarrollar las habilidades necesarias.

Para introducir el método experimental en las clases de laboratorio de Física y hacer que el estudiante transite por los diferentes procedimientos, con el propósito de que comprenda la actividad científica y se apropie del método científico experimental, los autores elaboraron una alternativa metodológica para los docentes, que contiene cuatro etapas:

Etapas 1: De formulación de problemas y planteamiento de hipótesis.

Se partió de la observación de fenómenos físicos, previamente seleccionados, como punto de partida para identificar y formular los problemas a investigar. En aquellos casos en que no fue posible utilizar objetos reales se recurrió a las simulaciones electrónicas.

Para ello, se recurrió, inicialmente, a la elaboración conjunta profesor-estudiante de la formulación del problema y, gradualmente, se les otorgó un mayor grado de independencia a los estudiantes. Un aspecto al que se le prestó especial atención fue a la socialización de los problemas elaborados por los estudiantes para su análisis, la búsqueda de consenso y redacción definitiva de los mismos.

Según la complejidad del problema se procedió a su descomposición en otros más elementales, cuya solución tributa al problema principal. Ello permitió organizar a los estudiantes en equipos que asumieron, por separado, la búsqueda de la solución de uno de los problemas particulares.

Del mismo modo se procedió con la elaboración de las hipótesis. La utilización de simulaciones en este caso se concibió con el propósito de entrenar a los estudiantes en la búsqueda de relaciones entre variables que caracterizan al objeto de estudio, o para observar cómo se modifica el comportamiento de este último al cambiar determinados factores.

El desarrollo de esta etapa se concibió con tiempo suficiente para que los alumnos pudieran realizar el diseño experimental antes de llegar a la práctica de laboratorio. Este requisito requirió de la

planificación de las actividades docentes con una estructura de sistema, en donde el trabajo experimental se inició desde la conferencia y se transfirió a las clases prácticas y seminarios.

Etapa 2: De diseño experimental.

A partir del problema asumido y en estrecho vínculo con el laboratorio de física, cada equipo de estudiantes elaboró el diseño experimental. En esta etapa se dedicó atención a elementos tales como: el modelo físico escogido para comprobar las hipótesis, las variables a medir y las variables ajenas que debían ser controladas, los equipos de laboratorio e instrumentos de medición seleccionados, el plan del experimento, el modo de registrar y procesar los datos y la forma en que se realizarían los cálculos del error experimental, en los casos que lo requirieran.

Este procedimiento se realizó en un momento previo a la práctica de laboratorio de modo que los estudiantes se presentaron a las prácticas con un diseño experimental adecuado al problema y la hipótesis tratados en la etapa anterior. Como regla se planificaron consultas dirigidas a tal fin, las que se desarrollaron en el contexto del laboratorio de Física.

Etapa 3: De ejecución del experimento, procesamiento de la información y elaboración de conclusiones.

Esta etapa se desarrolló siempre en el tiempo planificado para la práctica de laboratorio y fue necesario adiestrar a los estudiantes en el montaje experimental, sobre todo en las primeras prácticas donde este procedimiento se desarrolló de forma conjunta con el profesor. Especial atención se le dedicó a la secuencia de desarrollo del plan del experimento, según el diseño propuesto por cada equipo de estudiantes. Se tuvo en cuenta, además, el cumplimiento de las normas de seguridad en el laboratorio.

Para la ejecución del procesamiento de la información experimental se indicó a los estudiantes la utilización de hojas de cálculo EXCEL, para lo cual fue preciso entrenarlos. El uso de la computación en el procesamiento de los datos se incluyó, de forma gradual, desde la etapa de diseño experimental. Ello permitió reducir el tiempo dedicado a este procedimiento, durante el desarrollo de la práctica de laboratorio y centrar la atención en la interpretación de los resultados y la elaboración de las conclusiones. Se atendieron, con énfasis, aspectos tales como: el reporte de las mediciones, la valoración de la calidad de las mismas, a partir de los errores absoluto y relativo; la correspondencia entre las conclusiones y las hipótesis; y la redacción científica de estas últimas.

Etapa 4: De comunicación de los resultados.

En esta etapa se consideraron dos elementos: el primero, la redacción del informe de la práctica de laboratorio y, el segundo, la comunicación oral de los resultados en el aula, para lo cual se orientó la utilización de presentaciones electrónicas. Su desarrollo se concibió, como cierre, en un seminario donde los estudiantes agrupados en equipos presentaron sus informes, correspondientes a los problemas específicos resueltos por cada uno de ellos.

Una experiencia singular en esta etapa consistió en el proceso de síntesis que se propició durante el debate en torno a la solución del problema principal, lo cual condujo al planteamiento de conclusiones de un mayor grado de generalización.

Todo esto se enmarca dentro de una proyección estratégica más amplia que consiste en adecuar la enseñanza de la ciencias, en particular de la física, a las exigencias de la sociedad en la época actual, por cuanto en los últimos años se ha llegado a cierto consenso acerca de la necesidad de que las clases de Física se desarrollen teniendo en cuenta no solo los aspectos tradicionalmente considerados distintivos de la investigación científica: *acotamiento de la situación examinada, formulación del problema, planteamiento y argumentación de hipótesis, elaboración de estrategias de solución del problema, contrastación y análisis de los resultados obtenidos*; sino además reflejar ciertas características esenciales de dicha actividad, entre ellas: *su naturaleza social, su acentuada orientación práctica, su carácter de empresa colectiva, el empleo de computadoras y la creciente integración de diferentes ramas de la ciencia y de la tecnología.* (Valdés et al, 2002; Brito, 2014).

Un aspecto al que se les prestó especial atención fue al informe de los alumnos acerca del experimento y de sus resultados. Al respecto, se les ofreció un modelo para la confección de dicho informe (ver anexo 1).

Discusión

A continuación se expone la manera en que fueron aplicadas las ideas expuestas anteriormente en una clase de laboratorio de Física de nivel superior:

Título: *Estudio de la fuerza de rozamiento por deslizamiento.*

Durante el estudio de la fuerza de rozamiento por deslizamiento, a partir de la observación de diferentes situaciones se arribó, de forma conjunta con los estudiantes, a la interrogante siguiente: ¿De qué factores depende la fuerza de rozamiento entre dos superficies? Este constituye el problema principal, para cuya solución se descompone en tres problemas a investigar, los cuales se exponen a continuación:

Problema # 1:

¿Depende la fuerza de rozamiento entre dos superficies del área de apoyo del cuerpo que se desliza?

Problema # 2:

¿Depende la fuerza de rozamiento que actúa sobre un cuerpo que se desliza por una superficie de la naturaleza de las superficies que se ponen en contacto?

Problema # 3:

Dado un cuerpo que se desliza por una superficie horizontal, es necesario hallar la relación funcional que existe entre la fuerza de rozamiento y la fuerza normal (N) que actúa sobre dicho cuerpo.

La formulación de estos problemas, se realizó sobre la base de la observación del fenómeno del deslizamiento de cuerpos sobre diferentes superficies y de la discusión suficiente para motivar a los alumnos hacia el estudio de la fuerza de rozamiento por deslizamiento, así como para la identificación de

los posibles factores de los cuales depende esta última. A continuación se procedió a delimitar qué equipos de estudiantes investigarían cada problema por separado y al planteamiento de las posibles hipótesis.

Luego se orientó la realización del diseño experimental y, finalmente, un vez ejecutado el mismo, se organizó la etapa de socialización de los conocimientos obtenidos como resultado de los experimentos en el que cada equipo expuso su informe y expresó las conclusiones a que había arribado. Este es uno de los momentos más importantes del proceso, pues luego de la descomposición en partes separadas para su estudio, fue necesario realizar el proceso de síntesis, caracterizar a la fuerza de rozamiento y arribar a conclusiones que permitieron responder la interrogante o problema principal.

A modo de ejemplo se ilustran a continuación los elementos considerados para la solución de uno de los problemas planteados a los alumnos, los que se podrán apreciar en el contexto del siguiente informe modelo del experimento realizado por los autores:

Informe de Práctica de Laboratorio

Título: Estudio de la fuerza de rozamiento por deslizamiento.

Autores:

Introducción:

Problema: ¿Depende la fuerza de rozamiento entre dos superficies del área de apoyo del cuerpo que se desliza?

Objetivo: Determinar si la fuerza de fricción que actúa sobre un taco de madera que se desliza por una superficie depende del área de apoyo del cuerpo.

Hipótesis:

H1: F_r no depende del área de apoyo del cuerpo: $F_{r1} - F_{r2} = 0$.

H2: F_r si depende del área de apoyo del cuerpo: $F_{r1} - F_{r2} > 0$. ó $F_{r1} - F_{r2} < 0$.

Diseño del experimento:

Se ha de medir la fuerza de rozamiento que actúa sobre un cuerpo que se desliza sobre una superficie para diferentes áreas de apoyo del mismo, aproximando el movimiento del cuerpo al modelo del movimiento rectilíneo uniforme (MRU).

Teóricamente, en este tipo de movimiento, la aceleración es igual a cero lo cual es una consecuencia de que la resultante de las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo es nula:

$$\sum \vec{F} = 0.$$

Cuando un cuerpo se desliza por una superficie horizontal, con un movimiento próximo al modelo del MRU se cumple, aproximadamente, que: $F - F_r = 0$, o sea, $F = F_r$. En este caso F es el módulo de la fuerza con que se hala al cuerpo y que indica el dinamómetro y F_r el módulo de la fuerza de rozamiento. Por tanto, la aproximación al modelo de MRU, en las condiciones del laboratorio, constituye una fuente de error, por lo que será necesario cuidar que dicha aproximación sea lo más cercana posible.

Variable independiente: Área de apoyo del cuerpo que se desliza.

Variable dependiente: Fuerza de rozamiento.

Variabes ajenas a controlar:

- La masa del cuerpo y la horizontalidad de la superficie por la que se desliza.
- Las caras del cuerpo deben tener el mismo grado de pulimentación.

Materiales y equipos: Taco de madera u otra sustancia con caras de diferentes áreas, superficie horizontal.

Instrumentos de medición: dinamómetro.

Condiciones del experimento:

- Para medir la fuerza de rozamiento se debe tirar del taco de modo que este se mueva aproximadamente con MRU, de modo que la lectura del dinamómetro coincida con el valor de la fuerza de fricción: aproximación al modelo del MRU.
- Debe fijarse con anterioridad el sector de la mesa o de la superficie por la que el cuerpo se deslizará, para garantizar que la variable ajena “superficie de deslizamiento” esté controlada.
- Se utilizará el mismo cuerpo para que la masa sea la misma en cada caso.

Acciones a realizar sobre el objeto:

- Colocar el cuerpo sobre la cara de menor área, deslizarlo y medir F_r .
- Repetir esta operación colocando el cuerpo sobre su cara de mayor área.

Procesamiento de la información:

- Comparar las fuerzas de rozamiento medidas para las diferentes áreas.
- Reportar el error de la medición de F_r en cada caso: $E_{Fr} = D_m + e$, donde E_{Fr} es el error de la medición de F_r , D_m es la desviación media o error aleatorio y e es el error de exactitud del instrumento, y el error de la diferencia $E_d = E_{Fr1} + E_{Fr2}$.
- Si $|F_{r1} - F_{r2}| < E_d$, entonces se cumple la primera hipótesis.
- Si $|F_{r1} - F_{r2}| > E_d$, entonces se cumple la segunda hipótesis.

Si $|F_{r1} - F_{r2}| = E_d$, entonces no es posible decidir.

Desarrollo:

Las mediciones realizadas en el laboratorio durante la realización del experimento se reportan a continuación:

Tabla # 1. Mediciones de la fuerza de rozamiento.

Área de la superficie	Fuerza de rozamiento (N) $e_f = 0,01$ N									
	Mediciones realizadas									
Área mayor (F_{r1})	0,24	0,25	0,26	0,25	0,25	0,25	0,26	0,24	0,26	0,25
Área menor (F_{r2})	0,25	0,25	0,24	0,25	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25

Procesamiento:

1. Área mayor: $\langle F_{r1} \rangle = 0,251$ N; $D_{m1} = 0,0054$ N; $E_{Fr1} = D_{m1} + e \cong 0,015$; $e_r = 5,9$ %.

$$F_{r1} = (0,251 \pm 0,015) \text{ N}$$

2. Área mayor: $\langle F_{r2} \rangle = 0,252 \text{ N}; D_{m2} = 0,0048 \text{ N}; E_{Fr2} = D_{m2} + e \cong 0,015; e_r = 5,9 \%$.

$$F_{r2} = (0,252 \pm 0,015) \text{ N}.$$

3. Comparación: $|F_{r1} - F_{r2}| = 0,001 \text{ N}; E_d = E_{Fr1} + E_{Fr2} = 0,0154 + 0,0148; E_d = 0,03 \text{ N}.$

Conclusiones del experimento:

Al comparar los valores de la fuerza de rozamiento para ambas áreas de apoyo, mediante la determinación de la diferencia entre dichos valores, se encontró que: $|F_{r1} - F_{r2}| \ll E_d$, por tanto, es válida la hipótesis según la cual la fuerza de rozamiento por deslizamiento no depende del área de apoyo del cuerpo.

Las mediciones de las fuerzas de rozamiento se realizaron con un error relativo inferior a un 10 %, por lo que se pueden considerar con suficiente calidad como para validar la conclusión anterior en las condiciones de un laboratorio docente.

El ejemplo mostrado ofrece una vía para contribuir a revolucionar la concepción del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física como ciencia eminentemente experimental a partir de la alternativa metodológica propuesta.

Conclusiones

Resulta impostergable transformar la concepción del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la formación de los estudiantes en las asignaturas de ciencias, particularmente en lo concerniente a la realización de la actividad experimental.

La aplicación de la alternativa metodológica dirigida a los docentes permite dotarlos de una vía que propicia la adquisición de manera creciente del método científico experimental por los estudiantes de la carrera.

La actividad experimental en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física puede y debe contribuir a la socialización del contenido de la ciencia al demostrar su implicación práctica en la vida, favorecer el disfrute pleno de la actividad creadora del estudiante y el desarrollo de su independencia cognoscitiva.

Recibido: febrero 2015

Aprobado: octubre 2015

Bibliografía

Almarales, R., & Gómez, J. (2013). La preparación de entrenadores de concurso de Física. *Transformación*, 9(2), 101-112. Recuperado de <http://transformacion.reduc.edu.cu/index.php/transformacion/article/view/94/92>

Andrés, M., Pesa, A., & Moreira, A. (2006). El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de campos conceptuales. *Ciência e Educação*, 12(2), 129-142. Recuperado de <http://www.fc.unesp.br/#!/ciedu>.

- Brito, R. (2014). La formación de una cultura científico ambientalista a partir de la obra martiana. *Transformación*, 10(1), 100-108. Recuperado de <http://transformacion.reduc.edu.cu/index.php/transformacion/article/view/24/24>
- Crespo, E., Álvarez, T., & Bernaza, G. (2005). *Las prácticas de Laboratorio Docentes en la enseñanza de la Física*. Recuperado el 10 de enero de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos29/practicas-laboratorio/practicas-laboratorio.shtml>.
- Gil, D., Cruz, A., Valdés, P., Furió, M., Carrascosa, J., Colado, J., y otros. (1996). *Temas escogidos de Didáctica de la Física*. Ciudad de La Habana: Pueblo y Educación.
- Higa, I., & Boaventura, O. (abr-jun de 2012). A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. *Educar em Revista*, 44, 75-92. Recuperado de <http://www.educaremrevista.ufpr.br>.
- Horta, F., & González, A. (2012). La cultura científica y la desfactualización de la enseñanza de la Física. *Revista Cubana de Física*, 29(2), 62-69. Recuperado de <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=49eea71b-116e-45cb-a747-692d4297fb2a>.
- Hurtado, A., Lombana, C., Ocaña, O., & Fonseca, M. (2007). Perspectivas de trabajo para un planteamiento integrado del experimento y la simulación en la enseñanza de la física. *Revista Cubana de Física*, 24(1), 15-17. Recuperado de <http://web.a.ebscohost.co>.
- Landa, L. C. (2002). *La superación postgraduada en Física para los profesores del municipio de Camagüey. Tesis de maestría inédita*. Camagüey: Universidad de Camagüey.
- Legañoa, M. (1999). *Empleo de los Materiales Educativos Computarizados en la Enseñanza del Electromagnetismo para Ciencias Técnicas. Tesis doctoral inédita*. Camagüey: Centro de Estudios de Ciencias de la Educación CECEDU, Universidad de Camagüey.
- Legañoa, M., Hernández, M., & Pérez, L. (2015). El aprendizaje autónomo de la física: web didáctica de electromagnetismo para estudiantes de ingeniería eléctrica. *Transformación*, 11(1), 38-48. Recuperado de <http://transformacion.reduc.edu.cu/index.php/transformacion/article/view/5/5>.
- Marinel, F., & Lopes de Almeida, J. (2006). Uma interpretacao para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratorio didatico de Fisica. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, 28(4), 497-505. Recuperado de <http://www.sbfisica.org.br/rbef/indic>.
- Márquez, R. (2011). Evolución histórica de las principales tendencias en el experimento docente de las Ciencias Naturales Experimentales en Cuba. *Transformación*, 7(1), 23-36. Recuperado de <http://transformacion.reduc.edu.cu/index.php/transformacion/article/view/44/42>
- Pozas, W., Marrero, O., & Rodríguez, I. (2014). Estrategia de preparación de los docentes para la elevación de la calidad de su desempeño. *Transformación*, 10(2), 109-121. <http://transformacion.reduc.edu.cu/index.php/transformacion/article/view/115/110>

Sampedro, R., Garlobo, M., & Roca, H. (2014). El aprendizaje significativo, la formación de valores y la motivación en el estudio de la personalidad. *Transformación*, 10(2), 12-14. Recuperado de <http://transformacion.reduc.edu.cu/index.php/transformacion/article/view/106/102>.

Valdés, P., Valdés, R., Fundora, J., Pedroso, F., Moltó, E., & Pérez, Z. (2002). *Enseñanza de la Física Elemental*. Ciudad de La Habana: Pueblo y Educación.

Villarreal, M., Lobo, H., Gutiérrez, G., Briceño, J., Rosario, J., & Díaz, J. (2005). La enseñanza de la Física en el nuevo milenio. *Academia*, 4(8), 3-4. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16941/2/articulo1.pdf>.

Anexo 1

Guía para la elaboración del informe de la práctica de laboratorio

- I) Elementos que deben conformar el informe: Título de la práctica, autores, introducción, desarrollo, conclusiones y recomendaciones.
- II) Aspectos que por su importancia deben aparecer en la introducción:
- a) El problema objeto de investigación.
 - b) El objetivo de la práctica de laboratorio.
 - c) Las hipótesis planteadas (si existen).
 - d) Reseña del diseño experimental:
 - Descripción del experimento, incluyendo esquemas o dibujos del montaje.
 - Descripción de las variables consideradas en el experimento.
 - Materiales y equipos utilizados.
 - Instrumentos de medición utilizados.
 - Descripción de las vías para el procesamiento de la información obtenida del experimento y para el cálculo de errores en las mediciones de las magnitudes. Incluye el uso de medios de computación.
- III) Aspectos a incluir en el desarrollo:
- a) Tablas con los datos obtenidos en el laboratorio de modo organizado.
 - b) Resultados del procesamiento de los datos: valores medios de las magnitudes, reporte de los errores absolutos y relativos para las magnitudes medidas, gráficas realizadas (si existen).
- IV) En las conclusiones debe reflejar el grado en que se ha cumplido el objetivo del experimento:
- a) Comprobación de las hipótesis (cumplimiento o no).
 - b) Calidad de las mediciones y del experimento, a partir de la evaluación de los errores y de la aproximación al modelo que se logra durante su realización.
 - c) Reportar el nuevo conocimiento adquirido o los valores de las magnitudes físicas medidas en el experimento con sus errores.
 - d) Breve valoración del aporte realizado al conocimiento del fenómeno físico estudiado.