

Diseño de instructivos de laboratorio para la Física I, Plan E para carreras de Ingeniería

Design of laboratory instructive for Physics I, Plan E for engineering careers

Aurea Deysi Rodríguez Llerena^{1*}, Hildenia Astiguieta Quintana¹

¹Departamento de Física, Instituto de Ciencias Básicas (ICB), Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE). Calle 114 No. 11901 entre Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba.

*Autor de correspondencia: deysi@automatica.cujae.edu.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 29 mayo 2019 **Aceptado:** 30 agosto 2019 **Publicado:** 17 febrero 2020

Resumen

En este artículo se presenta el diseño de instructivos de laboratorio para la asignatura Física I, Plan E para carreras de ingeniería, a partir de una estrategia didáctica fundamentada en la Teoría de Formación por Etapas de las Acciones Mentales (TFEAM) y las categorías de la didáctica. Esta estrategia propicia el tránsito de los estudiantes por las etapas de dicha teoría con la incorporación de las simulaciones virtuales de experimentos docentes de física (SVEDF) complementándose mutuamente con el experimento real, contribuyendo al trabajo independiente de los estudiantes una vez que tiene que realizar simulaciones en la autopreparación y la confección del informe, fortaleciendo uno de los ejes centrales del Plan E.

Palabras clave: laboratorio docente, estrategia didáctica, simulación virtual.

Abstract

The A design of laboratory instructive for the Physics I subject, Plan E for engineering careers, based on a didactic strategy supported by the Theory of Formation in Stages of Mental Actions and the didactic categories, is presented in this paper. This strategy favored the transition of the students along the stages of the theory, with the inclusion of virtual simulations which are mutually complemented with real experiments, helping this way to more independent work of the students once they have to make simulations as part of their self-preparation and writing a report, reinforcing in this way one of the main axes of the Plan E.

Keywords: educational laboratory, didactic strategies, virtual simulation, physics.

1. Introducción

La bibliografía consultada destaca el hecho de que los estudiantes de ciencias técnicas muestran bajos niveles de rendimiento académico en el aprendizaje de la Física General a través del laboratorio docente [1-3], situación que está presente en las carreras de ingeniería de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE). En el Departamento de Física de la CUJAE se han desarrollado investigaciones encaminadas a elevar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física General, en particular, para el tipo de clase laboratorio docente se realizó una investigación encaminada a elevar la solidez en los conocimientos adquiridos en esta actividad.

Como resultado de esta investigación, se diseñó una estrategia didáctica [4] fundamentada en la Teoría de Formación por Etapas de las Acciones Mentales (TFEAM) desarrollada por P. Ya Galperin a partir de los presupuestos teóricos del Enfoque Histórico Cultural [5] y las categorías de la didáctica, en la cual se propicia el tránsito de los estudiantes por las etapas de dicha teoría con la incorporación de las SVEDF, complementándose mutuamente con el experimento real que tradicionalmente se realizan como parte de la disciplina Física General.

La efectividad de la estrategia didáctica para elevar la solidez de los conocimientos propios del laboratorio docente, fue probada con la aplicación de cuasi experimentos didácticos realizados con estudiantes de Ingeniería Química e Ingeniería Automática [6, 7], y un Test de Solidez que fue validado por 23 especialistas de diferentes universidades cubanas y latinoamericanas, de estos 11 doctores y 22 profesores auxiliares o titulares, todos con más de 15 años (10 con más de 30) de práctica docente en el laboratorio de física [8]. Fundamentados en esta estrategia didáctica se elaboraron los instructivos de laboratorio que se le entregan al estudiante para la realización de los experimentos docentes de la asignatura Física I de la disciplina Física General que se imparte en las carreras de ingeniería en la CUJAE.

2. Materiales y Métodos

La TFEAM tiene una base esencialmente psicológica y considera que este proceso transcurre a través de seis etapas, las cuales se mencionan a continuación [5]:

1. Etapa motivacional.
2. Etapa de la elaboración de la Base Orientadora de la Acción (BOA).
3. Etapa material o materializada.
4. Etapa del lenguaje externo.
5. Etapa del lenguaje interno.
6. Etapa mental.

Teniendo en cuenta las potencialidades didácticas operativas de las SVEDF para contribuir al tránsito por una u otra etapa de la TFEAM, estas fueron clasificadas en cinco tipos [6]:

1. Entrenadores virtuales de montajes de sistemas experimentales.
2. Entrenadores virtuales de actos de medición.
3. Modelaciones dinámicas virtuales.
4. Simulaciones de experimentos en condiciones inaccesibles.
5. Simulaciones rápidas de cambios de condiciones.

El laboratorio docente de Física es una actividad que se desarrolla en un período de tiempo largo con respecto a otras actividades docentes. Este período está dividido en tres momentos fundamentales:

El primer momento es el de la autopreparación previa del estudiante para la realización de la actividad experimental presencial (experimento real).

El segundo momento es el acto de realización del experimento real, al cual el estudiante debe llegar con la autopreparación necesaria para desarrollar la actividad con trabajo independiente.

El tercer momento es el de preparación del informe final de la actividad por parte del estudiante y su defensa frente al profesor.

Las SVEDF orientadas para ser realizadas en el primer momento tienen como objetivo propiciar el tránsito de los estudiantes por las etapas motivacional, de la formación de la BOA y materializada. En este caso las simulaciones más apropiadas son los entrenadores virtuales de montajes de

sistemas experimentales y los entrenadores virtuales de actos de medición, que por sus potencialidades didácticas contribuyen positivamente a la motivación del estudiante por observar los fenómenos simulados en la realidad objetiva, a la formación de la BOA y al tránsito por la etapa material o materializada.

Las SVEDF más apropiadas para ser utilizadas en el segundo momento son las modelaciones dinámicas virtuales, las cuales contribuyen a mantener la atención del estudiante durante la actividad experimental, permitiendo que el mismo pueda observar a través de la simulación el fenómeno físico que está estudiando y que por sus características en algunos casos no pueden ser observado a simple vista, lográndose de esta manera una mayor comprensión del fenómeno en estudio y con ello una mayor concentración en la actividad. Este tipo de simulación que se realiza intercalada en la actividad experimental real también contribuye a que el estudiante transite por la etapa material o materializada.

Las SVEDF más apropiadas para ser realizadas en el tercer momento son las simulaciones de experimentos en condiciones inaccesibles y los simuladores rápidos de cambios de condiciones. Estas son utilizadas por el estudiante cuando está preparando el informe de la práctica que debe presentar y discutir frente al profesor.

La Física I para carreras de ingeniería en la CUJAE abarca los siguientes contenidos:

- Mecánica.
- Oscilaciones y ondas mecánicas.
- Termodinámica.

En esta asignatura el estudiante debe realizar cinco experimentos docentes. Para la impartición del laboratorio de la asignatura Física I se cuenta con nueve experimentos de laboratorio y todos los instructivos tienen incorporados SVEDF en alguno de los tres momentos identificados anteriormente, estos experimentos son:

1. Estudio de la caída libre.
2. Estudio del movimiento de un proyectil.
3. Estudio del choque frontal entre dos cuerpos.
4. Estudio de la Ley de Hooke en un sistema cuerpo-resorte.
5. Estudio de la ley de Hooke en un alambre sometido a tracción.
6. Estudio de las oscilaciones en un péndulo simple.
7. Estudio de la rodadura sin deslizamiento.
8. Estudio de un cuerpo rígido en rotación sobre eje fijo.
9. ¿Se puede comportar el aire como un gas ideal?

3. Resultados y Discusión

Al estudiante se le facilita el instructivo y la simulación en una carpeta de forma tal que en el proceso de estudio con un link (letras en azul) que aparece en el instructivo acceda directamente a la SVEDF sin necesidad de tener que entrar a una red para encontrar la simulación. Esto le permite que realice la actividad orientada en cualquier lugar, propiciando un aumento en la cantidad de estudiantes que llegan a realizar el experimento real con la preparación necesaria para ejecutar las acciones propias de este momento.

A continuación se muestran ejemplos de parte de instructivos que tienen incorporadas SVEDF en los diferentes momentos en que se desarrolla la práctica de laboratorio. En estos se puede apreciar

el ejercicio que se le propone realizar al estudiante en un sistema virtual muy similar al sistema real y que propicia cumplir con los objetivos propuestos.

Experimento de laboratorio # 2: Estudio de las oscilaciones en un péndulo simple

Objetivo

Determinar la aceleración de caída libre mediante la medición del período de oscilación de un péndulo simple en movimiento armónico simple (MAS).

Situación física

Se tiene un cuerpo colgado de un hilo. Las dimensiones del mismo, la longitud y propiedades elásticas del hilo son tales que dicho sistema puede ser considerado un péndulo simple. El cuerpo se saca de su posición de equilibrio y comienza a oscilar. Es posible variar la longitud del hilo en el péndulo, observándose que el período de las oscilaciones cambia. Se desprecia la influencia del medio sobre las oscilaciones del péndulo.

Fundamentos físicos

Un péndulo simple se define como una partícula de masa m suspendida del punto O por un hilo inextensible de longitud l y de masa despreciable. En este modelo no se consideran las fuerzas de fricción y de empuje.

Si la partícula se desplaza a una posición θ_0 (ángulo que forma el hilo con la vertical) y luego se suelta, el péndulo comienza a oscilar. Responda las siguientes preguntas (estudiar el epígrafe 13-6 de la página 407 del Volumen I, parte II del texto Física Universitaria, de los autores Sears Zemansky, novena edición):

1. ¿Qué fuerzas actúan sobre el péndulo durante su movimiento? Represéntelas en un esquema.
2. ¿Qué consideraciones se tienen en cuenta para asumir que el péndulo simple describe un MAS?
3. ¿Cómo se define el período de oscilación del péndulo simple?
4. ¿De qué magnitudes físicas que caracterizan al péndulo simple depende el período de oscilación? ¿Cuál es la ecuación matemática que permite calcularlo?

Descripción del experimento

El experimento se realizará en un sistema real como se muestra en la Figura 1. Este sistema consiste en un cuerpo suspendido por su centro de un hilo de longitud l . La longitud del hilo puede variarse desplazando el punto de oscilación (Figura 2). Los datos de los períodos de las oscilaciones se determinan midiendo el tiempo de un número de oscilaciones completas con ayuda de un cronómetro con memoria. Un esquema del sistema experimental se muestra en la Figura 2.

En el sistema experimental del péndulo simple se fijará el punto de oscilación y un fotodetector a una distancia l . Este fotodetector está conectado a un cronómetro que medirá el período de las oscilaciones completas de un cuerpo que oscila alrededor de una posición de equilibrio y que pasa por dentro del fotodetector. El cuerpo se saca de la posición de equilibrio, se libera y en su recorrido el cronómetro registra el tiempo de cada oscilación completa. El cuerpo se detiene al final de un número determinado de oscilaciones. Se cambia la posición del punto de oscilación, lo cual implica un cambio en la longitud del péndulo, y se repiten los pasos anteriores.

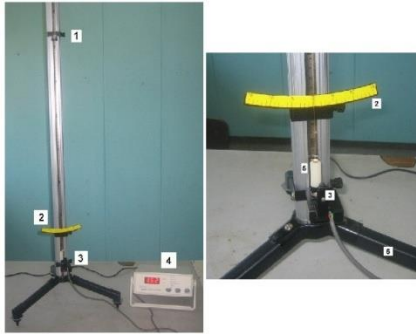


Fig.1 Sistema experimental para el estudio del péndulo simple

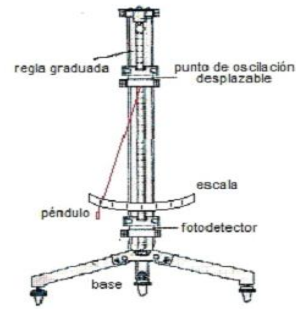


Fig.2 Esquema del sistema experimental

Ejercicio de Autopreparación

Determinación de la aceleración de caída libre en el planeta Tierra utilizando una simulación virtual del MAS de un péndulo simple.

- Mida el tiempo de 5 oscilaciones para 5 longitudes diferentes.
- A partir de la pendiente del gráfico que brinda la SVEDF, determine la aceleración de caída libre (tenga en cuenta que el gráfico es de $\frac{T^2}{4\pi^2}$ vs. l) Figura 3.

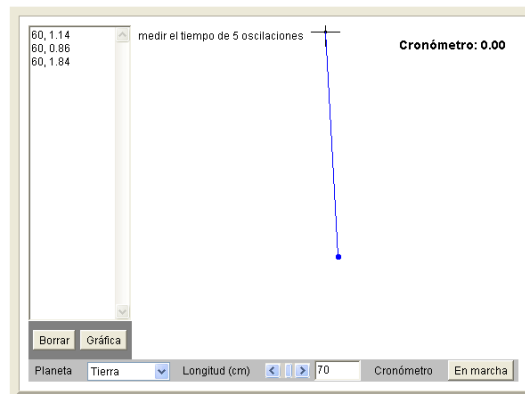


Fig.3 Ventana de la simulación virtual

Experimento de laboratorio # 9: ¿Se puede comportar el aire como un gas ideal?

Objetivos

1. Comprobar experimentalmente si el aire a presión normal y temperatura ambiente constante responde a la ecuación de estado de los gases ideales (perfectos).
2. Estimar experimentalmente la constante universal de los gases ideales, R.

Fundamentos físicos

Para responder a la pregunta que da título a esta práctica de laboratorio es imprescindible que se responda las siguientes preguntas. Puede valerse del texto [1] pág. 500 y 501:

1. ¿A qué se denomina gas ideal o perfecto? ¿Qué ecuación de estado lo caracteriza?
2. ¿Por qué a la constante de proporcionalidad R que aparece en la ecuación de estado del gas

ideal se le denomina “constante universal de los gases”? ¿Cuál es su valor convencionalmente verdadero y con qué incertidumbre se ha logrado medir? Ver apéndice F del texto.

Casi todos los gases se comportan aproximadamente de acuerdo con esta ecuación en condiciones normales respondiendo a la misma cuando están confinados a bajas presiones. Desde el punto de vista cinético molecular (estadístico) el gas ideal o perfecto es un modelo simplificado de los gases cuyas hipótesis aparecen relacionadas en la página 507 y 508 del libro de texto [1].

3. ¿A qué magnitud se denomina masa molecular (molar) de un compuesto? ¿Cómo se relaciona esta con la cantidad de sustancia (moles) que del mismo se tiene?

El aire es una mezcla de gases (78,08% de nitrógeno (N_2), 20,94% de oxígeno (O_2), 0,035% de dióxido de carbono (CO_2) y 0,93% de otros gases, algunos inertes como el argón y el neón), por lo cual se le asocia una masa molar equivalente de la mezcla $M_{\text{aire}} \approx 28,96 \text{ g/mol}$ aproximadamente. Su densidad $\rho_{\text{aire}} \approx 1,20 \text{ kg/m}^3$ a temperatura ambiente es también un valor aproximado (ver texto pág. 428 Tabla 14-1).

4. Como usted debe saber, la densidad de una sustancia es la masa de esta por unidad de volumen ($\rho = m/V$), obtenga una expresión para estimar la cantidad de aire n (mole) contenida en un cierto volumen conocido a temperatura ambiente.
5. De acuerdo a la ecuación de estado de los gases ideales, ¿cómo debe variar la presión al variar el volumen del gas si este se mantiene en un recipiente cerrado a temperatura constante (proceso isotérmico)? ¿Qué forma tendría la gráfica de presión (p) vs. volumen (V) en este caso? La ley que regula este comportamiento recibe el nombre de ley de Boyle y Mariotte y tal proceso se llama isotérmico.
6. ¿Cómo sería una gráfica de p vs. $1/V$? ¿Podría estimarse a partir de esta gráfica un valor para la constante universal de los gases? ¿Cómo?

Sistema de Medición

Para comprobar si el aire se comporta como un gas ideal a temperatura ambiente y presiones cercanas a la presión normal, se dispondrá en el laboratorio de un sencillo sistema experimental cuyo esquema se muestra en la Figura 4. El mismo consiste en un cilindro con un émbolo [3] que limita el volumen ocupado por el aire objeto de estudio en la cámara [4] y cuenta con una escala graduada [2] acoplada para medir la altura de la cámara a fin de determinar el volumen del gas. El cilindro se halla acoplado a un manómetro [1] para medir la presión del gas. En la parte superior interna del émbolo se ha depositado una capa de aceite sellador para evitar el escape del gas por la holgura de contacto.

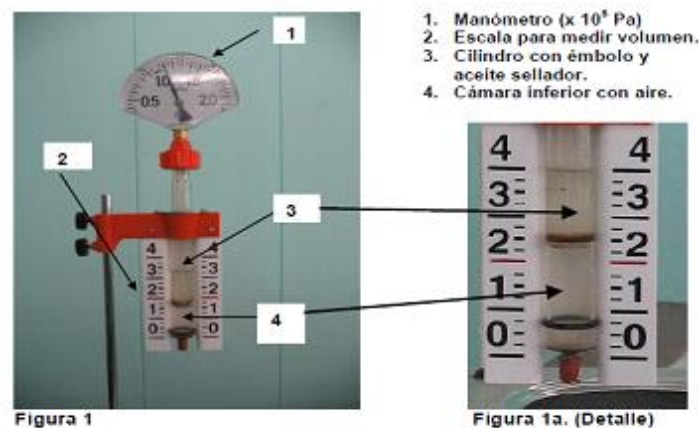


Fig.4 Esquema del sistema experimental

También se dispondrá de un barómetro aneroide (Figura 5) para corregir los valores de presión medidos con el manómetro haciéndolos corresponder con los valores absolutos de presión respecto a la presión atmosférica (factor de corrección) y un termómetro de mercurio para medir la temperatura ambiente durante el experimento.



Fig.5 Barómetro aneroide

Procesamiento de los datos y análisis de resultados

Ejercicios complementarios (los resultados de estos ejercicios debe presentarlos al profesor como parte de su informe o reporte de mediciones según le sea orientado).

Ejercicio 1. Reproducción de la ley de Boyle-Mariotte utilizando una simulación virtual. Compruebe el cumplimiento de ley de Boyle-Mariotte utilizando la simulación virtual-1 (Figura 6). Simule en la misma los datos de volumen y presión que usted obtuvo en su experimento (se sugiere ubicar como datos iniciales los valores extremos de presión obtenida en atmósferas y el volumen correspondiente al estado inicial correspondiente en centímetros cúbicos). Considere el aire como una mezcla de gases diatómicos.

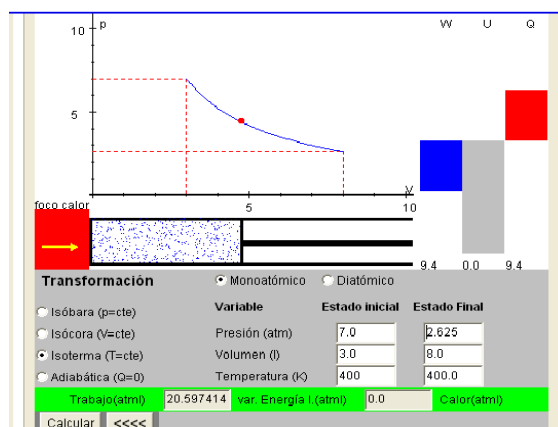


Fig.6 Imagen de la simulación virtual-1

Ejercicio 2. ¿Qué parámetros termodinámicos están microscópicamente relacionados con la rapidez promedio de las moléculas de un gas ideal? En la simulación se representa un conjunto de pocas moléculas encerradas en una caja a volumen constante que puede variar dentro de ciertos límites. Analice cómo varía la rapidez molecular al variar la temperatura. ¿Habrá variado de manera apreciable la rapidez promedio de las moléculas de aire durante el experimento realizado? Considerando que la presión del gas se debe a los choques de las moléculas sobre los cuerpos en contacto con este analice, diga qué ocurriría con la presión del gas sobre las paredes del cilindro si se mantuviera su volumen constante y se incrementara la temperatura. Explique sus respuestas

utilizando la simulación virtual-2 (Figura 7).

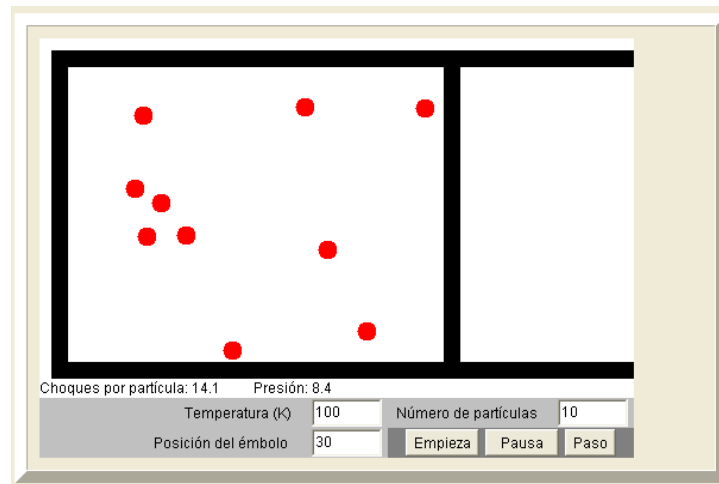


Fig.7 Imagen de la SVEDF-2

En ningún caso se incorporó a los instructivos SVEDF en el segundo momento por no contar en el laboratorio con la tecnología necesaria para desarrollar la actividad docente en estas condiciones.

La realización de la SVEDF en el primer momento, como se muestra en el instructivo del experimento *Estudio de las oscilaciones en un péndulo simple*, contribuye a la preparación previa del estudiante para el experimento real (momento de la autopreparación), a incentivar la motivación necesaria que propicie una actitud favorable al aprendizaje, de no lograrse esto el aprendizaje es menos eficiente y a la formación de la BOA que permita al estudiante apropiarse del modo de actuación frente a una tarea experimental.

Además, el estudiante entra en contacto con el sistema experimental en su forma virtual, lo que le permite reproducir el fenómeno físico, obtener la cantidad de las magnitudes físicas que intervienen en el fenómeno real simulado y realizar mediciones de las mismas a través de instrumentos virtuales. Esto favorece el trabajo independiente cuando se enfrenta a la actividad experimental real con todo el despliegue de las operaciones que son necesarias para realizar las acciones propias del acto de experimentación, y de esta manera el tránsito por la etapa material o materializada transcurre de forma tal que el estudiante se apropia de todo el contenido presente en la actividad y se favorece en el trabajo independiente en la realización del experimento real.

Las SVEDF utilizadas en el tercer momento como se muestra en el instructivo del experimento # 9, le permiten al estudiante simular el experimento real con valores de las magnitudes y tiempos que no se pueden lograr en la práctica, poder observar el fenómeno físico a través de una simulación virtual cuando esto no se logra en el experimento real y estudiar comportamientos experimentales límites en condiciones ideales, propiciándose la comprensión y generalización del fenómeno, leyes y principios físicos presentes en la actividad. Además, el experimento se realiza en parejas y el intercambio necesario de criterios como parte de la preparación del informe y su discusión frente al profesor, contribuye a que transite por las etapas del lenguaje externo e interno, favoreciéndose el proceso de asimilación de los conocimientos propios de esta actividad docente.

4. Conclusiones

A partir de la estrategia didáctica se diseñaron instructivos de laboratorio para todos los experimentos que se disponen en el Departamento de Física para la impartición de la Física I, Plan E. Dichos instructivos inciden positivamente en el trabajo independiente de los estudiantes cuando realizan el experimento real, lo que favorece la apropiación de los contenidos de la actividad y la solidez en los conocimientos adquiridos. Se debe trabajar en función de lograr SVEDF que puedan ser ejecutadas sobre el sistema operativo Androide, este es el que utilizan los teléfonos inteligentes, tabletas, entre otros dispositivos que tienen los estudiantes, lo cual va a favorecer el uso de los instructivos elaborados.

Agradecimientos

Las autoras de este trabajo quieren agradecer especialmente al Dr. Juan José Llovera González por el apoyo y las orientaciones precisas en todo momento de la investigación realizada, lo cual permitió la publicación de estos resultados. También agradecer a los profesores del Departamento de Física que trabajaron en la confección y revisión de los instructivos de laboratorio, ellos son: Justo Ortega Breto, Alfredo Moreno Yeras, Juan Cruz Arencibia y Carlos Osaba Rodríguez.

Referencias

1. De Fraga, W.B., *Mostra experimental de Física: Uma experiencia positiva no processo de Ensino-Aprendizagem*. Lat. Am. J. Phys. Educ, 2012. **6**(3): p. 418-422.
2. Landa, L.C., et al., *El método científico experimental en las clases de Laboratorio de Física.*, en *VIII Congreso Internacional Didáctica de las Ciencias*. Cuba. 2014: La Habana.
3. Mora, C.E., *Aprendizaje activo de la física y experimentos discrepantes.*, en *VIII Congreso Internacional Didáctica de las Ciencias*. Cuba. 2014: La Habana.
4. Rodríguez-Lerena, A.D., *Estrategia didáctica para la complementación mutua de las simulaciones virtuales y los experimentos reales en el laboratorio docente de física para carreras de ingeniería en la Cujae*. Tesis de Doctorado. 2015, La Habana.
5. Talizina, N.F, *Psicología de la enseñanza* 1988, Moscú: Editorial Progreso.
6. Rodríguez, A.D., et al., *Estrategias de enseñanza en el laboratorio docente de Física para estudiantes de ingeniería*. Lat. Am. J. Phys. Educ, 2014. **8**(4): p. 1-8.
7. Rodríguez, A.D., *Estrategias de enseñanza para un aprendizaje significativo en la Física Experimental*. Revista Cubana de Física, 2014. **31**(2): p. 62-66.
8. Rodríguez, A.D., et al., *Test para evaluar solidez del aprendizaje en el laboratorio de Física*. Revista Cubana de Física, 2018. **35**(1): p.42-43.