

**LOS PRINCIPIOS METODOLÓGICOS DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, UN EJEMPLO PRÁCTICO****THE METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF THE EXPERIMENTAL ACTIVITY, A PRACTICAL EXAMPLE****AUTORES:**Dr.C. Juan Fundora Lliteras<sup>1</sup>[juanfundora@infomed.sld.cu](mailto:juanfundora@infomed.sld.cu)      <https://orcid.org/0000-0003-1498-8163>

Facultad Preparatoria. Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Cuba.

Lic. Raúl Barroso Izquierdo<sup>2</sup>[raulbarroso@nauta.com.cu](mailto:raulbarroso@nauta.com.cu)      <https://orcid.org/0000-0002-9760-1624>

Universidad de Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona. Facultad de Ciencias, La Habana, Cuba

*Recibido: 2 de octubre de 2020*  
*Aprobado: 12 de diciembre de 2020**Publicado: 7 de enero de 2021***RESUMEN**

Se revelan los principios metodológicos y las acciones o indicadores que ellos generan en la actividad experimental escolar. En correspondencia con las ideas teóricas argumentadas se presenta un ejemplo de una actividad experimental sencilla, presente en los contenidos de estudio de la Física en las educaciones media superior y superior. Se expone cómo en la

<sup>1</sup> Máster en Didáctica de la Física. Profesor Titular y Profesor de Física.

<sup>2</sup> Licenciado en Educación en la especialidad de Física. Trabajó en el Departamento de Matemática Física de la Universidad de Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona. Todo su actividad profesional en la especialidad lo dedicó al trabajo en el laboratorio de Física en el montaje de las prácticas de laboratorio y el desarrollo de la actividad experimental en la especialidad. Es autor de numerosos diseños de sistemas experimentales utilizados en la docencia en el Departamento. Actualmente es profesor jubilado.



práctica funcionan los indicadores que los principios generan, al tiempo que se revela el uso de las computadoras en la automatización y el procesamiento de los datos obtenidos del experimento.

**PALABRAS CLAVE:** Isotérmico, isobárico, isocórico, volumen, presión, temperatura.

#### ABSTRACT

The methodological principles and the actions or indicators are revealed that they generate in the school experimental activity. In correspondence with the argued theoretical ideas an example of a simple experimental activity is presented, present in the contents of study of the Physics in the educations stocking superior and superior. It is exposed how in the practice the indicators that the principles generate work, at the time that the use of the computers is revealed in the automation and the prosecution of the obtained data of the experiment.

**KEYWORDS:** Isothermal, isobaric, isochronous, volume, pressure, temperature.

#### INTRODUCCIÓN

En trabajos anteriores hemos explicado las inmensas dificultades por las que atraviesa la actividad experimental escolar en la enseñanza aprendizaje de la Física (Fundora LI J. , 2010); (Fundora LI J. , 2017); (Fundora Lliteras, 2014) lo cual está en correspondencia con la visión que tienen numerosos investigadores del tema.

En el presente trabajo no nos detendremos por tanto en semejantes valoraciones. Hoy se orienta la actividad experimental en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física buscando que los estudiantes transiten por estadios propios del trabajo de la ciencia en este tipo de actividad, con el objetivo primordial que se desarrolle un aprendizaje de calidad y contribuya el experimento docente a la formación de conceptos, no solo en el plano de la actividad académica, sino en toda la extensión educativa de la conceptualización para la vida y la formación humanista.

En el presente trabajo se retoma el papel del experimento en la formación de conceptos desde el accionar didáctico siguiendo los principios metodológicos de esta actividad docente.



Se presenta un ejemplo propio de los contenidos que se tratan en la Física Molecular de preuniversitario y la enseñanza universitaria en esta asignatura.

## DESARROLLO

### Principios metodológicos de la actividad experimental

Con el fin de lograr que la actividad experimental alcance los resultados de aprendizaje que se han fijado a partir de sus potencialidades para contribuir a la formación de conceptos en los escolares se han fijado, con los argumentos necesarios, los principios metodológicos de la actividad experimental (Fundora LI & Furtado Diaz Paim, 2015) y que quedaron concretados en los siguientes:

1. Principio del carácter motivacional del experimento en la solución de problemas teórico prácticos.
2. Principio del carácter rector de las teorías científicas en la concepción de la actividad experimental.
3. Principio del progresivo entendimiento en la praxis misma de la actividad experimental.
4. Principio de la comunicación de los resultados del experimento.

Atendiendo a que los principios conducen a la elaboración de normas más concretas, que le permitan al profesor la aplicación de los mismos de forma más específica y particular, y a cuyas normas se les da la categoría de acciones e indicadores prácticos encaminados a lograr una aplicación acertada de los principios (Addines, González , & Recarey, 2002, pág. 82) se presenta a continuación las acciones o normas que son indispensable ejecutar en la práctica docente con experimentos a partir de los principios ya enunciados:

#### Principio del carácter motivacional:

- Identificar la importancia social y/o personal en la solución de la problemática advertida
- Familiarizarse intensivamente con el objeto físico en investigación

#### Principio del carácter rector de las teorías:



- Argumentación y planteamiento de hipótesis.
- Diseño de los experimentos

Principio del entendimiento en la praxis misma:

- Montaje de la instalación, ajuste y/o modificación del diseño concebido.
- Realización de los experimentos.
- Procesamiento y análisis de los resultados.

Principio de la comunicación de los resultados:

- Elaborar el informe
- Discusión de los resultados ante el grupo y/o tribunal convocado al efecto.

El desarrollo de la actividad experimental escolar a todos los niveles de la educación, siguiendo los principios y sus indicadores, con la dosificación adecuada para cada nivel es fuente de garantía de que esta actividad cobre en la práctica el nivel de importancia que siempre se le ha adjudicado y aporte los saberes que realmente se esperan de ella.

Seguir con el rigor que merece el trabajo experimental escolar en cada nivel educacional siguiendo los principios e indicadores relacionados significa, para sus autores, ajustarlos al principio didáctico de la asequibilidad, de manera que, según el nivel educacional y las características de su grupo de estudio, cada profesor sepa dosificar adecuadamente la ejecutoria del experimento. Lo anterior quiere decir que para los primeros grados, en la enseñanza de las ciencias que estudian la naturaleza, los niños puedan contemplar el comportamiento de los fenómenos objeto de estudio antes de las ejecutorias descriptivas de los mismos y más que eso, la percepción que se pretende pueda revelar ante los niños sus propiedades más elementales, ejercitando progresivamente el andar de ver más con la mente que con los ojos.

Tal accionar solo se logra si en la enseñanza de las ciencias hacemos evidente los elementos que conforman la observación científica desde los primeros grados y poco a poco vamos integrando los elementos referidos de los principios metodológicos enumerados, según muestren los escolares sus capacidades de pensamiento, de traducir las imágenes con que reflejan en su mente el pensamiento natural, en experimentos mentales, para



entender las abstracciones con que en las ciencias se explica la naturaleza. Esta es una forma con que en la educación científica se contribuye a una demanda social, muy bien expresada por el Dr. C. Agustín Lage (2018): el dominio del método científico por la población, como parte de la cultura contemporánea. El experimento es una parte de ese método en el pensamiento científico moderno.

Ejemplo de una práctica de laboratorio para el preuniversitario. Una práctica experimental de las leyes empíricas de los gases

Las leyes empíricas de los gases ideales son un contenido de estudio en los niveles de educación media superior y en las universidades en diferentes especialidades (Núñez V, 2002); (Resnik R, Halliday, & Krane, 1977); (Kikoin A & Kikoin I, 1979)

Es común que en las instituciones escolares de diferentes niveles se lleven estas leyes al laboratorio con el fin de establecer un tipo de comprobación experimental de lo que la ecuación de estado del gas ideal presupone y que se establecieron empíricamente en el siglo XIX por Boyle Mariotte y Gay Lussac.

Eludiendo toda la práctica habitual de la actividad experimental sobre estas leyes en la enseñanza aprendizaje de la Física, establecimos como fin principal para su trabajo, en el laboratorio, el siguiente problema:

*Determinar la cantidad de gas contenida en un frasco.*

El planteamiento del problema no se presenta como una vía exclusiva para abordar la actividad experimental, sino que un problema, cualquiera sea en la Física, debe contener la actividad experimental como una expresión de las formas naturales de abordar su solución.

Esta actividad se llevó a cabo en un proceso de debate abierto con los estudiantes, lo cual los entrena para el desarrollo de capacidades en la realización de este tipo de actividad de forma independiente en otros temas de la Física Molecular y la Termodinámica.

Este problema abierto conllevó a la discusión y esclarecimiento del significado físico de la tarea planteada, su utilidad práctica y teórica, lo cual corresponde con el accionar necesario en el primer principio metodológico relacionado con la motivación que inspira el trabajo experimental (Fundora LI & Furtado Diaz Paim, 2015).



Se debatió la forma de medir la cantidad de gas en el frasco por medio de la cantidad de sustancia, la cantidad de moléculas o la masa.

Se procedió a la discusión de las teorías físicas estudiadas que más se avienen a los propósitos del trabajo planteado y se repasó la posibilidad de utilizar tanto la teoría del Gas Ideal como la del Modelo de Van der Waals. De este análisis se concluyó que, considerando el gas en el frasco en condiciones normales, la teoría del gas ideal es la idónea para llevar a cabo el proceso experimental para la solución del problema planteado. El grado de independencia con que los estudiantes trabajen depende de su entrenamiento en esta forma de docencia.

Este análisis permitió valorar todos los inconvenientes que las limitaciones del modelo del gas ideal pueden introducir en este trabajo. Semejante valoración ratifica la idea que el esclarecimiento del objeto físico en debate conlleva a entender las ciencias en su contexto y comprender su carácter aproximado y no como conocimientos establecidos, petrificados e inamovibles (Fernández , y otros, 2002). En tal sentido se exploró la solución teórica, entendiendo la importancia de la vía experimental para acercar mejor la solución al problema concreto que se presenta en el contexto del laboratorio.

Aceptada la teoría del Gas Ideal se solicitó a los estudiantes formularse las preguntas que pueden dar luz en la solución del problema. Semejante proceder responde a la metodología general de la solución de problemas –tema que ocupa el contenido de otro artículo en proceso de publicación– que marca el proceder cotidiano en el proceso de enseñanza aprendizaje que se dirige y en el plano teórico sustenta la idea que “el método científico”, según Lage A. (2013), se relaciona con la manera en que las preguntas relevantes se responden, pero no con la manera en que se formulan. De aquí que la formulación de problemas (preguntas, proposiciones, etc.) por el estudiante, en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física adquiere tanto valor educativo.

De esta forma surgieron las siguientes interrogantes:

¿Cuál de las leyes empíricas de los gases ideales estudiada será de mayor utilidad para llevar a cabo el experimento? ¿Qué mediciones y cuántas han de realizarse para resolver el



problema? ¿Qué instrumentos o sistemas de medición emplear para llevar a cabo el cumplimiento de la tarea planteada?

Este proceso didácticamente no es lineal, los estudiantes no solo preguntan, hacen comentarios, introducen ideas no ordenadas y no falta quien muestra su indiferencia, asunto este último que da la oportunidad al docente de advertir el peligro que se corre en el aprendizaje con tales actitudes o impone la necesidad pedagógica de buscar nuevos argumentos que abarquen el interés de la totalidad de la población escolar implicada en la actividad docente que se desarrolla.

Lo anterior muestra que la consecución de la actividad experimental según los principios metodológicos establecidos no se realiza intentando hacer que cada principio con sus respectivos indicadores o acciones se vayan ejecutando uno tras otro tal y cual aparecen en la forma ordenada que se presentaron. Hacer la actividad experimental escolar con los estudiantes, donde estos se muestren verdaderos protagonistas de sus aprendizajes, considera en primer lugar las características personales de cada alumno y las del grupo. Dándole un orden a las interrogantes y comentarios planteados se asumió el debate de las leyes empíricas estudiadas, comenzando por la ecuación de estado del gas ideal. En este sentido a propuesta de los estudiantes se repasaron los procesos isotérmicos asociados a la Ley de Boyle Mariotte, isobárico asociado a la ley de Gay Lussac y el proceso a volumen constante que aunque no se considera una ley de la naturaleza, porque la escala de temperatura surge de este proceso (Kikoin A & Kikoin I, 1979), es un comportamiento de los gases válidos para el trabajo que se quiere.

Del análisis mencionado, partiendo de la ecuación de estado del Gas Ideal, se discutieron los tres procesos y su representación en las diferentes gráficas: presión vs volumen, presión vs temperatura, y volumen vs temperatura.

Junto con el análisis de los gráficos se precisaron, a propuesta de los estudiantes, las hipótesis posibles tales como:

Proceso isotérmico: Las gráficas conocidas no aportan una relación que pueda promover un procesamiento de los datos fácil para cumplir la tarea encomendada. Aunque se hizo alusión a la posibilidad de linealizar la curva  $p$  vs  $V$ , a través de un ploteo de  $p$  vs  $1/V$ , se entendió



conveniente no asumirlo toda vez que el diseño experimental obliga a un sistema que contenga un frasco con un émbolo suficientemente hermetizado que permita las variaciones de presión a temperatura constante. Este análisis muestra el carácter no lineal de la actuación según los principios metodológicos, pues la hipótesis y el diseño pueden no presentarse de forma consecutiva o con sentido de subordinación de uno a otro.

Proceso isobárico. La gráfica  $V$  vs  $T$ , da una línea recta, expresión de la función lineal entre estas magnitudes, con pendiente igual a  $nR/p$ . Este resultado permite calcular  $n$  (cantidad de sustancia) para una presión constante determinada en el experimento.

El problema de este experimento fue cuando se discutió el diseño experimental, pues se impone disponer de un recipiente con un émbolo desplazable a presión constante donde varía el volumen en la medida que se transfiere energía para variar la temperatura del gas. El mecanismo debe guardar la hermeticidad debida para evitar que escape gas y la presión varíe. Dado que esto resulta una dificultad técnica no superable en las condiciones disponibles se sugiere otro proceso.

Proceso a volumen constante. La gráfica  $p$  vs  $T$ , da una línea recta, expresión de la función lineal entre estas magnitudes, con pendiente igual a  $nR/V$ . Este resultado permite calcular  $n$  (cantidad de sustancia) para un volumen ( $V$ ) constante determinado en el experimento.

Igualmente se discutió el diseño probable con los estudiantes quienes propusieron diferentes opciones referidas al mecanismo de suministro de energía y los proceso de medición de las variables presión y temperatura (anexos N° 1 y 2) La imágenes en los anexos señalados constituyen los experimentos finalmente montados a partir de los diseños propuestos por los estudiantes quienes refirieron la representación mental que tuvieron que hacerse de los experimentos, de acuerdo a las leyes empíricas de los gases..

El anexo N° 1 muestra un diseño donde la fuente de calor es un baño de María donde se introduce el recipiente hermético en el que se encuentra el gas en estudio.

El anexo N° 2 muestra un recipiente dentro del cual hay una resistencia eléctrica que al suministrarle energía eléctrica se calienta y calienta el gas herméticamente encerrado en el frasco.



Los estudiantes conocedores de las posibilidades del equipamiento del laboratorio docente disponible, concuerdan en la utilidad de utilizar los sensores de presión y temperatura del laboratorio chino que se encuentra en las escuelas cubanas de educación media superior y que trabajan por el software IDES.

Con estas decisiones se resolvieron interrogantes referidas a las magnitudes a medir y el instrumentar a emplear, consecuencia de considerar el proceso a volumen constante y los aspectos teóricos que lo describen como la hipótesis disponible para enfrentar la solución del problema. Este aspecto referido a evaluar la teoría conocida para determinar la hipótesis que guía el experimento pondera la idea que el trabajo con hipótesis en la solución de problemas conecta los intereses prácticos del problema que se debate con los elementos teóricos necesarios a considerar para enfrentar la tarea intelectual planteada. Este es un importante aspecto didáctico que enlaza la tarea de aprendizaje, a la que el estudiante se enfrenta, con la teoría física necesaria a dominar y el resultado práctico que la solución del problema aporta (Fundora LI J. , 2017).

Las mediciones y su procesamiento (anexos N° 3 y 4) aportaron los siguientes resultados:

$n_1$ : cantidad de sustancia en el experimento N° 1 del anexo N° 1

$n_2$ : cantidad de sustancia en el experimento N° 2 del anexo N° 2

### Resultados del experimento N° 1 (gráfica experimental $p$ vs $T$ en el Anexo N° 3)

El volumen del gas es una medición directa que se realiza a partir de medir con agua el volumen del frasco antes de hacer el experimento, que para el caso es:

$$V = 132 \text{ ml} = 132 \text{ cm}^3 = 132 \times 10^{-6} \text{ m}^3, \quad R \text{ (constante de los gases)} = 8,3145 \text{ J/molK}$$

$$\text{pendiente} = \frac{nR}{V}$$

$$n_1 = \frac{\text{pendiente} \times V}{R} = \frac{83,41 \frac{\text{Pa}}{\text{K}} \times 132 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{molK}}} = 0,00132 \text{ mol}$$

### Resultados del experimento N° 2 (gráfica experimental $p$ vs $T$ en el Anexo N° 4)

El volumen del gas es:



Artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el trabajo original se cite de la manera adecuada.

$$V = 556 \text{ ml} = 556 \text{ cm}^3 = 556 \times 10^{-6} \text{ m}^3, R = 8,3145 \text{ J/molK}$$

$$\text{pendiente} = \frac{nR}{V}$$

$$n_2 = \frac{294,3 \frac{\text{Pa}}{\text{K}} \times 565 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{8.3145 \frac{\text{J}}{\text{molK}}} = 0,019998 \text{ mol} \cong 0,02 \text{ mol}$$

Aquí se discuten las unidades con que ha de trabajarse en el procesamiento de la información. Los resultados se obtienen automatizadamente en la computadora y se procesan en Excel.

De los resultados obtenidos se hacen diferentes análisis que tienen que ver con la presentación de los resultados:

1. Un mol de gas ideal a 0°C y 1 atm. de presión ocupa un volumen de 22,4 litros o sea 22,4 dm<sup>3</sup> (Kikoin A & Kikoin I, 1979). Este mismo gas en estas condiciones, en el volumen trabajado, la cantidad de gas por volumen sería:  $n_1 \approx 0,006 \text{ mol}$  y  $n_2 = 0,025 \text{ mol}$ . Comparando estos resultados con los resultados experimentales, o sea  $n_1 = 0,001 \text{ mol}$  y  $n_2 \approx 0,02 \text{ mol}$  muestran la lógica de que el gas del experimento, que se encontraba inicialmente a temperatura ambiente, respecto al modelo es normal que haya menos gas en el frasco a esa temperatura.
2. La diferencia entre el modelo experimental 1 y 2 con los resultados teóricos muestra que el resultado que mejor se aproxima a la posible realidad es el del diseño 2 pues rigurosamente a temperatura ambiente, que es como se capta el gas en el volumen encerrado, debe contener menos gas que a 0°C.
3. Se propone un análisis adicional a los estudiantes relativo al procesamiento de la data con T en °C y p en Pa y calcular el valor de T para p = 0. Como los especialistas conocen esto debe dar T = - 273 °C, que es el cero absoluto en la escala Kelvin. Esta tarea sirve para una actividad docente posterior donde se toman los resultados del experimento para introducir la clase de conclusión de los modelos trabajados de los gases ideales y reales,



evaluando las consideraciones asumidas para cada modelo y los resultados del experimento (Frish & Timoreva, 1967).

## CONCLUSIONES

Los resultados que se muestra de una actividad docente con experimentos atendiendo a sus principios metodológicos , aportó una activa participación de los estudiantes en el esclarecimiento de la tarea que se inscribe y la comprensión del objeto físico en discusión, la formulación del problema de acuerdo al contexto material que cada equipo posee y en consecuencia la precisión de las propiedades del mismo de acuerdo a su volumen y los valores de presión y temperatura en las condiciones iniciales.

Es distinguida la activa participación de los estudiantes en la determinación de la hipótesis que sirve de guía para el trabajo experimental a desarrollar así como la proposición y concreción de un proyecto de diseño y la determinación del instrumental necesario para realizar las mediciones experimentales exigidas. En particular la utilización de un sistema de medición automatizado para la medición de temperatura y presión enaltece la actividad docente con experimento con el empleo de la computadora similar a como se utiliza esta en el trabajo experimental en la ciencia. Esta forma de trabajo refuerza el aparato conceptual del estudiante sobre las magnitudes físicas trabajadas y la necesaria idealización del experimento a nivel mental para poder discriminar la hipótesis y el diseño más aconsejable. Se corrobora la predicción del papel del experimento en la formación de conceptos en relación con la utilidad y la calidad del aprendizaje al designar el experimento como una de las vías en la solución de un problema y en consecuencia seguir una metodología que se corresponde con las formas y métodos de trabajo empleados en la actividad científica.

## BIBLIOGRAFÍA

Addines, F., González , S., & Recarey, S. (2002). Principios para la dirección del proceso pedagógico. En F. Addine , *Compendio de Pedagogía* (págs. 80-101). La Habana: Pueblo y Educación.



- Barberá , O., & Valdés Castro, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñaza de la ciencia: una revisión. *Enseñanza de la Ciencia*, 14(3).
- Fernández , I., Gil , D., Vilches , A., Valdés , P., Cachapuz, A., Praia, J., & Salinas , J. (2002). *La superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología: un requisito esencial para la renovación de la educación científica*. La Habana: Editorial Pueblo y educación.
- Frish , S., & Timoreva, A. (1967). *Curso de Física General* (Vol. II). Moscú: MIR.
- Fundora LI, J. (2010). *Una estrategia didáctica para la actividad experimental en las Ciencias Naturales en la Secundaria Básica cubana*. UCPRJV. La Habana: UCPEJV.
- Fundora LI, J. (julio - agosto de 2017). ¿Por qué el experimento docente en la Física? *Orbita Científica*, 23(97).
- Fundora LI, J. (julio agosto de 2017). ¿Por qué el experimento docente en la Física? *Órbita Científica*, 23(97).
- Fundora LI, J., & Furtado Diaz Paim, A. (mayo junio de 2015). Principios metodológicos de la actividad experimental en la enseñaza apnedizaje de la Física. *Órbita Científica*, 20(77).
- Fundora Lliteras, J. (marzo - abril de 2014). La actividad experimental en el PEA de la Física en las condiciones contemporáneas. *Órbita Científica*, 20(77).
- Kikoin A, K., & Kikoin I, K. (1979). *Física Molecular*. Moscú: MIR (segunda edición revisada).
- Lage D., A. (2013). La Ciencia y la Cultura. En A. Lage D., *La economía del conocimiento y el socialismo* (págs. 63-65). La Habana: Academia.
- Lage Dávila, A. (2018). Los orígenes históricos del método científico. En A. Lage Dávila, *Osadía de la Ciencia* (págs. 64 - 68). La Habana: Academia.
- Núñez V, J. (2002). *Física onceno grado*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Resnik R, Halliday, D., & Krane, K. (1977). *Física* (Vol. I parte 2). La Habana: Ediciones Pueblo y Educación.

**Declaración de conflicto de interés y conflictos éticos**



Artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el trabajo original se cite de la manera adecuada.

Los autores declaramos que este manuscrito es original y no se ha enviado a otra revista. Los autores somos responsables del contenido recogido en el artículo y en él no existen plagios ni conflictos de interés ni éticos.

**Contribuciones de los autores**

Juan Fundora Lliteras: concepción teórica en la aplicación de los principios metodológicos y su desarrollo en la práctica, resultado de una práctica de laboratorio con estudiantes del 3er año de la especialidad de Física.

Raúl Barroso Izquierdo: corresponde la idea del diseño de los experimentos que finalmente los estudiantes montaron en la práctica.

