

El globo: primer actor en nuestras prácticas experimentales

Vicente Capuano¹, Juan Cruz Bigliani¹

¹Facultad de Ciencias Exáctas Física y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Velez Sarsfield 1611. Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina.

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

E-mail: vcapuano@com.uncor.edu

Resumen

En este trabajo abordamos el problema de la falta de motivación de nuestros alumnos, que la enseñanza de una Física sin sentido, tanto para nuestros alumnos como para nuestros docentes, no logra resolver. Las experiencias que relatamos, todas utilizando globos, acercan las prácticas docentes a la cotidianidad de los alumnos, a sus intereses, consideran su contexto, y de esa manera estimulan sus deseos de involucrarse en la práctica y por otro lado resuelven algunos problemas clásicos del laboratorio de Física. Como una idea sospechada, que intenta interpretar el comportamiento de los alumnos que realizaron la experiencia, percibimos que los alumnos se mostraron entusiasmados con la tarea que realizaron, no tuvieron inconveniente en opinar sobre el experimento, sobre los equipos, los procedimientos, y hasta se animaron a proponer mejoras, lo que nos lleva a pensar, que le encontraron sentido a la práctica.

Palabras clave: Motivación, Valores, Globos, Sentido, Experimentos.

Abstract

In this paper we will address the problem of the lack of motivation of our students that teaching meaningless physics fails to resolve for both, students and teachers. The activities that we report, all using balloons, approach teaching practices to pupils' everyday life and their interests, considering their context to stimulate their motivation to get involved in the practice and also solve classic laboratory problems. As a suspected idea that tries to interpret the behavior of students along the activities, we saw that they were excited with the task they performed, they had no objection to comment on the experiment, the equipment, the method, and they were even encouraged to propose improvements to them, which leads us to believe that they found meaning in the practice.

Keywords: Motivation, Values, Balloons, Sense, Experiments.

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Física en los distintos niveles del sistema educativo, se ha convertido hace varias décadas en preocupación para autoridades del sistema e instituciones educativas, y principalmente para los docentes, que han advertido las dificultades que tienen los alumnos para lograr la promoción de la asignatura. Dicha preocupación nos ha llevado a todos, a intentar planificando la enseñanza desde algunas teorías de aprendizaje, con algunas didácticas que nos parecen podrían llegar a funcionar, con el tránsito de otros caminos, algunos emparentados con la teoría, otros con el tipo de problemas o situaciones problemáticas que se propongan y finalmente, otros, asociados al tipo de práctica experimental. En suma, intentamos distintas estrategias sospechadas de contribuir al mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Física.

En una encuesta realizada a alrededor de 30 docentes del área CN y del nivel medio, en la cual se les preguntó por las principales dificultades que percibían en el desarrollo de la práctica docente, señalaron en orden decreciente: que los alumnos no están interesados; la falta de disciplina (puede ser una consecuencia de la anterior); el poco valor que le conceden al conocimiento; la pasividad de los alumnos en las clases (también puede ser resultado de la falta de interés); la falta de colaboración durante la práctica docente con el profesor; y finalmente, la falta de apoyo de la autoridades por la problemática asociada a la falta de motivación de los alumnos.

Recién luego aparecieron problemas asociados con el aprendizaje de conceptos y de procedimientos, con la necesidad de mantener un laboratorio con equipamiento moderno, con la necesidad de mantener

actualizados a los docentes en el uso del nuevo instrumental, con la necesidad de transferir los resultados de las investigaciones educativas, al aula, etc. Vemos que las primeras menciones de dificultades se refieren, directa o indirectamente, a la “falta de motivación” de los alumnos. También hace mención de esta dificultad, Pozo y Gómez Crespo (1998).

La pregunta que podríamos hacernos ahora es ¿quién provoca la falta de motivación en los alumnos? Nos parece que debemos dividir el origen las causas, en dos ámbitos: en primer lugar el “tejido social” que exhibe como consideración dominante hacia la ciencia, un horizonte que lejos está de plantearse la importancia del conocimiento para avanzar en un modo inteligente de interacción entre sus miembros y de éstos con la naturaleza, y que sólo lo considera como un trampolín para el logro de metas económicas; y por otro, la “escuela”, que entendemos contrariamente a sus propósitos, exhibe también un comportamiento que no provoca la motivación en los alumnos. Por ejemplo, prácticas docentes alejadas de la cotidianeidad de los alumnos, de sus intereses, presentadas de un modo que de ninguna manera consideran el contexto del alumno, difícilmente provocarán su motivación para el tratamiento del tema que plantea la práctica. En el primero, es más difícil actuar y las metas de una intervención deben plantearse a largo plazo, el segundo, la escuela, más fácil de actuar y en el que se pueden plantear para la intervención, objetivos a corto plazo.

II. LA MOTIVACIÓN, LOS VALORES Y LAS CONDUCTAS

Las conductas de las personas, están fuertemente ligadas a las motivaciones presentes y por otro lado, también a los valores. Conductas, valores y motivaciones, se relacionan en una tríada de relación causa efecto (Henson y Eller, 2000; Dalri y Mattos, 2008). Es posible señalar sin necesidad de demostración, que las motivaciones influyen en las conductas y que ambas (conductas y motivaciones), están muy relacionadas con los valores del individuo. Figura 1. Como ejemplo sencillo, podemos señalar que se requiere de motivación para que un alumno se proponga estudiar un tema o para que esté atento en una clase, para que un escritor escriba un libro, o para que un docente prepare sus clases. La motivación en los individuos mencionados en los ejemplos dados, estará fuertemente vinculada con sus valores.

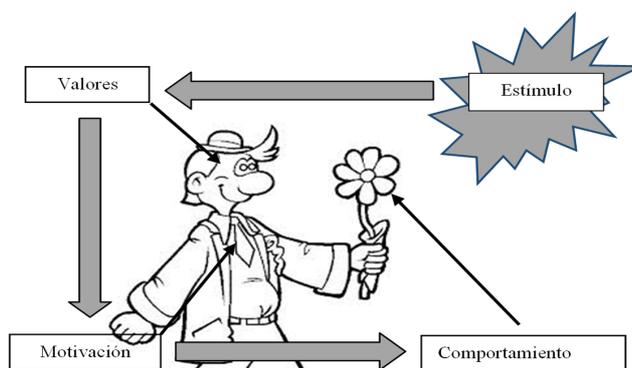


FIGURA 1. Un estímulo externo, interactúa con los valores, provoca una motivación, que se expresa en un comportamiento.

¿Quién inicia este proceso de interacciones valores-motivación-comportamiento?, lo inicia un estímulo externo, figura 1. Algo ocurre fuera del individuo, algo que el individuo atiende en mayor o menor medida, sobre la base del resultado de la interacción del estímulo con sus valores, que provocará una motivación que desencadenará su comportamiento, como respuesta hacia dicho estímulo. Si existe un estímulo, es porque alguien estimula y quien estimula puede perseguir un propósito (estímulo premeditado) o no (estímulo casual).

III. SENTIDO DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Usaremos la expresión “Sentido de la Enseñanza de la Física”, orientando su significado al sentido que para el alumno tenga lo que está realizando en una clase. Consideramos que tiene el derecho, además del deber, de preguntarse el “por qué” de lo que está realizando y de buscar una explicación, que entendemos

estará vinculada con sus valores, sus conocimientos y su cotidianeidad, y que proporcionará la motivación que desencadenará su conducta.

Dar trascendencia a la motivación como un aspecto que en una estrategia de enseñanza debe estar presente y que debe ser considerada en el diseño curricular, tiene antecedentes en el ámbito de las ciencias de la educación (Rodríguez, 2006; González y otros 1996), por citar algunos autores. También y en menor medida, se investiga la importancia de la motivación en el acto educativo, en el ámbito de la educación científica (Alvarez y Figueroa, 2009; Durán y otros, 2011; Ravera, 2007; Dima y otros, 2007; Asorey y otros, 2011; Llera y otros, 2011).

También las “Teorías de Aprendizaje” se han preocupado por las motivaciones y sus enfoques del problema direccionan distintas propuestas (Skinner, 1953; Khon, 1993; Ausubel, 1996; Novak 1990).

Cuando señalamos que el alumno debe encontrar un significado (sentido) a la tarea que está realizando con el propósito de lograr el aprendizaje, la construcción de una idea en relación a un determinado contenido, vinculamos dicho significado por una parte con el contenido, y por otra, con la metodología con la cual se ha diseñado la práctica docente. Es decir, asignamos cierta característica a los contenidos, en particular a los de Física, que los hace más o menos fáciles de internalizar y de encontrarle sentido, por parte de los alumnos. Sin embargo, la enseñanza es de contenidos pero siempre utilizando una determinada metodología, la que casi con total libertad, depende del docente. Éste y para la práctica propuesta, podría analizar lo que le ocurre a cuerpos que caen libremente pero que experimentan un rozamiento con el aire: paracaidistas, animales grandes versus animales pequeños, gotitas de agua, etc.

Con la expresión “Sentido de la Enseñanza de la Física” queremos significar que debe tener sentido para nuestros alumnos, y también debe tener sentido para el docente. La enseñanza que propone el docente, tendrá “sentido” cuando el alumno le encuentra sentido a su tarea. Para el docente, el “sentido” de su enseñanza se pondrá de manifiesto a partir de la conducta del alumno, es decir del interés que despierte su propuesta (interacción con los valores, despertar de motivaciones, comportamientos activos). Si la práctica docente no tiene sentido para el alumno, claramente no puede tener sentido para el docente.

IV. LAS EXPERIENCIAS QUE RELATAMOS

El primer actor de la experiencia es el “Globo”. Sí, el globo. No un globo especial, el globo común, el de cumpleaños, el de las “bombuchas” del juego de carnaval, etc. Tal vez y para algunos de los experimentos que propondremos a continuación, conviene que el globo inflado adopte una forma, más o menos esférica.

El globo y su uso, tienen características particulares que a continuación señalaremos. Cuando lo inflamamos, mantenemos la masa del material con el cual se construyó (entre 2 y 4g para globos de cumpleaños y bastante menos para bombuchas de carnaval) a la que debemos sumar la masa del aire encerrado en el mismo (hasta algo más de 10g, para volúmenes grandes de aire (hasta alrededor de 10dm³). Si bien la masa del globo se incrementa, no debemos olvidar el empuje del aire. En principio el peso del aire encerrado debería ser igual al empuje, pero no es igual por la diferencia “ Δm ” entre la masa encerrada y la masa que desaloja el globo. Se obtuvieron valores $\Delta m \approx 1g$, y en casi todos los casos es mayor la masa del aire encerrado que la masa del aire desalojado.

Hay varios motivos por los cuales la masa que encierra el globo, es distinta a la que desaloja. En primer lugar, porque la presión dentro del globo (compresión que produce la tela del globo) es distinta a la presión fuera del globo y en consecuencia la masa también; en segundo lugar porque si lo inflamamos con la boca, la temperatura del aire dentro del globo es distinta a la temperatura ambiente; y finalmente, en tercer lugar, si lo inflamamos con la boca, la composición química del aire dentro del globo es distinta a la composición química del aire fuera del globo.



FIGURA 2. Varios globos iguales con distinta cantidad de aire en su interior, el inflador con el cual se los infló y una cinta métrica para medir su tamaño.

En los experimentos planteados, explicaremos en cada caso la importancia de tener en cuenta o no, las características del globo inflado, señaladas.

Algunos de los inconvenientes que se presentan cuando intentamos realizar experimentos en una clase de Física y que nuestra propuesta intenta resolver, son los siguientes:

- la no existencia en el laboratorio del equipamiento necesario para llevar adelante la práctica, especialmente cuando se trata de equipamiento específico para el laboratorio de Física,
- el uso de instrumentos raros, que no utilizamos a diario (cronómetros, extraños carritos, planos inclinados, sensores sonoros para medir distancias, etc.). No señalamos algunos que son más conocidos como por ejemplo, cinta métrica. Los problemas son el uso del instrumento, la dificultad que provoca cualquier falla en el mismo (no es fácil reemplazarlo ni repararlo), y la falta del sentido de pertenencia (el equipo como algo de su propiedad) que provoque el compromiso de su cuidado,
- la dificultad que aparece naturalmente en el alumno, cuando tiene que analizar los errores que se cometen en las mediciones,
- el desasosiego y desánimo que invade al alumno, cuando tiene que opinar sobre “cómo mejorar la experiencia (¿Qué equipos o instrumentos debería utilizar para disminuir los errores directos e indirectos asociados?) cuando en la mayoría de los casos desconoce los que ha utilizado.
- La problemática asociada a la medición de los tiempos, especialmente en experimentos que transcurren rápidamente. El globo se mueve lentamente cuando lo dejamos en libertad en el aire, y esa lentitud nos resuelve algunos inconvenientes. Claro que aparecen otros, pero con algo de sentido común veremos cómo resolverlos.



FIGURA 3. Algunos de los elementos que componen el equipo.

Nuestro equipo para los experimentos que siguen estará compuesto por los siguientes elementos:

- Globos e inflador, y celular.
- Hilo, cinta de pintor y de electricista.
- Banda utilizada como cinta métrica, con indicaciones por cada medio metro, construida con papel afiche, cualquier metro del que se disponga, un trozo de cartulina para calibrar las distancias en la banda y una fibra para indicar la posición.

A. Experimento 1: La caída de algunos cuerpos (globo)

Este experimento puede resultar contradictorio en razón de que lo que vamos a medir es un cuerpo que cae libremente y experimenta un Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU). En realidad lo que ocurre es que el globo inflado es tan liviano en relación con su volumen, que para pequeña velocidades del mismo, su peso iguala a la fuerza de roce. En consecuencia, partiendo el globo del reposo, luego de recorrer unos pocos centímetros con movimiento acelerado en los cuales alcanza la velocidad límite, su movimiento es con velocidad constante. Como se percibe en la figura, el globo se suelta desde unos 30 cm por encima de la primer marca, para que cuando pase por la misma, ya experimente la velocidad límite.

En la figura 4, mostramos un grupo de alumnos realizando la experiencia. Para medir la posición del globo, se hicieron marcas en la pared, que luego se resaltan con flechas. Los alumnos pueden pensar en otra manera de medir la posición. La cinta de papel con marcas también puede ser útil. Los tiempos fueron medidos con el celular de cada alumno, utilizándolo como cronómetro.

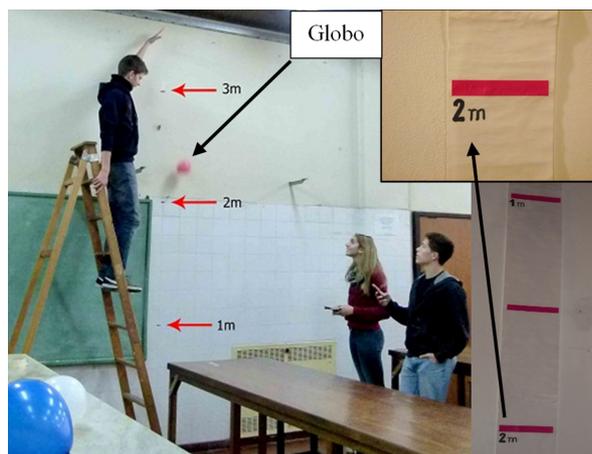


FIGURA 4. Un grupo de alumnos midiendo la caída libre de un globo.

La tabla I, muestra los resultados de la caída de cuatro globos de distinto diámetro, registrando los tiempos en los cuáles el globo pasa por la posición 3m, luego por la posición 2m, y así hasta llegar al suelo, 0m. Las posiciones están indicadas en la figura 4. Para medir los diámetros, dado que la forma de los globos no es esférica, se tomaron dos valores: el máximo (D_1) y el mínimo (D_2). Con esos dos valores, se calculó el valor del diámetro medio D_m . Los valores de los diámetros de cada globo, se llevó a cabo colocando una cinta métrica debajo del mismo, y tratando de no cometer errores de paralaje a medir. Otra forma de hacerlo podría haber sido medir el perímetro con una cinta métrica, figura 5. El alumno decidirá sobre cómo hacerlo. Luego con el diámetro, es posible calcular la superficie del globo.

La tabla I se puede utilizar de distintas maneras. Los tiempos corresponden a pasos del globo por determinadas posiciones: 3,0m; 2,0m; 1,0m y 0,0m. Observando cualquiera de las columnas de tiempo, es decir que puede tomarse cualquiera de los globos, se advierte que los tiempos en los cuales recorre la distancia de 1,0m, es aproximadamente la misma. De esta manera estamos en presencia de un movimiento en el cual los cuerpos recorren espacios iguales en tiempos iguales. Por ejemplo en la última columna, vemos que el globo tarda $(2,18 - 1,13)s = 1,05s$ en pasar desde la de la posición 3,0m a la posición 2,0m. Luego tarda $(3,18 - 2,18)s = 1,00s$ en recorrer el metro que sigue y luego $(4,22 - 3,18)s = 1,04s$ en recorrer el metro que le falta para llegar al suelo.

Consideramos que los resultados logrados pueden mejorar, en el sentido de reducir su dispersión, si arrojamos un mismo globo varias veces y luego promediamos los resultados. También la comprobación de que el movimiento es rectilíneo uniforme, se puede mejorar si incrementamos el máximo del recorrido del globo. Por ejemplo hacer que el globo en su caída, recorra al menos 5m. Esto incrementará el número de pares ordenados logrados y es posible representarlos en un sistema de ejes coordenados (t,x), para analizar su relación.

TABLA I. Pares ordenados (t,x) para cada uno de los globos

Globo 1		Globo 2		Globo 3		Globo 4	
$D_1=0,020m$	$D_2=0,016m$	$D_1=0,13m$	$D_2=0,11m$	$D_1=0,16m$	$D_2=0,20m$	$D_1=0,20m$	$D_2=0,24m$
$D_m=0,018m$		$D_m=0,12m$		$D_m=0,18m$		$D_m=0,22m$	
Posición [m]	Tiempo [s]	Posición [m]	Tiempo [s]	Posición [m]	Tiempo [s]	Posición [m]	Tiempo [s]
3,0	0,15	3,0	0,28	3,0	0,88	3,0	1,13
2,0	0,31	2,0	0,75	2,0	1,61	2,0	2,18
1,0	0,49	1,0	1,18	1,0	2,44	1,0	3,18
0,0	0,64	0,0	1,58	0,0	3,33	0,0	4,24

En fin, se podrían discutir muchísimas cuestiones asociadas a la caída del globo. Por ejemplo:

- ¿El movimiento es rectilíneo?
- ¿Qué ocurre con los errores asociados a las cantidades que estamos midiendo?
- ¿Cómo mejoramos la calidad de la medición? Ya hemos enunciado algunas maneras de mejorarla.
- ¿Puede influir en que el movimiento sea uniforme (velocidad constante) que el globo en su caída atraviese zonas en las cuales la temperatura ambiente no es la misma?

Tal vez lo importante de estas cuestiones, preguntas, es que los alumnos pueden, con algo de sentido común, intentar respuestas.

B. Experimento 2: Sobre cómo la velocidad de caída depende de la superficie

No es sencilla esta determinación en razón de que la fuerza de roce también depende de la velocidad del cuerpo. El movimiento de un cuerpo en un fluido muy poco viscoso como el aire, provoca fuerzas de roce distintas según el régimen sea laminar o turbulento. El tipo de régimen, puede determinarse con alguna precisión calculando el número de Reynolds como muestra la ecuación N° 1, en el que “l” es el diámetro del cuerpo si este es esférico; “v” la velocidad relativa entre el cuerpo y el aire; “δ” su densidad y “η” su viscosidad. Para valores pequeños de R (<1000) a los efectos prácticos puede considerarse que el régimen será laminar y en ese caso la fuerza de roce puede calcularse con la Ley de Stokes, que establece una proporcionalidad entre la fuerza de roce “fr” y la velocidad relativa “v”. Para valores de R mayores que 3000, la proporcionalidad se establece entre la fuerza de roce “fr” y el cuadrado de la velocidad relativa “v” (Frish y Timoreva, 1973).

$$R = \frac{\delta \cdot V \cdot l}{\eta} \tag{1}$$

TABLA II. Globos de distinto diámetro utilizados en la experiencia y velocidad límite que alcanza cada uno de ellos

Globo 1 D _m =0,018m	Globo 2 D _m =0,12m	Globo 3 D _m =0,18m	Globo 4 D _m =0,22m
$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $v = \frac{3,0}{0,49} = 6,1 \frac{m}{s}$	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $v = \frac{3,0}{1,30} = 2,3 \frac{m}{s}$	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $v = \frac{3,0}{2,45} = 1,2 \frac{m}{s}$	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $v = \frac{3,0}{3,11} = 0,96 \frac{m}{s}$

Sin embargo, para nuestros propósitos y atentos que estamos relatando experiencias a desarrollar en el nivel medio y/o terciario, y en el ciclo básico universitario, el enunciado del párrafo anterior, escapa al alcance del análisis realizado y sólo nos interesa mostrar que cuando se incrementa la velocidad de un cuerpo que se mueve en un fluido viscoso, la fuerza de roce que opera sobre el cuerpo, de sentido contrario a la velocidad, aumenta de alguna manera cuando se incrementa la misma y lo que demostramos es que la “fuerza de roce se incrementa, cuando se incrementa la superficie de contacto entre el fluido y el cuerpo”.

La velocidades para cada uno de los globos de la tabla II, fueron calculadas tomando el total del tiempo empleado en recorrer la distancia total de 3m. ¿Cómo entender estos resultados?

Bien, veamos. Los pesos de los globos, y en consecuencia sus masas, son muy parecidos (despreciamos la diferencia entre el aire encerrado y el aire desalojado). Por otro lado, la velocidad que estamos midiendo es la velocidad límite, y esa velocidad es la que el cuerpo experimenta cuando la fuerza del roce es igual al peso. Como el peso es casi siempre el mismo, la fuerza de roce que lo equilibra al lograr la velocidad límite, será más o menos la misma para todos los globos. En consecuencia si la “fuerza de roce” depende directamente de la velocidad y de la superficie, al aumentar la superficie “A” con el diámetro, debe disminuir la velocidad “v” del cuerpo. Esto se percibe en la tabla II: recorriendo la misma de izquierda a derecha, se incrementan los diámetros de los globos, en consecuencia la superficie “A” que no calculamos, y disminuye la velocidad límite “v”.



FIGURA 5. Medida del diámetro del globo

V. CONCLUSIONES

En el primer apartado señalamos que la falta de motivación de nuestros alumnos no es resuelta por la enseñanza de una Física sin sentido, para nuestros alumnos y para nuestros docentes. Entendemos que una estrategia que incorpore las experiencias que proponemos, acercarán las prácticas docentes a la cotidianeidad de los alumnos, a sus intereses, considerarán su contexto, y de esa manera estimularán sus deseos de involucrarse en la práctica.

Por otro lado los inconvenientes que señalamos sobre el laboratorio (ausencia de equipamiento, ausencia de compromiso del alumno –sentido de pertenencia- para con el equipo, falta de conocimiento de los equipos que utiliza, la dificultad para analizar los errores que se cometen en las mediciones, el desasosiego y desánimo que invade al alumno cuando tiene que opinar sobre “cómo mejorar la experiencia”, y la problemática asociada a la medición de los tiempos, especialmente en experimentos que transcurren rápidamente, de alguna manera se resuelven con nuestra propuesta. Esta involucra equipos cotidianos, tomados del de los alumnos y el globo, con su movimiento lento cuando lo dejamos en libertad en el aire, resuelve otros inconvenientes.

Las experiencias propuestas, son totalmente abiertas y se puede usar mucho para que los alumnos adquieran destreza en el diseño de la misma para obtener buenos resultados. Como el espacio recorrido es largo, no hay manera de estar cerca de ambas posiciones extremas del globo. Como el alumno que mide se ubica abajo, comete errores por estar lejos de las primeras (arriba) marcas. Si el de arriba le indica diciendo “ya”, al tirarlo, el tiempo de reacción del de abajo influye, si el mismo que tira el globo mide todos tiempos y va bajando de la escalera para ver bien el cruce de las marcas el aire se mueve mucho, el globo se mueve lateralmente, y el movimiento ya no es rectilíneo. En fin, lo bueno de estas experiencias, y esto es lo que se percibió interactuando con los alumnos, es que opinan sobre el experimento, sobre los equipos, el procedimiento, se animan a proponer mejoras, lo que nos lleva a pensar, que le encuentran sentido a la práctica.

REFERENCIAS

- Ausubel, D.; Novak L. y Hanesian, H. (1996). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Alvarez, C. y Figueroa, A. (2009). Cómo adecuar las estrategias didácticas para promover cambios motivacionales. *Memorias de la XVI Reunión Nacional de Educación en Física*, en CD, pp. 1-10.
- Asorey, H.; López Dávalos, A. y Clúa, A. (2011). Potencia de la erupción del volcán Puyehue como problema de Fermi. *Memorias de la XVII Reunión Nacional de Educación en Física*, en CD, pp. 1-9.
- Dalri J. y Mattos, C. (2008). Relaciones entre motivación, valor y perfil conceptual: un ejemplo. *Memorias del IX Simposio de Investigadores en Educación en Física*, en CD, pp. 1-11.
- Dima, G.; Benegas, J. y Willging. (2007). Alistamiento para el aprendizaje significativo en experiencias de laboratorio. *Memorias de la XV Reunión Nacional de Educación en Física (ISSN 978-987-24009-0-3)*, en CD, pp. 1-10.
- Durán, G.; Natali, O. y Alaniz, H. (2011). Motivación de los estudiantes de las carreras de ingeniería en los primeros años. *Memorias de la XVII Reunión Nacional de Educación en Física (ISSN 978-950-33-0925-4)*, en CD, pp. 1-7.
- Frish, S. y Timoreva, A. (1973). *Física General. Tomo II*. Moscú: Editorial Mir.
- González, R.; Valle Arias, A. y Núñez Pérez, L.; González-Prienda J. (1996). Una aproximación teórica al concepto de metas académicas y su relación con la motivación escolar. *Psicothema (ISSN 0214-9915)*, 8(1), pp. 45-61.
- Henson, K. y Eller, B. (2000). *Psicología Educativa para la Enseñanza Eficaz*. México: Internacional Thompson Editores, S.A. de C.V.

Khon, A. (1993). Choices for children: Why and how to let students decide. *Phi Delta Kappan*, 74, pp. 783-787.

Llera, M.; Scagliotti, A.; Zárate, O. y Coiro, A. (2011). Métodos alternativos para estudiar las leyes de reflexión. *Memorias de la XVII Reunión Nacional de Educación en Física (ISSN ISBN 978-950-33-0925-4)*, en CD, pp. 1-12.

Novak, J. (1990). *Teoría y Práctica de la Educación*. Madrid: Alianza Universitaria. IV.

Pozo, J. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid: Morata.

Ravera, G. (2007). El guiso fantasmagórico. *Memorias de la XV Reunión Nacional de Educación en Física (ISSN 978-987-24009-0-3)*, en CD, pp. 1- 5.

Skinner, B. (1953). *Science and human behavior*. New York: Editorial Macmillan.