

Experiencia metodológica sobre la enseñanza de la Física

Aníbal Mendoza*

Resumen

En este artículo, se presenta una variante en la enseñanza expositiva de la física, mediante el uso del método basado en el razonamiento guiado, es decir, un interrogatorio al estilo socrático. Este método exige evidenciar las teorías previas o preconcepciones de los estudiantes sobre los temas a estudiar y la construcción de estrategias heurísticas que les conduzcan a la solución de los problemas estudiados y a la confrontación de sus preconcepciones con los conceptos científicos de la física. Como ilustración de la propuesta, se resuelve un ejercicio en donde se calcula la fuerza de rozamiento estático entre la superficie de dos cuerpos.

Abstract

In this article, a variant in the physics expository teaching is presented, by the use of the method based in the guided reasoning, or socratic style interrogation.

This method demand to prove the student's previous theories or preconceptions about the study themes and the heuristic strategies construction that show the studied problem solution and the confrontation between their preconcepts and the physics scientific concepts.

Like proposal demonstration, is resolved an exercise in wich is calculated the static friction force between two body's surfaces.

1. Objetivos

- Hacer de la clase magistral un método de enseñanza en el que se privilegie la reflexión y el análisis, tomando como pretexto los temas de la física.
- Desarrollar en los estudiantes estrategias heurísticas, a través de preguntas problematológicas que surgen de la formulación de un problema de física.

- Permitir a los estudiantes expresar las «teorías previas» que construyan acerca de los fenómenos físicos, para luego confrontarlas con la formulación física propuesta por Newton.

2. Fundamentos teóricos que la sustentan

Una revisión bibliográfica sobre la enseñanza de la física nos muestra que los estudiantes tienen grandes dificultades para comprenderla. Entre las muchas causas de esta situación se destaca el hecho de que los métodos de enseñanza que utilizamos generalmente no tienen en cuenta los esquemas construidos por

* Licenciado en Educación Especial en Física, Universidad del Atlántico. Magíster en Educación, Universidad Javeriana, Uninorte. Candidato a Doctorado en Currículo y Enseñanza de la Ciencia con énfasis en Física, Universidad de Puerto Rico.

los estudiantes para explicarse los fenómenos naturales que suceden a su alrededor.

Estos esquemas o teorías previas, como las llaman muchos investigadores educativos, no se ajustan o están en oposición a las teorías físicas reconocidas, tal como la física newtoniana.

Investigaciones realizadas en diferentes países, muestran que los estudiantes desarrollan ideas sobre fenómenos naturales mucho antes de que se les enseñen ciencias en la escuela. En algunos casos, estas ideas están de acuerdo con lo que va a enseñarse; en otras situaciones, hay diferencias marcadas entre estas teorías previas y la «ciencia» que encuentran en la escuela.

Los siguientes ejemplos, tomados de una investigación realizada por Driver, R. ilustran la anterior afirmación:

- «Los niños pueden decirnos que un objeto pesará más cuanto mayor sea la altura a la que se eleve, porque cuando cae golpea el suelo más duramente».
- Ellos argumentan comúnmente que se necesita una acción para mantener algo en movimiento. Cuando se empuja un objeto, el «empuje» permanece dentro del objeto y este «empuje» se pierde cuando el objeto se para.
- Conciben el calor como una clase de sustancia. Al explicar lo que ocurre cuando se calienta un extremo de una varilla de metal, un alumno de 12 años dijo: «El calor se acumula en una parte hasta que

no puede caber más y entonces se mueve a lo largo de la varilla». ¹

Ante esta problemática, otras investigaciones muestran que los cursos de física que se desarrollan mediante la enseñanza tradicional no logran superar estas ideas aristotélicas preconcebidas por los estudiantes, después de trabajar la física newtoniana y permanecen intactas aun en profesionales de esta rama de las ciencias naturales.

Se puede decir que el no confrontar estas teorías previas de los estudiantes con la física newtoniana propicia en ellos dificultad para explicarse acertadamente los fenómenos físicos, a la luz de las leyes y principios.

Ante la situación planteada surgen los siguientes interrogantes:

- ¿Cómo hacer para que los cursos de física que desarrollamos transformen las preconcepciones de los estudiantes?
- ¿Cómo hacer para que los cursos que desarrollamos les ayuden a los estudiantes a explicarse las situaciones físicas, a la luz de las teorías aceptadas por la comunidad científica?
- ¿Cómo hacer para que los estudiantes logren apreciar la belleza de esta ciencia, en vez de considerarla como algo difícil de comprender?

¹ DRIVER, R. «Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en Ciencias». En: *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 6, No. 2, 1988, p.10.

- ¿Cómo hacer para que la física sea realmente un pretexto, para que ellos puedan desarrollar su pensamiento a través del análisis y reflexión de las leyes y principios?

Como puede notarse, son muchos los interrogantes que nos podemos formular sobre la problemática de la enseñanza de la física y, desde luego, cada uno de ellos amerita una investigación por parte de los profesores que nos dedicamos a su enseñanza.

Atendiendo a estas inquietudes, me he preocupado por indagar sobre esta situación problemática y he tratado, en lo posible, de modificar la práctica educativa desde la clase magistral, de acuerdo con un modelo metodológico dinámico, en que se parte del estado inicial de conocimiento de los estudiantes hasta lograr un estado deseado dentro del desarrollo de la asignatura. Un matemático, expresa lo anterior lo simbólicamente así: $E_i \rightarrow E_f$. Donde E_i significa el estado inicial del estudiante, lo cual comprende tanto los esquemas mentales que ha construido para explicarse los fenómenos naturales como los conocimientos que ha adquirido durante su bachillerato. E_f significa el estado final del estudiante: comprende el estado deseado de transformación de las preteorías aristotélicas a la física newtoniana y la explicación de las situaciones físicas por esta última.

Si no nos preocupamos por conocer E_i , es decir, si no indagamos por los esquemas o preteorías que el estudiante trae a la universidad, cuando comienza

su curso de física seguramente esas preconcepciones quedarán sin tocar si desarrollamos la clase impartiendo sólo los conocimientos elaborados tal como aparecen en los textos guía. El mejor punto de apoyo a esta afirmación nos lo presenta David Ausubel cuando afirma: «*Si tuviere que reducir toda la psicología educativa en un solo principio, enunciaría éste: De todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe. Averigüe esto, y enséñese consecuentemente*»².

Se requiere entonces generar un conflicto cognitivo en los estudiantes, y para ello es deber nuestro programar cuidadosamente aquellas tareas que vayan a propiciarlo. Podemos lograrlo a través de una variante de la enseñanza expositiva, por medio del método basado en el descubrimiento guiado; es decir, un interrogatorio al estilo socrático. A través de él se logra una participación crítica de los estudiantes en los temas y problemas propuestos, ya que las respuestas que surgen ante un interrogante deben ser la base para plantear nuevas preguntas, y en esa cadena, los estudiantes lograrán construir una serie de estrategias heurísticas que los llevarán a la solución de un problema.

El estado final que se desea es aquel en que los estudiantes puedan aplicar los conceptos, leyes y principios físicos para explicarse una situación física planeada. Se desea también que puedan transferir esos conocimientos a situa-

² AUSUBEL, David. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas, 1981, p. 6.

ciones problemáticas más complejas; y lo que es más importante, que logren identificar problemas del medio y definirlos claramente para luego buscar soluciones adecuadas, asumiendo de esta manera, poco a poco, una actitud científica ante el objeto de estudio.

Para que esta metodología de enseñanza arroje resultados positivos debemos adoptar un método de instrucción diferente al tradicional.

Se requiere que el proceso enseñanza-aprendizaje no se dirija rígidamente, en donde las nuevas ideas y conceptos no le sean dados al estudiante simplemente mediante una exposición lineal, en la que el profesor comienza por hacer un breve llamado a las anteriores nociones, supuestamente conocidas por el alumno, y enseguida desarrolla la temática nueva, teniendo en cuenta la estructura lógica de la asignatura.

El problema que nos sirve como ejemplo para ilustrar la metodología tiene que ver con el rozamiento. Debo anotar que antes de proponer dicho problema a los estudiantes se realiza en el laboratorio un experimento en el que ellos redescubren las leyes empíricas de las fuerzas de fricción entre sólidos. Luego, en la clase de física, se discute y se

reorganizan estos conocimientos, apuntando, entre otras cosas, a que los estudiantes asimilen la diferencia entre la fuerza de fricción estática y la fuerza de fricción estática máxima. Después de haber tratado toda esta temática, se les presenta, a manera de evaluación, el siguiente problema:

A un cuerpo de masa 3 Kg. se le aplica una fuerza horizontal de 10 N, como se indica en la figura 1. Si el coeficiente de rozamiento estático es $\mu_s = 0.4$, determine ¿cuál es la fuerza de fricción que actúa sobre el cuerpo?

De todos los estudiantes evaluados con este problema, un 82% lo resuelve de manera mecánica, hallando y dando como respuesta la fuerza de fricción estática máxima, que en este caso es de 11.8N aproximadamente, sin analizar que esta fuerza resulta mayor que la fuerza aplicada de 10N, lo cual es un absurdo.

Seguidamente, los invito a que comparen su resultado con la fuerza aplicada, y les pregunto si eso tendría sentido físico.

Cuando se dan cuenta del error cometido en sus cálculos, se produce en ellos un choque cognitivo, lo cual los

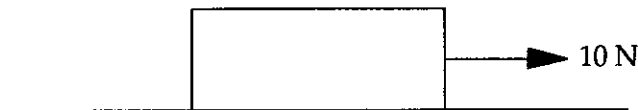


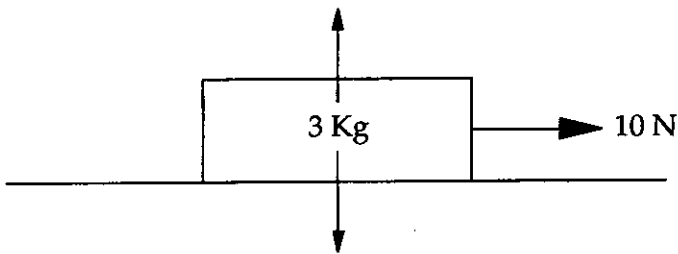
Figura 1
Bloque sobre una superficie horizontal sometida a una fuerza de 10 N.

lleva a cimentar sus conceptos sobre la fuerza de fricción estática, en el sentido de que ésta varía, en este caso, desde cero a un valor que llamamos fuerza de fricción estática máxima.

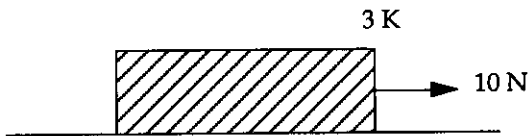
Las siguientes son las soluciones

dadas por tres estudiantes, las cuales se muestra el error más común que ellos cometen.

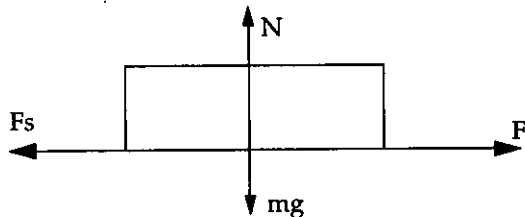
Se le aplica a un bloque de 3 Kg una fuerza de 10 NW, el coeficiente $\mu_s = 0.4$; hallar la fuerza de rozamiento estático.



$$\begin{aligned} \mu_s &= 0.4 \\ f_s &= \mu_s N \\ f_s &= (0.4) (m \cdot g) \\ f_s &= (0.4) (3\text{kg} \times 9.8 \text{ m/3}^2) \\ f_s &= 11.76 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} m &= 3 \text{ Kg} \\ \mu_s &= 0.4 \\ F_s &= \mu_s N \\ W &= 29.4 \\ N &= W \\ F_s &= 0.4 \times 24.4 = 11.75 \end{aligned}$$

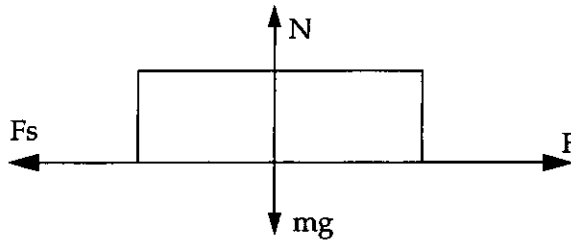




$$m = 3 \text{ kg}$$

$$\mu_s = 0.4$$

hallar la fuerza de rozamiento estático = f_s



$$\sum F_x = F - f_s = m \cdot a$$

$$\sum F_y = N - mg = 0$$

$$N = mg$$

$$N = (3 \text{ Kg}) (9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$N = 29.4 \text{ N}$$

$$F_s = N\mu$$

$$f_s = 29.4 \text{ N} \times 0.4$$

$$f_s = 11.76 \text{ N}$$

Después de la aclaración de los errores cometidos por los estudiantes, se les presenta el problema para ser resuelto en forma dirigida, a manera de diálogo socrático, con diversos grados de dificultad, tal como se indica a continuación:

Se coloca un cuerpo de 3 Kg. sobre un plano inclinado, como indica la figura 2. Si el coeficiente de rozamiento estático es $\mu_s=0.4$, diga ¿cuál es la fuerza de fricción?

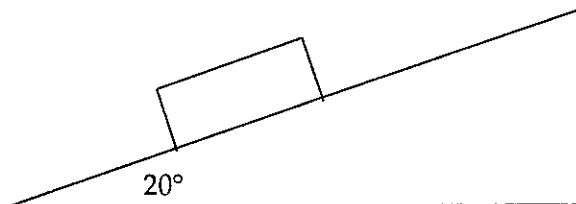


Figura 2

Bloque sobre una superficie de un plano inclinado 20°

Solución dirigida:

Datos	Incógnita
Masa del cuerpo $M=3\text{Kg}$.	Fuerza de fricción estática F_r .
Coefficiente estático:	$= 0.4$

1) Haga un diagrama de cuerpo libre.

2) Trace un sistema de fuerzas y escoja de antemano un sistema de coordenadas cartesianas, de tal manera que el eje X esté a lo largo del plano y el eje Y perpendicular a él. Descomponga las fuerzas en sus componentes rectangulares.

3) ¿El cuerpo está en reposo o en movimiento?

4) Si no puede responder a la pregunta (3), puede ayudarse preguntándose: ¿qué fuerzas necesito comparar para determinar el estado del movimiento del cuerpo?

5) Con los datos que tiene del problema y la respuesta de la pregunta anterior, ¿podría usted responder aho-

ra la pregunta (3)?

6) Después de determinar los valores de las fuerzas que necesita comparar, ¿podría usted indicar cuánto es el valor de la fuerza de fricción?

7) ¿Qué ley aplica usted para responder la anterior pregunta?

8) Asuma que el ángulo del plano inclinado es \emptyset , la masa es M y el coeficiente de rozamiento estático es μ_s . Halle la expresión matemática que condiciona el estado de reposo del cuerpo.

9) ¿De qué depende la fuerza de fricción estática en este caso?

Otro grado de dificultad en que se presenta el problema es el siguiente:

A un bloque de masa M que se encuentra sobre un plano inclinado de ángulo \emptyset se le aplica una fuerza F dirigida a lo largo del plano, como indica la figura 3. Si μ_s es el coeficiente de fricción estática, se pide hacer un análisis para el cual el cuerpo se encuentra en reposo.

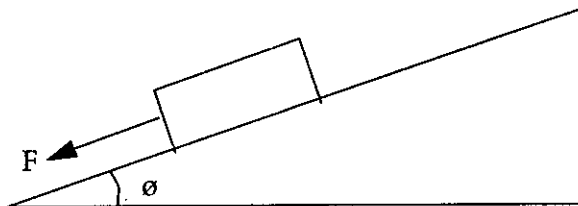


Figura 3

Bloque sobre un plano inclinado \emptyset° sometida a una fuerza F dirigida hacia abajo

Solución dirigida:

10) Trace un diagrama de cuerpo libre sobre el bloque; escoja un sistema de coordenadas cartesianas adecuado y trace los componentes de las fuerzas a lo largo de los ejes.

11) Las fuerzas dirigidas hacia abajo del eje X, ¿por qué fuerza son contrarrestadas, si el cuerpo se encuentra en reposo?

12) ¿Varía esta fuerza al aumentar la magnitud de la fuerza aplicada F?

¿La fuerza en cuestión crece indefinidamente?

Si hay un límite para esta fuerza, ¿qué nombre le podemos dar?

13) ¿Podría hallar ahora una expresión matemática que condicione el estado de reposo del cuerpo?

14) Indique la gama de valores que

puede tomar F, para el cual el cuerpo se encuentra en reposo.

15) Cuando el cuerpo esté a punto de romper el equilibrio, ¿cuál es el valor que toma F?

Supongamos que en el problema anterior la fuerza está dirigida hacia arriba, como indica la figura 4.

16) En este caso, ¿hacia dónde está dirigida la fuerza de fricción estática?

17) ¿Depende la dirección de la fuerza de fricción estática del valor de la fuerza aplicada F?

18) ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción estática si no se aplica ninguna fuerza?

19) ¿Cuál es el valor de la fricción si la fuerza aplicada tiene un valor de $W \sin \theta$?

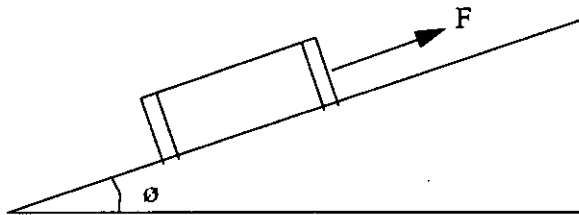


Figura 4

Bloque sobre un punto inclinado θ sometido a una fuerza F dirigida hacia arriba

20) Si la fuerza aplicada es menor que $W \sin \theta$, ¿hacia dónde está dirigida la fuerza de fricción? Escriba la ecuación de equilibrio.

21) Si la fuerza aplicada es mayor que $W \sin \theta$, ¿hacia dónde está dirigida la fuerza de fricción? Escriba la ecuación de equilibrio.

22) Para los dos casos anteriores, trace la gráfica de la fuerza de fricción estática, como función de la fuerza aplicada F .

Como conclusión puedo anotar que al presentar la solución de problemas y conceptos de esta manera interrogativa, los estudiantes participan de manera tal que comienzan a defender sus puntos de vista, generándose la discusión y el análisis por la situación planteada.

Lo más importante de resaltar es que esta metodología nos permite conocer la forma como están pensando los estudiantes y el grado de comprensión que tienen sobre las leyes, definiciones y principios de la física, lo cual es fundamental para inducirles hacia una buena comprensión de los fenómenos físicos.