

ACERCA DE UN INFORME DE LABORATORIO DE FISICA.

EDUARDO ZALAMEA GODOY. (*)
Universidad Nacional de Colombia.

1.- INTRODUCCION.

Es numerosa la literatura reciente en donde autores de diferentes latitudes consideran que una falla notable en la enseñanza de las ciencias consiste en creer que el discurso erudito del maestro de por sí proporciona todas las posibilidades para que él estudiante procese la información y asimile la teoría que se le pretende enseñar (Wenham 1984, Driver 1988, Gil et al. 1988, y las numerosas bibliografías que ellos citan).

Muchos autores han formulado toda una gama de supuestos teóricos que justifican la poca eficacia de la acción del maestro, pero quiero solo recalcar dos ideas. En primer lugar se reconoce mundialmente que los llamados preconceptos o ideas innatas, comunmente llamados en nuestro medio preteorías, constituyen un obtáculo epistemológico para que cualquier estudiante procese y asimile la teoría del texto o del maestro (Viennot 1979, Saltiel y Malgrange 1980, Riley, Bee y Mohwa 1981, Clement 1982, Helm y Novak 1983, Guidoni 1982, por citar solo algunos pocos diferentes a los pensadores nacionales). En segundo lugar se parte de un postulado que parece una perogrullada, quien aprende es el estudiante, y se concluye que éste aprende solo en la medida en que interactúe con el objeto de conocimiento. Nacen así muchas escuelas y diferentes concepciones metodológicas para las cuales en las clases de Ciencias Naturales, los contenidos ceden el paso a los procesos, y la información a la formación (Witrock 1974, Gil 1988, Driver 1988, Viennot 1989, Giordan 1989). Tales escuelas se autodenominan constructivistas.

Como consecuencia de lo anterior hay quienes concluyen, muy en particular, que las guías tradicionales de laboratorio que condicionan casi milimétricamente la acción del estudiante, son de una eficiencia muy pequeña, y en todas partes se plantean nuevas didácticas del laboratorio y surgen concepciones diferentes del papel del experimento en el proceso de aprendizaje del alumno. Además de la bibliografía citada, a este respecto se puede añadir a Gil 1983, Boscones y Novak 1986, García y Rodríguez 1988, y Gil 1986.

En estas notas pretendo informar sobre el desarrollo y los resultados obtenidos en una práctica de laboratorio influenciada por los anteriores supuestos, llevada a cabo por estudiantes de la carrera de Física de la Universidad Nacional en el curso de Laboratorio de Física 1.

2.- EL PROBLEMA EXPERIMENTO.

Hemos llamado Problema-Experimento a una situación en la cual el estudiante pueda poner a prueba su comprensión de todo un conjunto teórico.

El Problema-Experimento planteado a los estudiantes en esta ocasión fué el siguiente: Tengo este carrete de hilo nuevo. Ustedes van tomar una longitud cualquiera de hilo, la cuelgan de un soporte horizontal, y al extremo libre le amarran este bloque de madera.

Quiero que ustedes me determinen la mínima altura vertical a la que debo elevar el bloque de madera, para que al soltarlo rompa el hilo al caer. (Tal vez el lector le halle más significado al trabajo de los estudiantes que voy a describir, si se toma unos pocos minutos para solucionar por su cuenta la situación descrita.)

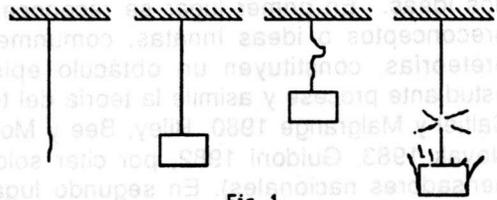


Fig. 1

3.- DESARROLLO DEL TRABAJO DE LOS ESTUDIANTES.

Realmente es difícil describir detalladamente los complejos caminos que siguieron los estudiantes para solucionar el problema, máxime que a esto se llegó de manera colectiva y después de varias sesiones de clase de laboratorio espaciadas entre sí por una semana. Sin embargo, se pueden identificar algunos pasos cruciales.

El primer intento de los estudiantes se dirigió a aplicar principios de

consevación de cantidad de movimiento durante el tiempo muy pequeño en que el bloque tesiona y revienta el hilo. Como posiblemente el lector lo habrá constatado esto no conduce a nada (posteriormente, al final, se discutió lo inadecuado de aplicar tal principio es estas circunstancias), así como tampoco la aplicación de los principios de conservación de energía mecánica. Algún estudiante aporta la idea de que en el instante en que el hilo se revienta, la tensión a la que está sometido es la máxima que soporta. Proceden entonces a determinar esa máxima tensión y a construir un modelo matemático que la describa. En una simbiosis entre la construcción de ese modelo y su puesta a prueba experimental, establecen algunas características interesantes que observan en el proceso de tensionado del hilo, que indico en la siguiente sección. Superada esta etapa, la solución del problema propuesto es considerada por los estudiantes como una aplicación de "su teoría". El éxito de sus predicciones al realizar las experiencias es bastante satisfactorio.

En la siguiente sección comentaré el informe escrito rendido por los estudiantes. Como sucede con los trabajos científicos el informe no revela el proceso y solo enfatiza en los aciertos, omitiendo las equivocaciones y los errores, que seguramente jugaron un papel más importante que los mismos éxitos.

4.- ANOTACIONES SOBRE EL INFORME DE LOS ESTUDIANTES.

Después de indicar la finalidad de la práctica y sin insinuar el por qué, el informe presenta un primer capítulo: "Medida de la Tensión Máxima que puede soportar el Hilo". De diversas formas pero fundamentalmente tensionando una determinada longitud de hilo mediante un dinamómetro "miden" la máxima tensión que soporta. Observan que sin importar la longitud del hilo empleado esa máxima tensión (T_m) es siempre la misma. Informan que el hilo aumenta de longitud al tensionarlo. Toman siete hilos de diferente longitud (L) y miden sus máximos alargamientos antes de reventarse y los llaman Δy_m . Construyen la gráfica Δy_m contra L , y ven que prácticamente es una recta; a su pendiente la llaman K y establecen la siguiente ecuación que numeran como 2:

$$\Delta y_m = KL$$

ec. 2

A continuación describen una experiencia que ellos catalogan como interesante. Toman 10 hilos de igual longitud (L), suspenden verticalmente cuerpos de diferentes masas (m) y miden los correspondientes alargamientos Δy en condiciones estáticas, dejando caer el cuerpo que colgaban con velocidad casi cero. Construyen la gráfica Δy contra m y hallan que perfectamente la pueden asimilar a una recta de pendiente c. Es de anotar que estos alumnos no tenían noticia de la existencia de la famosa práctica "Análisis de un experimento". Postulan entonces su ecuación 3:

$$\Delta y = cm \quad \text{ec. 3}$$

Concluyen que cuando se cuelgue un cuerpo cuyo peso Mg sea igual a T_m el hilo se revienta y en estas circunstancias la ec. 3 se puede escribir como:

$$\Delta y_m = cM$$

Multiplicando por la aceleración gravitacional, teniendo en cuenta que Mg coincide con la tensión máxima y combinando esta ecuación con la ec. 2, tienen que

$$\Delta y = Kg / (T_m) L m \quad \text{ec.4}$$

En palabras de los alumnos: "La ecuación 4 nos muestra cómo cambia Δy para un hilo de constante K y tensión máxima T_m , con respecto a la masa del cuerpo suspendido y con respecto a la longitud del hilo".

Observan luego que después de colgar un cuerpo en la situación estática su peso mg corresponde a la tensión T del hilo, y la ec. 4 se convierte en:

$$T = (T_m / KL) \Delta y \quad \text{ec.5}$$

Es decir que el alargamiento del hilo es proporcional a la tensión. Debo anotar que este hallazgo apartó a los estudiantes de la solución del problema por varios días, pues pretendían asimilar el comportamiento del hilo al de un resorte. Volvieron al buen camino cuando se dan cuenta que el hilo, a diferencia del resorte no recupera su longitud inicial, y que por lo tanto un hilo tensionado es diferente a uno que no se ha sometido a tensión. Ni este trabajo, ni los modelos, ni las teorías que construyeron a este respecto aparecen, lastimosamente, en el informe.

La solución del Problema-Experimento propuesto es considerado ahora por los estudiantes como una aplicación de su ec.5, como lo había anotado antes. Para ello utilizan el sistema coordenado y las anotaciones indicadas en la figura 2. El bloque se eleva verticalmente una distancia h y se suelta. La longitud del hilo sin haber sido tensionado es L . Mientras el bloque desciende la longitud h , está sujeto solo a la acción gravitacional de tal forma que cuando llega al punto A su rapidez es

$$V_A = \sqrt{2gh}$$

Al continuar su descenso el bloque está sujeto a dos fuerzas, la tensión T que le aplica el hilo y la gravitacional, ya que la de fricción con el aire es despreciable. Afirman, a continuación, que sin importar el proceso de estiramiento del hilo, cuando el alargamiento sea el Δy_m correspondiente a esa longitud L , se revienta. Ahora bien, para un h dado corresponderá una rapidez V_B en el instante en que se rompe el hilo; en consecuencia la mínima altura (H_m) para la cual el hilo se rompe corresponderá justamente a la V_B igual a cero. Aplican, luego, el teorema del trabajo y la energía entre los puntos A y B de la siguiente forma:

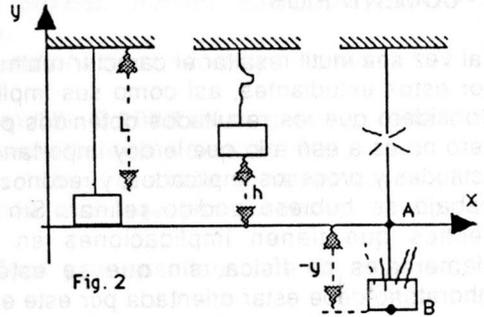


Fig. 2

$$\int_A^B (T - mg) \cdot ds = 1/2 mV_B^2 - 1/2 mV_A^2$$

Después de operar (teniendo en cuenta que: ds es igual a $-dy$, entre A y B la posición y es negativa, la ec.5 y que y_A es igual a cero) llegan a:

$$-\frac{T_m}{2KL} (y_B^2) - mg y_B = \frac{1}{2} m(V_B^2 - V_A^2)$$

Como ya se anotó, cuando y_B sea el Δy_m correspondiente (que es igual a $-KL$) y V_B sea cero, el h involucrado será el mínimo H_m , con lo cual se halla que:

$$H_m = \left[\frac{T_m}{2mg} - 1 \right]$$

y de esta forma dan por solucionado el problema. El informe reporta 12 casos en los cuales los alumnos confrontan su modelo teórico con mediciones experimentales. Los resultados son satisfactorios a pesar que en dos de esas circunstancias las diferencias son de casi un treinta por ciento, motivo por el cual, buscan explicación a tal comportamiento.

5.- COMENTARIOS.

Tal vez sea inútil resaltar el carácter realmente científico del trabajo realizado por estos estudiantes, así como sus implicaciones formativas y didácticas. Considero que los resultados obtenidos por los estudiantes son excelentes, pero no es a eso a lo que le doy importancia sino a las características de las actitudes y procesos implicados, y reconozco que con una mayor exigencia el trabajo se hubiese podido refinar. Sin embargo, destaquemos algunos hechos que tienen implicaciones en los laboratorios de los cursos elementales de física, sin que se esté afirmando que toda sesión de laboratorio debe estar orientada por este espíritu.

Tiene sentido afirmar que es posible que el estudiante diseñe su guía de trabajo experimental, y más aún, que construya una teoría y la someta al tamiz de la experimentación. Es en este sentido que algunos afirman que la práctica del laboratorio no debe ser para que el alumno verifique la teoría del texto o del maestro, sino para que confronte sus propias concepciones sobre esas teorías. Esto es lo que confiere el carácter científico al trabajo del estudiante. Cabe preguntarse si con una guía que le ordena al estudiante tomar diez medidas y construir una gráfica (que ya sabe cómo debe dar, y que como no le da, la arregla perfectamente porque debe sacar buena nota) es posible obtener resultados semejantes o mejores.

En Problemas-Experimento, como el descrito, el acto de medir adquiere un sentido más pleno que el hecho de medir por medir o para aprender a medir, pues es la teoría la que le determina al aprendiz de científico qué medir, con qué instrumento medir, el rango de validez de su medición y las implicaciones de sus errores de medición, vivenciando de esta forma la pregonada unidad entre la teoría y la práctica.

Para terminar transcribo lo escrito por los estudiantes después del título 'Bibliografía' : "Para realizar el trabajo experimental y teórico no se consultó ningún texto. El trabajo es desarrollado con nuestros conocimientos de

mecánica clásica." Es de recordar que estos alumnos habían cursado ya la Física Fundamental y la Física 1 del antiguo pensum de la carrera. El informe que parcialmente he descrito fue presentado por los alumnos Yiovani Mejía, Armando Leal, Rodrigo Acevedo y Hernán González.

6.- BIBLIOGRAFIA.

- BOSCONES, J. y NOVAK, J.D. 1986, Alternative instructional systems and the developmen of cognitive skills for physics problem solving. *European Journal of Science Education*, Vol7(3).
- CLEMENT, J. 1982, Student's preconceptions in introductory mechanics. *Am. J. Physics*, Vol 50 (1).
- GARCIA, J. L. y RODRIGUEZ de AVILA, C.1988,Ideas previas, cambio conceptual, y el trabajo en el aula. *Enseñanza de las ciencias*, 6(2).
- GIL, D. MARTINEZ, J. y SENENT, F. 1988, El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las ciencias*. 6(2).
- GIL, D. 1986. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 4(2).
- GIORDAN, A. 1989, Representaciones sobre la utilidad didáctica de las representaciones. *Enseñanza de las Ciencias*. 7(1).
- GUIDONI, P. 1982, Osservazioni sui fondamenti fisici, matamatici e cognitivi della meccanica. *Atti del Convegno Nazionale 1982 del Grupo Nazionale di didactica della Fisica del C.N.R.* Palermo. Italia.
- HELM, H. y NOVAK, J. D. 1983, *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, N.Y. Cornell University.
- RILEY, M. BEE, N. y MOKWA, J. 1981 Representatios in early learning. *J. Sci. Edication*. 6(2).
- SALTIEL, E. y MALGRANGE, J. 1980, Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics. *Europ. J. Physics*.
- VIENNOT, L. 1989. La didáctica en la enseñanza superior, para qué? *Enseñanza de las Ciencias*. 7(1).
- VIENNOT, L. 1979, *Le raisonnement spontane en dynamique elementaire*. Hermann, Paris. (These).
- WITTRICH, M.C. 1974. Learning as a generative process. *Educational Psychology*. 11(5).
- WENHAN, E. 1984. *News trends in physics Teaching*. Unesco.

(*) Profesor Asociado del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

