

SOCIEDAD ECUATORIANA DE FÍSICA
IV CONVENCION NACIONAL

LA HISTORIA DE LA FÍSICA Y LA
ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

RAMIRO TOBON R., Ph. D.

Profesor Titular
Universidad del Valle
Cali - Colombia

La enseñanza de la Física

La Física aparece en los programas de las escuelas secundarias, generalmente como curso obligatorio, aun cuando hay algunos países que la tienen en forma opcional. A nivel universitario se limita generalmente a las carreras de Ingeniería, Ciencias y Educación, con algunos cursos en el área de Salud. Los contenidos de todos estos programas, en cuanto a temas de la Física se refiere, son muy similares; las diferencias son más de énfasis en algunos temas y de enfoque general de los cursos.

Cuando se miran los contenidos de estos cursos de Física es lógico presumir que los alumnos, al terminar y aprobar la asignatura, tendrán ya una idea clara de las leyes de Newton, de los principios de las ondas, de los conceptos básicos de la electricidad, etc. Sin embargo una serie de investigaciones realizadas en los últimos diez a quince años, en muchos países, han demostrado que esta presunción es falsa. Aun cuando los alumnos puedan recordar algunas definiciones, algunas ecuaciones importantes y, en el mejor de los casos, resolver algunos problemas típicos, no han interiorizado los conceptos, las leyes y las teorías principales de la Física.

Las investigaciones a que se ha hecho referencia han explorado el nivel de comprensión de los alumnos que ya han cursado la Física, utilizando metodologías muy variadas en esas indagaciones: entrevistas, experimentos, cuestionarios de tipo cualitativo, etc. En todos los casos se enfrenta a los alumnos a situaciones problemáticas que requieren un análisis racional y que no pueden resolverse mediante la aplicación de fórmulas memorizadas sin comprensión. La literatura sobre ese tipo

de investigaciones ha venido creciendo en forma vertiginosa en el último lustro y sería imposible dar un listado completo de todos los artículos interesantes sobre el tema, pero sí se dan al final de este artículo algunas referencias indicativas.

No se pretende aquí hacer una revisión crítica de estas investigaciones, ni hacer un recuento extenso sobre sus resultados, pero sí es necesario presentar algunas de las conclusiones más importantes. Independientemente del método de investigación utilizado, se encuentra que muchos alumnos presentan un esquema de razonamiento de sentido común, que los cursos de Física no lograron reemplazar con un esquema de razonamiento científico, que en forma lógica se aplique al análisis de situaciones sencillas y de ocurrencia común. Otro aspecto importante de tener en cuenta es que esta situación se presenta en países con muy diversos sistemas educativos y de muy diverso grado de desarrollo. Se evidencia tanto en países cuyas escuelas están dotadas con excelentes instalaciones y equipos, como en países en vías de desarrollo con grandes deficiencias en sus dotaciones escolares.

No hay mucha diferencia entre las ideas o preconcepciones de los alumnos antes y después de una exposición a cursos de Física, lo cual muestra que esas preconcepciones son bastante resistentes a la instrucción que se da en escuelas y universidades. La semejanza de los resultados obtenidos entre países desarrollados y en vías de desarrollo, indica que la preparación del profesorado, aun cuando debe tener su influencia y su importancia en otros aspectos, en éste de vencer las preconcepciones, no es el factor dominante.

¿A qué se deberá esta situación generalizada y preocupante? Es difícil dar una res-

puesta definitiva a esta pregunta crucial. Se podrían intentar muchos análisis apoyados en unas u otras teorías psicológicas sobre el aprendizaje. Este es seguramente un ejercicio importante, pero aquí no lo vamos a intentar. No parece, hasta ahora, que ninguna de estas teorías pueda dar respuestas definitivas a la pregunta formulada. Pueden sí aportar elementos de juicio importante que ayuden en la búsqueda de soluciones.

Pero aún cuando no se tengan respuestas definitivas, sí se pueden adelantar algunas conjeturas sobre la posible causa de esta situación. Generalmente se enseñan los cursos de Física como una sucesión lógica de hipótesis, deducciones y razonamientos que conducen a generalizaciones representadas por las grandes teorías, por ejemplo, la mecánica de Newton. Estas leyes y teorías se aplican luego a situaciones idealizadas, en las cuales la fricción, por ejemplo, está ausente inicialmente y luego se introduce como un factor adicional. Esto es contrario a la experiencia diaria, en la cual la fricción está siempre presente.

El resultado es que el estudiante mira a los desarrollos de la Física como una colección de casos idealizados y con poca relación con las observaciones diarias. En esta forma se evita, inconscientemente, el producir una confrontación de las ideas de sentido común desarrolladas a base de observaciones de la vida diaria, con las ideas científicas. Es muy probable que esta falta de confrontación entre las concepciones de sentido común y las concepciones científicas, sea la responsable de que al formular preguntas de tipo cualitativo del alumno revierta a sus concepciones de sentido común. Muchos de los alumnos que cometen errores en preguntas cualitativas, son capaces de resolver situaciones similares a las de los problemas típicos de los textos, en los cuales se demandan cálculos específicos de una u otra variable. Parece entonces que la enseñanza de la Física desarrollase una categoría de pensamiento que en gran medida se mantiene separada de las categorías del sentido común y así las dos categorías o "esquemas alternativos" están presentes en la mente del alumno después de los cursos de Física.

Finalmente es conveniente insistir en que estas concepciones de sentido común de los alumnos son difíciles de vencer. Son bastante

resistentes a los esfuerzos de los profesores y, al menos hasta ahora, sólo una reiterada confrontación entre las ideas de sentido común y las concepciones científicas, logra éxitos parciales. Al fin y al cabo se requiere un cambio profundo de mentalidad, la formación de nuevos hábitos mentales, cosa que no es fácil, ni puede lograrse en cursos en los cuales se desarrollan muchos temas a grandes velocidades.

La Historia de la Física

La Historia de la Física en particular y la Historia de las Ciencias en general ha sido una disciplina poco practicada en nuestros países latinoamericanos. Generalmente ha sido un pasatiempo de algunos científicos, ingenieros, médicos, etc. que tienen algún grado de inquietudes de tipo humanístico, particularmente histórico-filosóficas.

Hasta hace muy poco tiempo eran muy escasos los cursos de Historia de las Ciencias en nuestras universidades. Esta situación está cambiando, un poco más rápidamente en algunos países y un poco más lentamente en otros, mientras en algunos aún no se ha iniciado el cambio.

Aun cuando el estudio de la Historia de las Ciencias y en particular de la Historia de la Física, es un campo perfectamente legítimo de trabajo intelectual e investigativo en cualquier universidad (o al menos debería serlo), no se trata aquí de hacer una apología de esta disciplina ni de aducir razones -completamente válidas- para que ella se fomente en forma más activa y por sus propios méritos. Nos interesa en este documento explorar un poco la relación entre la Historia de la Física y los problemas de la enseñanza de la Física que se expusieron en forma muy breve en la sección anterior.

Cuando en los alumnos se encuentran concepciones de sentido común, es casi irresistible la tentación de comparar estas ideas con concepciones que tuvieron su momento en el desarrollo de los conceptos que hoy son la base de las teorías de la Física. Ilustremos esto con un ejemplo: muchos alumnos muestran que tienen la idea de que para que haya movimiento tiene que existir una fuerza en la dirección de ese movimiento; si no hay fuerza el objeto no se mueve, mientras que el principio de inercia o primera ley de Newton nos

dice que un cuerpo sobre el cual no actúa fuerza alguna puede moverse con velocidad constante. Es casi automático hacer la conexión entre las ideas de los alumnos y algunas ideas de Aristóteles, para quién el movimiento "violento" requería una fuerza. Un análisis más cuidadoso muestra que aun cuando hay similitud entre las ideas de los alumnos y las de Aristóteles, no hay una correspondencia total entre unas ideas y las otras.

Jean Lythcott⁴ y L. Viennot⁵ han llamado la atención sobre la excesiva simplificación que implica el identificar las ideas de los alumnos con las de Aristóteles. Por ejemplo, para Aristóteles el movimiento de caída de los graves no requería que se ejerciera sobre el cuerpo fuerza alguna. Este era un "movimiento natural" en el cual cada cosa busca su lugar según que su composición sea predominantemente de uno de los cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Esta idea no se encuentra en los alumnos, quienes explican la caída de los graves como una acción de la "gravidad" o de la "gravitación", aun cuando no tengan un concepto completamente científico de estos términos.

Pero aun cuando no haya una total coincidencia entre las preconcepciones de los alumnos y muchas ideas o conceptos que tuvieron su momento histórico, tampoco se puede negar la semejanza entre el esquema de sentido común que tienen los alumnos y la historia del desarrollo de los conceptos. Esta relación, seguramente compleja y difícil de establecer completamente, sirven sin embargo de punto de apoyo para afirmar que un mínimo conocimiento de la Historia de la Física debería ser requerido de los profesores que van a enseñar Física en la secundaria y en las universidades.

El conocer y analizar la evolución de los conceptos, las concepciones erradas que se tuvieron en muchos momentos históricos y el lento y muchas veces difícil proceso que fue llevado a las ideas que hoy tenemos, contribuirá indudablemente a que los profesores miren con mayor simpatía y consideración las dificultades que los alumnos encuentran en la comprensión de las leyes y teorías de la Física. Además esa especie de "conciencia histórica" podría contribuir en el proceso de búsqueda de soluciones a los problemas de aprendizaje que presentan los alumnos. Estos problemas son serios y están tan generalizados

que no se podrán resolver por unos pocos investigadores en algunos centros de excelencia. El concurso de muchos profesores que en forma limitada experimenten enfoques, estrategias, materiales, etc. debería jugar un papel importante en el proceso de búsqueda de soluciones que permitan mejorar sustancialmente la comprensión de las teorías de la Física por parte de la población que cada día necesita más de un mínimo de conocimiento científico básico, para poder funcionar adecuadamente en una sociedad que cada vez depende más de la ciencia y la tecnología.

Cursos con enfoque histórico

A veces se piensa que la solución de los problemas de la enseñanza de la Física podría ser el hacer los cursos desde la secundaria con un enfoque histórico. Es decir, seguir con algún grado de detalle el desenvolvimiento de la historia de los conceptos. Se han escrito textos con este enfoque, por ejemplo, los inspirados por Gerald Holton y Arnold Arons⁶ en los Estados Unidos, que amalgaman bastante bien los aspectos históricos con el desarrollo de los temas de la Física.

Esta estrategia puede dar buenos resultados, dependiendo en gran parte de si además de utilizar textos con enfoque histórico, los profesores tengan también en cuenta las preconcepciones de los alumnos y utilicen con sabiduría la historia en el proceso de vencer esas preconcepciones. Si la relación entre las concepciones de sentido común y las concepciones que tuvieron su momento histórico, fuese más estrecha de lo que se ha detectado hasta ahora, yo abogaría por cursos con este enfoque histórico. Pero dado el hecho de que hay una semejanza, más no una correspondencia estrecha entre las dos cosas, me parece que esta es una de las estrategias a considerar, pero no la única. Además no todos los temas de la Física se prestan a un enfoque histórico que sea al mismo tiempo pedagógicamente eficiente.

Un problema serio para la enseñanza con enfoque histórico es la falta de formación de los profesores de nivel secundario y universitario en la Historia de la Física o en la Historia de las Ciencias. Esta falta de formación conduce a fuertes resistencias a la introducción de un enfoque que demandaría a esos profesores un esfuerzo considerable, que quizás muchos no estarían dispuestos a hacer.

Tratar de forzar este tipo de enfoque podría conducir a un fracaso grande si se hace con profesorado que sólo conozca a medias la historia y que por tanto haga un remedo de curso con enfoque histórico.

Capacitación del profesorado

En la formación de los profesores, particularmente los de secundaria, ha habido grandes vacíos en nuestro país y en muchos otros países del mundo. Parte de las investigaciones sobre concepciones de sentido común se han hecho con profesores de primaria, de secundaria, con estudiantes universitarios y aún con estudiantes de postgrado (ver refs. 7-10). En todos los casos se han encontrado porcentajes importantes de sujetos que muestran fallas en razonar científicamente.

Un cambio cualitativo importante en la enseñanza de la Física, no podrá lograrse mientras ese profesorado no sea debidamente capacitado y actualizado. Obviamente también se debe atacar de inmediato el problema de actualizar la formación de los futuros profesores, actuales alumnos de las Facultades de Educación y de Ciencias. No se trata de cambiar los currícula de estas Facultades, introduciendo nuevos cursos, aun cuando ello pueda ser útil y aún necesario en algunos casos se trata fundamentalmente de cambiar el enfoque de los cursos que se ofrecen a estos futuros profesores a su paso por las aulas universitarias.

De nuevo no se trataría necesariamente de ofrecerles cursos con un enfoque histórico en los primeros años de su formación. Esta puede ser una estrategia, pero también pueden darse argumentos en favor de introducir los cursos de Historia de la Física hacia el final de la carrera, cuando ya el alumno ha madurado más y puede por tanto apreciar mejor el valor de estos cursos.

Además de los cursos de Historia de la Física, todos los futuros profesores deberían familiarizarse con las investigaciones recientes en los problemas de aprendizaje de los alumnos. Sería ideal que se pudieran ofrecer cursos que combinen ambas componentes: los problemas de las concepciones de sentido común y los aportes que la Historia de la Física puede hacer a su solución. Pero puede ser difícil encontrar en las universidades profesorado capaz de enfrentar este ataque concen-

tado.

Todo lo anterior nos lleva finalmente al punto inicial, así esto suene paradójico. Para poder realizar los cambios sugeridos atrás es necesario empezar por despertar la conciencia de los profesores universitarios hacia estos problemas, desconocidos para muchos y facilitarles un proceso de capacitación formal o de autoformación, que los lleve a manejar adecuadamente los problemas de la enseñanza de la Física y a valerse apropiadamente de los aportes de la Historia de la Física en este empeño.

El proceso de cambio podría ser catalizado en gran medida por el surgimiento de programas de postgrado en Enseñanza de la Física, de los cuales en Colombia sólo existe el de la Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá), insuficiente para atender las necesidades urgentes del país. Ese postgrado debería incluir una buena componente histórica en cursos y seminarios avanzados, característica que es poco común en el mundo y en este sentido estaríamos innovando en el campo de la enseñanza de la Física.

Los programas de postgrado podrían estructurarse de tal manera que los profesores universitarios y de secundaria puedan hacerlos en una forma semi-presencial, realizando sus tesis de grado en investigaciones tendientes a resolver problemas de la enseñanza en sus sitios de trabajo. Este tipo de enfoque en estos programas garantizaría un alto grado de funcionalidad de sus graduados quienes actuarían entonces como factores de multiplicación en todo el proceso de cambio.

El establecimiento de programas de este tipo, en Colombia, tropezará seguramente con alguna resistencia de los Departamentos de Física de muchas universidades. La mayoría del profesorado de estos Departamentos considera que las investigaciones de tipo pedagógico son una distracción que no se debería dar en su seno y que este tipo de investigaciones se debe dejar exclusivamente de las Facultades de Educación. Pero tarde o temprano tendrán que aceptar que los problemas de enseñanza de la Física y muy especialmente de la enseñanza que ellos mismos hacen, son demasiado complejos como para poder encontrar soluciones fáciles y rápidas dentro de un ámbito disciplinario estrecho. Se requiere de un trabajo interdisciplinario con el concurso de especialistas en educación, en física, en psicología del apren-

dizaje y también de historiadores de la Física. Los programas de postgrado podrían servir para catalizar esta actividad interdisciplinaria.

Referencias

1.- Cognitive Process Institution. Research on Teaching Thinking Skills. Jack Lochhead and John Clement, editors. The Franklin Institute Press, Philadelphia, USA, 1979.

2.- Research on Physics Education: Proceedings of the First International Workshop. La Londe les Maures, Edition du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1984.

3.- Jean Lythcott, Am. J. of Physics, 53, 428 (1985).

4.- L. Viennot, Am. J. of Physics, 53, 432 (1985)

5.- Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas, por Gerald Holton, 2a. Ed. (Revisada y ampliada por Stephen G. Brush). Ed. Reverté S. A., Barcelona, 1981.

The Project Physics Course, by F. J. Rutherford, G. Holton and F. G. Watson. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1970.

6.- Development of Concepts of Physics, by Arnold B. Arons. Addison-Wesley, Reading (Mass. Usa) 1965.

7.- R. Cohen, B. Eylon and U. Ganiel, Am. J. of Physics, 51, 407 (1983) (Trabajaron con profesores de primaria y de secundaria en Israel)

8.- J. Clement, Am J. of Physics, 50, 66 (1982). (trabajó con estudiantes universitarios en Estados Unidos).

9.- R. Tobón y a. Perea. Memorias del X Congreso Nacional de Físic, Pasto, Colombia, 1983, (Trabajaron con estudiantes de Ecuación y Ciencias y con profesores de secundaria en Colombia).

10.- A. B. Arons, Am. J. of Physics, 49, 242 (1981). (Reporta algunas observaciones con estudiantes de postgrado en Estados Unidos).

Quito, Ecuador, Febrero 23-27 de 1987.