

CONFERENCIAS

FISICA REAL Y FISICA ENSEÑADA¹

ALBERTO P. MAIZTEGUI

R. Martínez y Valaparaíso - Ciudad Universitaria - FaMAF - 5000 Córdoba

FAMAF, Facultad de Astronomía, Matemática y Física, U.N. de Córdoba.

RESUMEN

A partir de respectivas descripciones de lo que el autor entiende por Física Real (FR) y Física Enseñada (FE) él ensaya caracterizar los temas "aptos para educar".

Enseguida ofrece criterios para elegir el reducido número de temas de Física que puede contener un Programa de Estudios. Examina la inconveniencia de considerar divisiones entre Física Clásica y Física Moderna, prefiriendo mostrar la Física en su unidad actual; y se destaca la necesidad de incluir en los Programas de Estudio temas que atraigan el interés del público. Esto muestra, a su vez, la necesidad de trabajos de divulgación escritos por físicos investigadores.

En la última parte el autor trata de mostrar la importancia de la Metodología con que se desarrollan cursos de Física para que la FE ofrezca una imagen fehaciente (aunque sólo sea esbozada) de la FR. Para ello el autor describe las que considera actividades didácticas necesarias para desarrollar un curso razonablemente eficaz.

ABSTRACT

Starting from a description of what the author means by Real Physics and Taught Physics, he intends to show some characteristics of the topics "apt for the sake of Education".

Then he presents useful criteria to choose that reduced number of Physics topics which is possible to include in any school program. He analyses the inconvenience of splitting up Classical Physics from Modern Physics, advising instead, to show Physics as the unity it constitutes today. He points out that it is necessary to include topics which have appealed the public interest, in school programs. This fact shows that it is also necessary that researchers do popularize their work.

Finally, the author endeavours to show the relevance of the Methodology applied at Physics courses, in order offer a faithful (even if sketchy) image of what Real Physics is. In order to prove his proposition, he describes what he intends to be didactically necessary activities to carry on a reasonably efficient course.

1. Quien escucha una exposición como ésta en una Conferencia Interamericana, necesariamente debe advertir desde el comienzo que el expositor está ubicado en un punto de vista propio (casi sería mejor decir "un sistema de referencia" propio) con dos características fuertes: la nacionalidad (el país donde trabaja) y su edad (su generación).

Ello significa que, a pesar de muchas características comunes entre nosotros, también hay diferencias de lugar y de tiempo, que irán surgiendo, inevitablemente, a medida que exponga

¹Conferencia invitada en la "V CONFERENCIA INTERAMERICANA DE EDUCACION EN LA FISICA", realizada en el College Station, Universidad de Texas A&M - Estados Unidos - Julio 1994.

mi pensamiento; diferencias que eventualmente darán origen a una discusión que será bienvenida.

2. ¿Qué es FR y qué es FE? Es necesario describirlas antes de avanzar demasiado.

La FR es la suma de las ideas sobre los conceptos fundacionales de la Física, tanto las ideas actuales (las de los trabajos "de frontera") como aquellas ideas históricas que han resistido el desgaste del tiempo. FR es la suma de lo que hoy consideramos válido y valioso, más aquello que se está produciendo hoy mismo.

La FE se apoya en un conjunto de temas extraídos de la FR porque se los ha considerado "aptos para educar". Aún cuando sea bien conocido, vale la pena destacar que el conjunto de los temas de la FE es muchísimo menor que el de los temas de la FR, y que se dejan a un lado particularmente temas "de frontera" por razones diversas.

3. ¿Qué caracteriza los temas "aptos para educar"?

La Física integra los planes de estudio de las diversas etapas educativas (primaria, secundaria, universitaria) porque ofrece temas o contenidos cuya presentación y desarrollo se realiza mediante actividades con cuyo ejercicio pueden desarrollarse aptitudes intelectuales; porque para adquirir esos conocimientos se han ido logrando habilidades manuales e intelectuales cuyo dominio puede capacitar para iniciarse en diversas profesiones; y porque esos conocimientos incorporados al acervo personal constituyen un bagaje cultural conveniente para vivir en sociedad.

Obsérvese que lo dicho para justificar la presencia de la Física en un plan de estudios es válido para cada una de las asignaturas que lo integren, cualquiera sea su nivel.

En el nivel universitario, particularmente en el básico o inicial, la FE tiene por principal objetivo proveer conocimientos donde se han de apoyar otros conocimientos y otras técnicas, aquéllos propios de la profesión elegida.

Esto hace pensar que cuando se eligen los temas

(conocimientos) para integrar un Programa de Estudios, como el número de los temas posibles de elegir excede ampliamente al número de los temas que es posible desarrollar en el tiempo de un curso escolar, ha de hacerse una selección de un reducido número de temas de la FR. ¿Con qué criterio elegirlos?

4. Algunos criterios para elegir los temas de un Programa de Estudios.

4.1 Un criterio que considero razonable (desde el punto de vista de la Física como ciencia) es que los temas del programa formen un conjunto que dé ideas coherentes y aproximadas de conceptos, de leyes y de teorías de algunas partes de la Física (Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo, Estructura de la materia).

No es posible, ni aún en los planes de estudios para formar físicos investigadores, incluir todos los temas desarrollados en la Física actual. Una reflexión cuidadosa de esta condición, ha de ayudar para no redactar programas enciclopédicos. Digámoslo en forma afirmativa: la convicción de que es necesario dejar a un lado temas importantísimos excluyéndolos de un Programa de Estudios habrá de ayudarnos a proponer programas que puedan cumplirse totalmente en el curso escolar.

Este cumplimiento es extremadamente importante desde un punto de vista educativo, pues si los jóvenes se educan verificando que tanto da cumplir acabadamente con un programa previamente preparado y aprobado por las autoridades, como darlo por cumplido dejándolo inconcluso, entonces se les está enseñando que tanto da cumplir acabadamente con un compromiso, como no cumplirlo o dejarlo realizado a medias.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que ese conjunto de temas que dé una idea coherente de lo que hoy es la Física no es un conjunto único: pueden construirse varios de ellos.

4.2 Un segundo criterio válido para elegir temas para un programa de Física se apoya en que la Física es una ciencia experimental. Por lo tanto, conviene elegir temas que involucren experimentos cuyos aparatos e instrumentos estén al alcance

de la institución, o que el docente y sus alumnos puedan construir y usar en clase.

4.3 Otro criterio eficiente es considerar didácticamente inconveniente una clasificación de los temas en Física Clásica y Moderna; al contrario: es necesario incorporar temas modernos a las clásicas partes de la Física (Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo, etc) cada vez que sea oportuno y posible.

Por ejemplo: una condición científicamente ineludible pero insuficientemente destacada al estudiar Cinemática es la necesidad de elegir un sistema de referencia antes de comenzar el tratamiento de cualquier problema. Una práctica sistemática de la especificación previa de cuál es el sistema de referencia concientizará al estudiante de la relatividad de un movimiento; y ello abrirá las puertas al tratamiento del cambio del referencial y a la teoría Especial de la Relatividad. Creemos que éste es un tema ineludible en la Escuela Media (estudiantes de entre 15 y 18 años) y en todo curso básico de cualquier carrera universitaria cuyo Plan de Estudios incluya Física. En mi opinión, deben presentarse los hechos experimentales básicos de la teoría, evitar demostraciones matemáticas (por ejemplo cómo llegar a las transformaciones de Lorentz) y enfatizar las consecuencias primeras de la teoría (contracción de las longitudes y dilatación de los tiempos). Para enfatizar lo que estoy diciendo: no esperar al final de un curso para presentar temas de interés actual, y por el contrario, introducirlos en cuanto se presente una ocasión.

Otro ejemplo que sólo brevemente menciono para no cansar la atención, extendiéndome excesivamente: el origen de la cuántica puede presentarse al tratar la naturaleza de la luz y el "penduleo" histórico en si es corpuscular u ondulatoria.

Sin embargo está claro que la incorporación de temas actuales a programas escolares necesita, inevitablemente, de un trabajo que no quiero llamar **didáctico** y que debe estar a cargo de los físicos investigadores: "traducir" las **ideas nuevas** de manera de ofrecer al docente su **estructura esencial**, sin los formalismos matemáticos que están al alcance sólo de los especialistas, de tal manera que el docente pueda

elaborarlas y presentarlas didácticamente a sus estudiantes. La divulgación de las nuevas ideas de la Física es una actividad necesaria para la educación de la gente común; y es una tarea no sólo de elevada jerarquía intelectual, como lo prueban los trabajos de divulgación de Arbert Einstein, de Richard Feynman (Q.E.D) y Stephen Hawking (A Brief Story of Time), para citar tan sólo unos pocos de los más destacados. Y esa tarea de divulgación es no sólo noble y de elevada jerarquía intelectual, sino **difícil**.

Un comentario más que considero digno de reflexión: un curso de Física donde no se traten temas de interés actual, es calificado por los estudiantes como obsoleto. Es cierto que hay temas que fueron novedades científicas hace siglos y siguen conservando "frescura científica y didáctica" y corresponde que se los incluya en cualquier Programa. Pero también es cierto que cualquier Programa debe incluir temas que se están desarrollando actualmente. Si la escuela no se los ofrece a los jóvenes, y éstos tienen acceso a este tipo de temas a través del periodismo, en la mente del joven la escuela queda descalificada por sólo enseñar "cosas viejas". Las novedades científicas atraen, despiertan la imaginación, son **motivadoras**; y **motivar** el interés de los estudiantes por temas ofrecidos para educar, es una condición pedagógica ineludible.

Para enfatizar este criterio de cómo enfocar la FE puede decirse que la selección de temas ha de hacerse situándose en la época actual y examinando todo el panorama que ofrece la FR para de él extraer uno de los reducidos conjuntos de temas válidos para educar. Nunca adicionar a una "Física Clásica" un "agregado" llamado "Física Moderna".

5. La **metodología**: Para que la FE exhiba el espíritu con que el investigador participa de la construcción de la FR, es muy importante la metodología con que se desarrollen las actividades didácticas. Las actividades didácticas que considero más efectivas son:

5.1 La exposición dialogada para transmitir conocimientos. El docente expone, pero acicatea con preguntas y planteos al estudiante para que éste sea un oyente participativo, activo en la adquisición de conocimientos. Lejos está la

exposición dialogada del monólogo de la exposición magistral. Considero que la exposición dialogada es necesaria por razones de "economía de tiempo".

5.2 Los ejercicios ejemplificadores para consolidar el significado de la expresión matemática de un concepto. Son ejercicios en el estricto sentido de la palabra: simples, directos, casi de reemplazo de la letra que simboliza una cantidad por el valor asignado para ese ejercicio. Son valiosos para adquirir destreza en el uso de las unidades y para advertir la sensatez o la insensatez de un resultado numérico: la consideración de éste es absolutamente ineludible.

5.3 La resolución de problemas para ejercitar relaciones entre conceptos físicos. Una parte extremadamente importante para resolver problemas es la lectura cuidadosa, consciente y reiterada del enunciado hasta lograr una comprensión clara de cuál es la situación física planteada. Alcanzada esa comprensión, la expresión de las fórmulas matemáticas que expresan las leyes físicas involucradas en la situación descrita ofrece los caminos del cálculo que conducen a la solución. Quiero insistir en lo dicho sobre una "lectura cuidadosa, consciente y reiterada" del enunciado, porque una característica de esta época que les toca vivir a los jóvenes es que la "invasión" de la televisión tiene como una de sus consecuencias que ha disminuído el ejercicio de la lectura y con él ha disminuído la capacidad de construir rápidamente una imagen mental de la situación descrita por la palabra escrita. Esa capacidad ha sido reemplazada por una lectura mecánica que lleva a repetir sonidos sin que éstos conlleven la imagen que deberían evocar. La situación es grave y la Educación en la Física puede contribuir con "su granito de arena" a impedir un deterioro mayor.

Debemos reflexionar sobre el tipo de problemas que prevalecen en nuestras aulas:

5.3.1 Las cantidades involucradas son siempre numéricas.

5.3.2 Esos "datos" son exactamente los necesarios para resolver el problema: ni uno más, ni uno menos. Propongo reflexionar, repito, si no

convendría quitar el énfasis puesto en los números y, en cambio, proponer también problemas "cualitativos", "no numéricos", que centren el interés en los conceptos dejando a un lado los números; y, además, no guiar al estudiante con los "datos necesarios", y dejar a su cargo la tarea de determinar cuáles son las cantidades que debería conocer para proponer una solución y analizarla.

5.4 Los experimentos de demostración, realizados frente al curso, cualitativos, a cargo del profesor (y mejor con la ayuda de alumnos), para mostrar fenómenos físicos atractivos y motivadores.

5.5 Los experimentos de investigación y de medición. Desde cierto punto de vista hay analogías entre los problemas de lápiz y papel y los problemas experimentales: es conveniente (educativamente conveniente) la preparación de experimentos donde no se especifique cada una de las cantidades que han de medirse, y cuál es la ley involucrada. De tal manera que la proposición de un experimento es análoga a la proposición de un problema abierto. Lo primero por hacer es darle forma al problema, esbozar hipótesis sobre lo que ha de ocurrir, desechar unas, definir otras, hasta que quede en claro la forma del experimento. Su realización confirmará o no la hipótesis ensayada, etc. Esta será una forma de establecer vías de comunicación entre la FR y la FE (no la única, pues no dejo a un lado los experimentos que se ofrecen más estructurados, comparables a los ejercicios ejemplificadores).

En ambos tipos de experimentos hay una tarea común importantísima, tanto en la FR como en la FE: los procedimientos para elaborar las medidas obtenidas y llegar con ellas al resultado de la medición. **En la FR éste es un paso ineludible; en la FE este paso no siempre es educativamente apreciado por los docentes.**

Un resultado obtenido por un experimentador y que él guarde para sí sin comunicarlo a otros científicos, tiene muy poco valor. Por el contrario, adquiere todo su significado cuando el experimentador lo comunica a la comunidad y ésta comparte ese conocimiento y lo usa para el progreso de la ciencia. Esto exige que el

resultado de una medición deba comunicarse en una forma inteligible para que todo aquél que lo reciba lo comprenda cabalmente; y para ello es necesaria una forma preestablecida común a todos, como siguiendo un "idioma universal". Esta es una de las características de la ciencia y por eso es educativamente importante y debe cuidarse su aplicación en la FE. Hay que reconocer, sin embargo, que la Teoría de Errores por Azar, base para comunicar el resultado de toda medición, no siempre es usada por los docentes. Esto sí: está presente en todos los Programas de Estudio de todos los niveles (y me atrevería a decir de todos los países) como un capítulo entero al comienzo del Programa; pero suele tratárselo como un tema con el que hay que cumplir (también al comienzo del curso) y luego nunca más se lo tiene presente.

6. Los complementos históricos y sociales. La FR es una de las expresiones del humanismo cuando consideramos a éste como un producto intelectual del hombre. Y ciertamente, la Física está ligada, de una manera u otra, a todas las creaciones intelectuales.

La FE debería dar una idea cabal de las relaciones de la FR con al menos otras asignaturas escolares, como la Historia y la Geografía, para dar una imagen de cómo la ciencia se construye dentro del contexto social de una época y de un país o de una región.

Felizmente es preocupación creciente (aunque incipiente) el considerar estos aspectos de la FR trasladados a la FE, como así también el destacar las consecuencias sociales del desarrollo científico y tecnológico.

Un buen punto de apoyo para llevar adelante esta concepción educativa de las relaciones entre la FR y la FE es la consideración de los aparatos de uso doméstico como ejemplos de aplicaciones de los conceptos científicos.

Para concluir con este ítem, quiero enfatizar que las relaciones entre la FR y la FE están influidas fuertemente por la metodología con que se lleven a cabo las actividades de enseñanza/aprendizaje. Una de las tendencias negativas más vigorosas es considerar que el aprendizaje de los contenidos es el objetivo esencial de la enseñanza de la

Física.

7. Evaluación. Esa tendencia negativa está frecuentemente acompañada de formas de evaluación del aprendizaje que consisten en la simple repetición por el estudiante de enunciados de leyes y de definiciones aprendidas de memoria, que educa al alumno en preguntarse o preguntar "¿Qué es lo que hay que responder?". Esta es una situación más generalizada de lo aceptable y, por contraste, refuerza la necesidad de ampliar y difundir el cuerpo de conocimientos creado por las investigaciones en Educación en la Física.

8. Las Actividades Científicas Extraescolares (ACE). Hace unos 30 años, el entonces Director General de la UNESCO, René Maheu, uno de los autores de "Aprendiendo a aprender", dijo que los requerimientos de la Sociedad a la Escuela han crecido tanto que ella sola no puede satisfacerlos todos; y que una forma de ayudarla es desarrollar Actividades Científicas Extraescolares como Ferias de Ciencias, Congresos Científicos Juveniles, Campamentos Científicos, etc. Cada una de ellas tiene sus pro y sus contra, sus promotores y sus detractores; pero si se advierte que ellos requieren la elección de un tema, las discusiones en grupo, la búsqueda de bibliografía, la construcción de hipótesis, la planificación de una tarea, la reunión de materiales, la realización de mediciones, la constatación de las hipótesis iniciales con el consiguiente análisis de resultados, la elaboración de un informe final (y todo ello acompañado de sucesivas tomas de decisión) yo creo que los aspectos educativamente favorables, a la realización de ACE superan los aspectos negativos, que ciertamente también existen.

9. La formación de docentes. Son las actividades desarrolladas para educar las que pueden producir separación entre la FR y la FE; y el responsable de ellas es el docente de Física. De ahí la importancia de formar al futuro docente en una institución donde existan actividades de investigación, para que entonces, desde su primera juventud, él se desarrolle en una "atmósfera" donde se respire imaginación e iniciativas para enfrentar problemas nuevos, plantearlos y resolverlos. Así se evitarán brechas nocivas entre la "Física Real" y la "Física Enseñada".

10. El "endiosamiento" de la ciencia. Una sobrevaloración de la Ciencia en general puede observarse en gran parte de la sociedad. Es importante que como resultado de una buena educación en las ciencias, se advierta que "la

verdad científica" es una verdad inestable, siempre perfectible; que la ciencia es "como un organismo vivo" cuyas células y tejidos se renuevan constantemente, pero con una diferencia importante: la Ciencia no muere.