

El Relevante Rol de los Desarrollos Tecnológicos y de los Experimentos Cruciales en la Formación del Profesor de Física *

The relevant rol of technological developments and of crucial experiments
in the preparation of the physics teacher

Celso Luis Ladera G.,

*Departamento de Física, Universidad Simón Bolívar
Apdo. 89000, Caracas 1080A, Venezuela*

Trabajo presentado en la V RELAEF

Resumen

Se presenta la concepción de un currículum de física para la formación de profesores basado en los desarrollos tecnológicos y experimentos cruciales que han determinado cambios de paradigma en física y cambios político-sociales definitivos en la historia de la humanidad. A diferencia de las concepciones meramente históricas, puramente epistemológicas o de la concepción tradicional, que tienen como referente la estructura misma de la física, se introduce una alternativa dinámica y motivante en la cual se enfatiza la interacción entre investigación y desarrollo que conduce a una nueva tecnología o a un experimento crucial. Se estudian las ventajas y limitaciones de esta concepción curricular y se dan varios ejemplos. La enseñanza-aprendizaje del adolescente de pensamiento no-formal, un marco simple y fácil de referencia para manejar la enseñanza, el mejor desempeño docente en el laboratorio y hasta la construcción de equipos de laboratorio se benefician de esta nueva concepción.

Abstract

A curriculum conception for the preparation of physics teachers is presented. It is based on the technological developments and crucial experiments which have determined paradigm changes in physics and political-social changes in the history of human kind. Differing from purely historical or epistemological conceptions as well as from the traditional conception, which have as a referent the structure of physics itself, a dynamical and motivating alternative is introduced emphasizing the interaction between research and development which leads to a new technology or to a crucial experiment. The advantages and limitations of this curriculum conception are discussed and several examples are given. The teaching-learning of the non-formal reasoning adolescent, a single and easy framework to handle teaching, the better teacher performance in the laboratory and even the construction of lab experiment benefit from this new conception.

I. Introducción

Los currícula de física se formulan atendiendo a categorías del proceso enseñanza-aprendizaje que pueden diferir poco o radicalmente. A veces las diferencias son naturales, así el currículum puede ser diferente por estar dirigido a poblaciones estudiantiles diferentes.

*Trabajo presentado en la V Reunión Latinoamericana sobre Educación en Física, Porto Alegre (Gramado), Brasil, 24 al 28 de agosto de 1992.

Otras veces las diferencias son más formales y se derivan de concepciones alternativas de la propia teoría del aprendizaje, de la filosofía y hasta de la historia de las ciencias. La relación de la enseñanza de la física con la tecnología tampoco es asunto nuevo. Es posible demostrar que un currículum de física para formar profesores de física o físicos no puede estar basado exclusivamente en el estudio sistemático, e histórico, de los desarrollos tecnológicos en el decurso de la humanidad: termi-

naríamos formando una suerte de ingeniero con características especiales. Por otra parte existen necesidades formativas del profesor de física que vienen siendo dejadas de lado y que están vinculadas por una parte con los llamados experimentos cruciales o, más general aún, con los llamados descubrimientos científicos emergentes y con los desarrollos tecnológicos que han afectado en forma significativa, si no radical, el curso de la historia. Es frecuente que estas tres sub-categorías tengan dos características importantes en cuanto a la enseñanza-aprendizaje se refiere: tienen un alto contenido educativo pero paradójicamente son tratadas muy superficialmente. Podría, por supuesto, darse el caso extremo de que alguien niegue que tales elementos puedan servir para formular currículum alguno. Entre las necesidades a que aludimos hay unas muy simples, e.g. el profesor de física enseña una ciencia que es la base fundamental del mundo que rodea al niño y al adolescente; muchas veces su fracaso como docente - y como líder social del grupo - radica en que no está en capacidad de explicar como funciona ese mundo y en que enseña una física que no está vinculada con el mundo real. Esto por supuesto es asunto conocido. Otra necesidad simple surge de algo ad-hoc a la educación del niño o del joven como es el caso de los llamados proyectos que estos deben realizar para participar en ferias o festivales de ciencia: esta actividad demanda del docente conocimientos y destrezas que usualmente no tiene. A esto puede añadirse que el proceso natural de interacción entre tecnología y ciencia, o podríamos decir entre descubrimiento científico y desarrollo tecnológico, es una sub-categoría curricular que encierra demasiados elementos formativos como para ser dejada de lado en la formación de un futuro docente. Esto último sin contar con los valores epistemológicos, filosóficos e históricos que satisfacerían necesidades naturales del estudiante docente. Y sin contar con algo muy importante: la intención de formar un individuo con destrezas y habilidades, tanto intelectuales como manuales, para enfrentar su realidad productiva nacional (un objetivo político-social de interés primario en países del tercer mundo y por supuesto válido en el mundo en general).

H. Casimir, quien ejerció por muchos años la dirección de los famosos Laboratorios de Investigación de la Philips, y participó en la Conferencia Internacional sobre Educación en Física, organizada por la UNESCO en Edinburgo (1975), puntualizó¹ en forma excelente la mayoría de las ideas básicas sobre la relación entre Educación, Física y Tecnología: "en mi opinión la enseñanza de la física en la escuela secundaria... debe llevar a la comprensión de la física que sirve de fundamento a la vida diaria, y más específicamente sus aspectos tecnológicos. Si se hace bien tal enseñanza debe automáticamente producir una apreciación de la belleza de la física, y ayudará a los físicos en potencia a tomar su decisión (por su carrera)". Casimir afirma además, entre otras cosas, algo que debe quedar claro: no toda

tecnología está vinculada a descubrimiento científico. Sus ideas sin duda refuerzan la tesis aquí planteada de que es conveniente vincular la formación del docente en física al tema de la física y la tecnología. R. Feynman et al², y otros, han enfatizado con maravillosos ejemplos, en sus libros de texto, la enseñanza de la física relacionada con la realidad, con desarrollos tecnológicos y dispositivos diversos (que incluyen los que sirven para jugar cuyo valor didáctico es notable).

Por otra parte están las conocidas ideas de Kuhn³ sobre la historia de las revoluciones científicas. Aún cuando criticadas por algunos estudiosos del tema, el discurso de Kuhn contiene sin duda suficientes elementos válidos como para ser explotados en un diseño curricular para formar docentes de física. No es posible dejar de lado la importancia didáctica de "descubrir" los descubrimientos científicos "emergentes" que marcan, en parte, el origen de una nueva teoría física. Hay además un celebrado estudio filosófico de las ciencias de N. R. Hanson⁴ del cual se pueden derivar ideas afines al tema aquí tratado: existen patrones lógicos para el descubrimiento y la comprensión relacionados con las diversas teorías físicas. De paso, Hanson destaca el craso error de la ya clásica descripción del llamado método científico (observación, hipótesis, ley y similares) que aún persiste en mucha de nuestra enseñanza. Para Hanson lo relevante es la creación de nuevos patrones de descubrimiento.

II. Ejemplos

Es sin duda punto menos que imposible introducir un currículum de física que sea enteramente novedoso. El término currículum es un concepto integrante, es decir es toda una "variedad" de elementos de enseñanza-aprendizaje referidos a un sector del conocimiento. Los ejemplos que a continuación se dan pueden así a veces parecer estar basados en una mera concepción histórica, o inclusive ser una mera enumeración que sigue el curso histórico. Esa no es la intención de este trabajo. Más bien lo que se plantea es la necesidad de explotar durante la formación del docente a ciertos descubrimientos y experimentos científicos "emergentes" que usual, más no necesariamente, aparecen como pivotes en el desarrollo histórico de la ciencia y aún de la humanidad. La explotación a que nos referimos consiste en el aprovechamiento de la riqueza conceptual subyacente, las correlaciones, el análisis matemático secuencial y exhaustivo del modelo matemático afín y, finalmente, la oportunidad didáctica para la comprensión de una teoría física con sus predicciones y aplicaciones (esto último al estilo descrito por Hanson en su celebrada obra⁴). Los ejemplos también incorporan dispositivos tecnológicos (y aún algunos que utilizamos para jugar) que pueden ser explotados en el mismo sentido pues aparecen fuertemente correlacionados con descubrimientos emergentes y por que encierran, de nuevo, gran riqueza concep-

tual. En ocasiones hay que incorporar experimentos o dispositivos (por ejemplo en Mecánica) que ilustran conceptos teóricos particulares (e.g. el caso de los modos normales de oscilación). No se pretende establecer aquí un "sistema curricular" articulado con todos los elementos que usualmente manejan los especialistas educativos. Lo que se desea es dar unos pocos ejemplos que podrían usarse para formar un docente en física bajo las premisas arriba introducidas:

II. 1. Mecánica

El currículo de mecánica podría ser organizado en función de la presentación y estudio de: el Plano Inclinado, la Máquina y Experimentos de Atwood, Balanza y Experimento de Cavendish, la Rueda, el Cohete, Colisiones entre Partículas, el Satélite Artificial, el Trompo y el Giróscopo, Péndulo Simple, Osciladores Acoplados Lineales (péndulos, masas-resortes, péndulos-resortes y similares), Experimento de Stokes sobre Viscosidad, Oscilador Amortiguado, Oscilador Forzado Amortiguado, Oscilador Forzado No-Lineal, la Bola de Billar, el Boomerang.

Como puede apreciarse de la lista anterior lo que se aspira es poder hacer una presentación pedagógica de la física que recurre necesariamente al estudio de experimentos, dispositivos tecnológicos y aún juguetes, para lograr el estudio formal de la Mecánica Clásica en un marco eminentemente atractivo y motivante⁵. Es un marco de referencia que es simple y profundo a la vez. Es profundo porque como puede verse en el caso de la máquina de Atwood, o en el del Oscilador No-Lineal Amortiguado el futuro docente se verá expuesto a cambios cruciales en la historia de las teorías de la física. En otros casos es profundo pues el dispositivo físico en referencia que sirve de guía al hilo curricular sirvió alguna vez en el pasado para alterar el curso de la historia de la humanidad. El ejemplo plantea sólo hasta el estudio de el Boomerang por ser simplemente un ejemplo, pero es claro que puede ser extendido. Debe quedar claro además que algunos de estos casos de estudio en Mecánica exigen formalismos como el Lagrangiano y el uso de coordenadas generalizadas (además se espera que el caso de los osciladores no-lineales conduzca al estudio de los modernos conceptos de Caos).

II.2. Óptica Física

El estudio de la llamada Óptica Física (u Óptica Ondulatoria) conduce como es bien conocido al estudio de las Ondas en general. El ejemplo podría incluir: el Experimento de Young, el Experimento de Fizeau para medir la rapidez de propagación de la luz en un medio en movimiento, el Interferómetro de Michelson, la Red de Difracción, el Disco Difractante, el Microscopio de Abbe, el Interferómetro de Fabry-Perot, el Holograma,

El Difractómetro basado en transformada de Fourier, el Interferómetro de Hanbury-Brown, el Radar, el Laser.

II.3. Física Cuántica

El caso de la Física Cuántica es de interés y excepcional pues es un hecho que ella ha venido siendo tradicionalmente tratada en el currículo siguiendo principios como el que se difunden en este trabajo. En efecto, la secuencia de enseñanza usualmente sigue en parte el desarrollo histórico, modificado aquí y allá por la explotación que los físicos le dieron a algunas ideas y dispositivos tecnológicos que les permitieron realizar descubrimientos emergentes. El ejemplo podría ser: el Cuerpo Negro, la Lámpara de Descarga (Na, Hg y H) el Efecto Foto-Eléctrico, el Experimento de Rutherford, el Experimento de Davisson-Germer, el Experimento de Compton, el Experimento de Franck-Hertz, el átomo de Bohr-Sommerfeld, la difracción de Rayos-X, el Experimento de Young con haces de electrones, el Laser de Pozo Cuántico, la Cápsula Radioactiva y sus Aplicaciones, la Cámara de Niebla, el Acelerador de Protones, el Diodo Semiconductor, el Superconductor.

III. Discusión y Conclusiones

Existe amplia evidencia de las dificultades que confrontan los docentes de física ante su tarea más básica: el enseñar física. Una solución es el cambio de currículo que sigue el futuro docente y una de las posibilidades inmediatas es reorientar el currículo de física que él sigue. Es claro que una formulación de ese currículo que está apegada a una fundamentación epistemológica o histórica es altamente deseable. Esto ha sido entendido por muchos (recordar por ejemplo la conocida V de Gowin^{6,7}). Pero es evidente que esto no es suficiente; se hace necesario así insertar una nueva variable en la formulación del currículo y esta puede ser la interacción ciencia-tecnología a la luz de los descubrimientos científicos emergentes. La inserción de esta variable, o categoría, debe estar enmarcada en actividades de análisis al estilo exitoso planteado por Hanson en la referencia citada en la Sección 1. El esquema no puede ser aplicado en todas las instancias pero sin duda que tiene marcadas ventajas. La principal es que el docente queda bien preparado para conducir el proceso de enseñanza-aprendizaje en un modo que es bastante afín a la naturaleza social y psicológica del educando. El reclamo de Casimir, y de muchos otros, queda así satisfecho en forma natural. La ventaja adicional de hacer un aporte significativo para formar un educando que será de mayor provecho a la esfera económica - y por ende para la independencia económica - de su país destaca como fundamental en el enfoque aquí planteado.

La familiarización del docente, durante su formación, con experimentos cruciales y con desarrollos

tecnológicos asociados a descubrimientos emergentes y con teorías emergentes le permitirá un mejor desempeño docente en el laboratorio. Es muy posible que lo convierta además en un recurso más útil para la orientación de proyectos científicos y para el llamado trabajo por proyectos. Finalmente, la posibilidad de obtener un docente mejor entrenado para la producción de material de laboratorio no puede ser dejada de lado: la formulación aquí propuesta favorece tal posibilidad en forma determinante y clara.

No es fácil articular un currículum para formación de docentes en física al estilo aquí propuesto. Se requieren recursos humanos bien entrenados y con sólida formación académica para enseñar a los docentes. Por otra parte es bien conocido el desdén con el cual son miradas la historia de la física y la tecnología por muchos físicos. Se requiere el esfuerzo y contribución adicionales por parte de laboratorios de investigación, de agencias del estado y muy probablemente de instituciones de producción. Este requerimiento es quizás de mayor demanda. Afortunadamente ya existen ejemplos de colaboración en este sentido⁸, y desde hace ya varios años.

Referencias

1. H. B. G. Casimir, Education, physics and technology, Phys. Ed., 11, 11 (1976).
2. R. P. Feynman, R. B. Leighton y M. Sands, *Lectures on Physics*, Addison-Wesley, Palo Alto (1964).
3. T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2da Ed., Univ. Chicago Press, Chicago (1970).
4. N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge Univ. Press., Cambridge (1958).
5. V. Barger y M. Olsson, *Classical Mechanics: a Modern Perspective*, McGraw Hill, New York (1973).
6. D. B. Gowln, *Educating*, Cornell Univ. Press, Ithaca (1981).
7. M. A. Moreira y C. A. Levandowsky, *Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório*, Editora da Universidade, Porto Alegre (1983).
8. D. M. Chaplin, *Energy from the Sun*, Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, New Jersey (1962).