

Título: El papel de las matemáticas en la conformación de las teorías físicas y su implicación en los currículos escolares

Autora: Yusimí Guerra Véliz

Instituto Superior Pedagógico “Félix Varela”

Facultad de Formación de Profesores Generales Integrales

RESUMEN

Una de las manifestaciones características de la revolución científico – técnica contemporánea es la extensa utilización de las matemáticas en la construcción de las ciencias más diversas y en particular de la física. En el presente escrito se analizará, sobre la base de la gnoseología materialista – dialéctica, el proceso de construcción de las teorías físicas y la utilidad de los métodos matemáticos en la conformación de dichas teorías. De acuerdo con ello se reconoce no solo el papel de los métodos exactos de la matemática sino también el rol de los métodos numéricos así como la implicación de cada uno de ellos en la conformación de los currículos escolares que contemplan el estudio de la física.

La aplicación de los métodos numéricos para el estudio de la física, aun cuando su lugar es decisivo para la construcción del aparato teórico de esta ciencia y para la conformación de la concepción científica del mundo del que la estudia, es todavía hoy una quimera. Para su realización, aunque se dispone de la tecnología necesaria, no se cuenta con profesores preparados en este sentido, ni con una propuesta didáctica adecuada para llevarla a cabo. El objetivo del presente trabajo es llamar la atención para el análisis de esta problemática en los diversos círculos de profesionales que se relacionan con la concepción y puesta en práctica de los currículos escolares.

Entre la matemática y la física ha existido una estrecha relación desde el surgimiento de ambas ciencias. Cada una ha influido de forma decisiva en el desarrollo de la otra. Unas veces ha sido la física quien ha propiciado el surgimiento de determinados conceptos, métodos o modelos matemáticos como es el caso del cálculo infinitesimal inventado por Newton para poder construir el aparato teórico de la mecánica clásica. Otras veces los modelos matemáticos han surgido en el seno de esta propia ciencia y después se ha encontrado su aplicación a la física como es el caso de la teoría de grupos, que surgió por una necesidad matemática y más tarde se empleó en describir la estructura cristalina lo que proporciono un gran desarrollo a la física del sólido.

Las teorías físicas se construyen a partir de modelos que representan objetos, procesos o fenómenos físicos que pueden ser más o menos simplificados de acuerdo con el grado de correspondencia que tengan con la realidad. El estudio de tales modelos conduce a la definición de magnitudes, la formulación de leyes y principios que son expresados a través

de las matemáticas. *“En realidad, la descripción cuantitativa del mundo físico es imposible sin las matemáticas, pues estas brindan el procedimiento para solucionar ecuaciones, métodos de descripción, descubre la belleza de las ciencias experimentales. Muchas simetrías pueden verse únicamente con ayuda de construcciones matemáticas muy complejas, después de realizar transformaciones hábiles”* (Migdal, s. a., 33). Por esta razón las matemáticas han devenido en el lenguaje de la física.

Las matemáticas están presentes, en todo momento, durante la conformación de los conocimientos físicos y se usan siempre con uno de los dos objetivos siguientes:

- Para expresar en números las propiedades y regularidades de los fenómenos investigados.
- Para deducir nuevas leyes y principios, para crear un lenguaje científico exacto.

Los conocimientos físicos se construyen a partir de dos métodos fundamentales: el método teórico y el método experimental; en cada uno, y de forma decisiva, está presente la matemática.

Si se opera con el método teórico partiendo de postulados iniciales, a través del proceso de abstracción, se obtienen como resultado leyes, principios, teorías que matemáticamente se expresan como funciones, ecuaciones, inecuaciones, sistemas de ecuaciones, conjunto de funciones, etc. Que constituyen determinados modelos matemáticos que describen la realidad física. En estos modelos matemáticos, en lugar del objeto o proceso real, se introducen objetos ideales o abstractos con propiedades bien definidas (magnitudes físicas: constantes o variables). Las relaciones entre las propiedades de los objetos son descritas en términos lógicos matemáticos estrictos procurando que estas propiedades se correspondan con las del objeto real estudiado. Hasta este momento el modelo matemático que describe la realidad física forma parte del conocimiento científico solo en calidad de hipótesis. Precisamente la correspondencia entre el objeto real y la hipótesis es la que asegura el valor del modelo matemático utilizado. En este caso se han usado los métodos matemáticos para la elaboración teórica del conocimiento físico.

Para comprobar el grado de correspondencia de un resultado teórico, de la hipótesis, con la realidad es necesario medir dichas magnitudes en la práctica. En este caso se opera con los métodos que permiten expresar en números las propiedades y regularidades de los objetos investigados, y comprobar si con los valores obtenidos se cumplen las leyes, principios y

teorías que fueron obtenidos deductivamente, es decir se procesan los datos obtenidos del experimento. En este momento el papel fundamental lo desempeñan los métodos numéricos.

El método experimental opera de forma inductiva, primero se realizan las mediciones y después, a partir de ellas, se proponen las leyes.

Realmente el proceso del conocimiento del mundo físico es mucho más complejo; ambos métodos el teórico y el empírico se complementan y se suceden uno a otro en el proceso continuo del quehacer científico. En la mayoría de los casos los experimentos tienen por objeto juzgar si son justos o equívocos determinados sistemas teóricos; sin embargo la respuesta que da el experimento puede ser a veces inesperada y entonces el experimento se convierte en fuente originaria de una nueva teoría.

El punto de contacto entre el mundo material y las teorías físicas, ya sea que se construyan por el método experimental o por el teórico, ocurre a través del proceso de medición. El proceso de medición constituye en física la forma en que se presenta la actividad instrumental en aplicación al objeto, es decir la práctica. Tal actividad ocurre durante la experimentación donde se reproduce el fenómeno físico en estudio.

Los instrumentos de medición son objetivos, se ponen en contacto con el objeto de estudio y el científico, mediante su percepción sensorial a través del reflejo, obtiene como resultado un número o un conjunto de números. El resultado de una medición es siempre un valor aproximado porque está acompañado de un error, que es en esencia inevitable. Claro está, en la concepción del método de medición estos errores se disminuyen todo cuanto sea posible de acuerdo con el desarrollo tecnológico alcanzado en la construcción de los instrumentos de medición y el mejoramiento del propio método de medición. El conocimiento del mundo físico mediante el proceso de medición tiene lugar siempre con determinada falta de correspondencia entre la realidad y la percepción que tenemos de ella. Esta falta de correspondencia está dada fundamentalmente por el carácter subjetivo de las percepciones del experimentador, además porque los propios instrumentos de medición al estar presentes durante la ocurrencia del fenómeno para detectar sus características cuantitativas influyen en el fenómeno que se estudia y porque a fin de cuentas lo que esperamos comprobar en la práctica es un modelo que se diferencia del fenómeno real salvo en aquellos aspectos que intencionalmente no han sido obviados durante la modelación. Por ello podemos afirmar que el mundo físico es cognoscible pero siempre con determinado grado de exactitud.

Para pasar de los valores numéricos a las expresiones analíticas definitivas se realizan operaciones sobre el conjunto de números obtenido, tales operaciones dependen en gran medida de que el método seguido sea el teórico (se pretende comprobar una hipótesis) o el experimental (se propondrá un nuevo modelo), de principios físicos o de carácter metodológico ampliamente comprobados, de principios heurísticos como son: el de simplicidad y el de elegancia matemática de las ecuaciones, de la intuición del científico, etc. A la expresión analítica obtenida se ha propagado el error inicial; además durante el desarrollo de las operaciones surgen errores propios del método matemático empleado; todos estos errores son valorados en la expresión obtenida y determinan, en gran medida, sus límites de validez. La expresión analítica que se ha logrado comprobar o a la que se ha arribado inductivamente es una expresión aproximada que describe el fenómeno físico con determinada exactitud, siempre en ella está presente, aunque pequeño¹, un error que hace que nuestros conocimientos no se estanquen y que se encamine nuestra búsqueda a su futuro desarrollo. Pero para que tal expresión sea aceptada por la ciencia y pase a formar parte de la teoría debe ser suficientemente exacta como para contener conocimientos correctos sobre la realidad objetiva que describe.

Las ciencias, en el de cursar del tiempo y como consecuencia de su desarrollo, han ido demostrando la efectividad de los métodos numéricos como herramientas matemáticas para procesar los datos obtenidos de las mediciones de modo que permitan contrastar las leyes o proponer nuevas. Esto no resta importancia a los métodos exactos que se emplean constantemente en la física. Siguiendo el camino de la investigación científica si se ha trabajado con el método experimental *“una vez que se han determinado algunas magnitudes, la tarea consiste en determinar las relaciones entre estas magnitudes y otras mensurables con el fin de que unas puedan deducirse de las otras”* (Migdal, s. a., 32), en este momento la deducción lógica realizada a través del empleo del formalismo matemático juega un papel preponderante, incluso durante el avance de la investigación pueden inventarse nuevos métodos matemáticos.

Una vez que se han obtenido nuevos resultados de carácter teórico es preciso volver al experimento y emplear de nuevo los métodos numéricos para confirmar la teoría. En el complejo camino de las investigaciones físicas se combinan y complementan los métodos

¹ Aquí pequeño significa que se encuentra dentro de los límites que según el objetivo de la investigación se considera correcto, por ejemplo para objetivos didácticos en la formación de profesores de física un error que no supere el 10% se considera aceptable.

exactos y los numéricos para construir las modelaciones matemáticas de los fenómenos físicos. Durante todo este proceso es de trascendental importancia la realización de valoraciones cualitativas y la interpretación de los resultados parciales sobre la base de los principios físicos fundamentales establecidos con anterioridad que conforman el aparato conceptual de esta ciencia.

La efectividad de los métodos numéricos está dada porque conjuntamente con el resultado obtenido producto de su aplicación se puede juzgar acerca de su eficiencia. *“La Matemática numérica es la teoría y la práctica del cálculo eficiente y la determinación del error de la solución aproximada de muchos problemas de aplicación de la matemática. El adjetivo eficiente es muy importante. Una de las diferencias primarias entre la Matemática y la Matemática Numérica es que la primera carece del concepto de eficiencia. Luego, la Matemática Numérica tiene entre sus objetivos la elección del procedimiento más adecuado (y su conveniente aplicación) para la solución de un problema particular”* (Suárez, 1980, 8).

Los métodos numéricos se aplican a la física no solo para procesar resultados obtenidos de la medición sino también en otras situaciones en que los métodos de la matemática exacta no son convenientes. De forma general puede resumirse su aplicación a los casos en que:

- No existe un método exacto para resolver el problema, por ejemplo la función buscada o usada en el modelo matemático no se expresa en términos elementales.
- No se conoce la expresión analítica de la función con que se trabaja pero sí sus valores en un número finito de puntos.
- El volumen de cálculos para la obtención de la solución exacta es muy grande, incluso para una computadora.
- Al resolver problemas, aunque la solución resulte posible con el uso de los métodos del análisis matemático, la persona que los debe utilizar no los domina o le resulta más difícil por esa vía.

En resumen puede decirse que *del total de modelos matemáticos con que puede describirse la realidad circundante solo una pequeña parte es operable, desde el punto de vista teórico o práctico, con los métodos exactos.*

La inclusión de las ciencias exactas en los planes de estudio de los diferentes niveles de educación persigue un objetivo epistemológico fundamental, encaminado a la formación de la concepción científica del mundo de los estudiantes. Sin embargo, en la escuela se siguen

resolviendo, por lo regular, “problemas de números bonitos”, que en la mayoría de los casos no se corresponden con los verdaderos problemas prácticos que se presentan en la ciencia y la técnica; problemas que requieran del uso de los métodos numéricos, de la valoración del error con que se obtiene el resultado, etc. Por otro lado la formación de la concepción científica del mundo contempla también la aprensión de la teoría del conocimiento materialista dialéctico para lo cual no basta con repetir la fórmula leninista que muestra el camino de la cognición, ni mostrar a través de ejemplos como ocurre el desarrollo de la verdad objetiva a través de la sucesión de verdades relativas en el devenir histórico de una ciencia, es necesario además mostrar que la verdad objetiva que conocemos hoy, ya sea la que no ha cambiado desde hace un siglo, la de hace cincuenta años o la que se acaba de descubrir, tiene también carácter relativo, porque aunque correcta es aproximada y por ende susceptible de ser mejorada.

La inclusión de los métodos numéricos en la conformación de los currículos de física actuales contribuiría de manera decisiva a mostrar el carácter relativo de la verdad objetiva manifiesto en la concepción de cada elemento componente del conocimiento físico. A través de ellos, en su propia esencia, se contempla el carácter aproximado que distingue cada fase del conocimiento. Sin embargo en el diseño de la física como asignatura y fundamentalmente durante la concepción de los currículos para la formación de profesores de física ha prevalecido el uso de los métodos exactos de la matemática y en consecuencia los profesores que se han formado a partir de tales planes de estudio no conocen los métodos de la matemática numérica ni su utilidad y lugar en la construcción de las teorías físicas. Lo que ha estado dado por las condiciones materiales pues hasta hace poco no se disponía del número de computadoras suficiente para llevar a cabo tal proyecto. El empleo de los métodos numéricos, debido al gran número de operaciones que lo integran, requiere del uso de la computadora, lo cual no era factible hasta hace más o menos una década. Por otra parte, aun cuando en la actualidad, la inclusión de los métodos numéricos en los programas escolares en general y en los de formación de profesores de física en particular es factible por la disposición de las computadoras y otros elementos de las nuevas tecnologías su puesta en práctica de inmediato aun no es posible pues no se dispone de una propuesta didáctica que sirva como modelo para la introducción y aplicación de los métodos numéricos al proceso docente educativo de enseñanza de la física.

Para llevar a cabo el proyecto de introducir el estudio de los métodos numéricos al proceso docente educativo de la física se necesita vencer dos barreras: la primera está relacionada con la formación de profesores que dominen tales métodos y los sepan aplicar a la física y la segunda con la fundamentación que desde el punto de vista didáctico debe tener este proyecto para que sea realizable con calidad.

Debe concebirse una propuesta didáctica que diga como llevar a cabo tal proyecto con los profesores en ejercicio y con los que se están formando en las microuniversidades. Una vez vencida esta barrera debe concebirse el modelo didáctico que permita a esos profesores introducir y aplicar los métodos numéricos al estudio de la física en preuniversitario de modo que su lugar, como método matemático para la física, sea similar al que han ocupado hasta ahora los métodos exactos de la matemática, lugar que ambos métodos numéricos y exactos deben ocupar por igual a partir de ese momento.

Los objetivos que se persiguen con la aplicación de las matemáticas a la física (por una parte para expresar en números las propiedades y regularidades de los fenómenos investigados y por otra para deducir nuevas leyes y principios, para crear un lenguaje científico exacto.) ***son igualmente importantes por lo que la omisión de los métodos numéricos o su uso limitado en los currículos actuales en nuestro país*** –nos referimos fundamentalmente al preuniversitario y a la formación de profesores de ciencias exactas– ***provoca cierta insuficiencia en la formación de la concepción científica del mundo, en cuanto a que el estudiante se forma una idea desvirtuada de la ciencia, al considerarla acabada y esto entra en contradicción con el carácter relativo de la verdad objetiva.***

Bibliografía

1. Aróstegui, J. M.. Metodología del Conocimiento Científico./ Aróstegui, J. M.; Bustamante, A. Y otros/ La Habana: Editorial Ciencias sociales. 1975.
2. Bugoslavski, V.. El Materialismo Dialéctico e Histórico./ Bugoslavski, V.; Chertifin, V. y otros/ Moscú: Editorial Progreso. 1976.
3. Coloquio: El universo. En Cuba Amanecer del Tercer Milenio, Ciencia Sociedad y Tecnología / Fidel Castro Díaz – Balart y otros/. La Habana: Editorial Científico – técnica, 2002.
4. Danílina, N. I.. Matemática de Cálculo. Moscú: Editorial Mir. 1990.

5. Delgado Rubí, Juan Raúl. La enseñanza de la Matemática en el umbral del siglo XXI. En formato electrónico. La Habana. 2000.
6. Rusavin, G. I. Métodos de la Investigación Científica. La habana: Editorial Ciencias Sociales. 1990.
7. Migdal, A. B. Cómo surgen las teorías físicas Moscú: Editorial MIR., 1990.
8. Suárez Alonso, Margarita. Matemática Numérica. Ciudad de La Habana: Editorial pueblo y Educación, 1988.
9. Tíjonov, A. Conferencias de introducción a las matemáticas aplicadas. Moscú: Editorial Mir, 1987.
10. Usanov, V. Metodología de la enseñanza de la física. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985.

Palabras Claves: MATEMATICA
PLANES DE ESTUDIO
INTERDISCIPLINARIEDAD
FISICA