

**MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA FÍSICA MODERNA APLICADA EN LA
TECNOLOGÍA DEL QUÍMICO FARMACOBIOLOGO EN LA UNIVERSIDAD
MICHOACANA.**

Jorge Chávez Carbajal
carnatjor@hotmail.com

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Núcleo temático: VI

Modalidad: CB

Nivel educativo: Formación y actualización docente

Palabras clave: Pensamiento Variacional, Función, Modelación Matemática, Física

Resumen

El aprendizaje de la física moderna, en estudiantes universitarios de reciente ingreso en la carrera de Químico Farmacobiólogo, con perfil experimental, antecedentes matemáticos de bachiller e infraestructura no diseñada para esta área de la Física, es una tarea laboriosa. Lo anterior ha propiciado el diseño de una estrategia en base a Modelación Matemática de los fenómenos en un entorno de simulación computacional de la tecnología de desempeño profesional. Como una forma de llevar las Ciencias Físicas a través de la tecnología de contexto, es necesario reconocerla en su arquitectura, funcionamiento y aplicación, para ubicar los momentos en que se presentan estos fenómenos físicos, no sin antes abordar de la misma manera la experimentación original de dichos fenómenos. La Modelación Matemática se apoya en el reconocimiento de las variables y parámetros que intervienen en un fenómeno para su posterior asociación con una matemática de dos variables. Se ha creado para el alumno un manual de apoyo en la materia con la matemática más elemental posible basada en la función matemática y pensamiento variacional.

INTRODUCCION. La enseñanza de la física moderna, en una escuela de nivel superior que no es de ciencias físicas o ingenierías, presenta dificultades por los antecedentes matemáticos del alumno; por cuestión curricular estos antecedentes son insuficientes para poder abordar muchos de los temas de la mecánica cuántica. El perfil de ingreso, muchas de las veces difiere de las expectativas del mismo alumno puesto que sus inclinaciones hacia las matemáticas no son muy sólidas. El contenido programático de la materia no tiene contemplado un espacio experimental y sí únicamente el trabajo teórico diario en el aula tradicional. Al no contar con los antecedentes cognitivos es inoperante llevarlos a una matemática como la matricial, pese a algunos temas en donde es necesario abordar la matemática exigida. En contraparte, el perfil del alumno de QFB

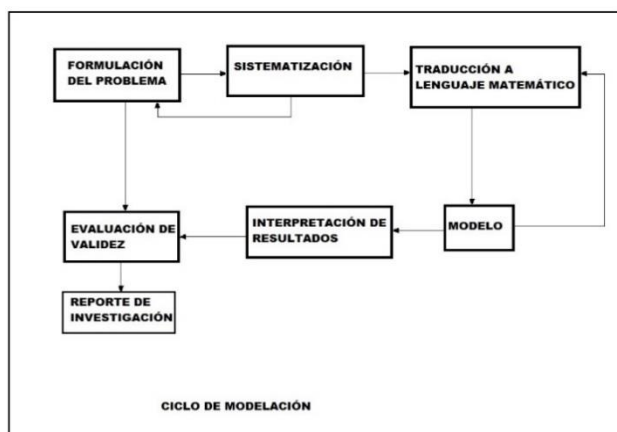
tiene un porcentaje muy alto de carga curricular en diversos laboratorios, por lo que puede ser calificado como “de perfil experimental”, lo cual se considera como su principal fortaleza. El perfil de egreso le exige establecer el vínculo que demanda el médico y el paciente, a través de la actividad clínica, esto siempre con el uso de la tecnología ya diseñada para ello, tecnología propia del contexto.

MODELACIÓN MATEMÁTICA. La Física es la disciplina que mantiene una relación estrecha con la Matemática (ya por varios siglos) remontándose hasta la visión de Copérnico, el trabajo de Kepler y la metodología de Galileo. En esta asociación, la matemática ha facilitado el tratamiento de los fenómenos físicos, siendo vigente, hoy por hoy, un andar paralelo entre ambas. Los conceptos de la Física vienen siendo representados por modelos conceptuales “*como una representación precisa, completa y consistente de los fenómenos de interés de la Física*” (Moreira, M., 1997), siendo las instituciones, revistas o información que emane de congresos el concepto aceptado. Esto hace que la Física sea un área del conocimiento basado en conceptos, cuya actividad fundamental es representarlos mediante modelos matemáticos. Dichos modelos, la mayoría de las veces son construidos a partir de resultados experimentales, es decir de reproducciones controladas de la realidad; otras veces son producto del tratamiento matemático de los propios conceptos. El modelo matemático es tan solo un eslabón de un proceso más complejo llamado MODELACIÓN (modelización). Una definición de modelación “*como el producto de la actividad de establecer una relación semántica entre un grupo de teorías y un fenómeno*” (Greca, I., 1998). Esta relación semántica se establece de manera dinámica desde las premisas que dispone el fenómeno y los modelos mentales que el alumno establece de manera muy personal, tornándose como un aprendizaje significativo en la medida que establezca un proceso evolutivo hacia el modelo conceptual; se trata de un proceso iterativo “*Comprenden las premisas y extraen de ellas una conclusión semánticamente informativa, y entonces se aseguran de que la inferencia es válida realizando una prueba semántica directa de su validez mediante la búsqueda de contraejemplos...*” (Johnson-Laird, P., 1998), en donde a través de los ciclos alcanza una representación mental más cercana al modelo conceptual.

El hecho de ofrecer un curso de Física a través de la Modelación Matemática tiene ganancias implícitas, pues trae consigo: el aprendizaje de modelación per se y la cobertura de contenidos matemáticos (Biembenguth, M. & Bassanezi, R., 1997). Además está permitiéndose extender su

conocimiento a otras áreas extra-matemáticas, como es el caso de la Física. El proceso de Modelación, “*cuyo producto es un modelo matemático, generado de establecer una relación entre alguna idea matemática y una situación real*” (Blomhoj, M., 2004). Su estudio demanda pasar por varias etapas: Formulación del Problema, Sistematización, Traducción a Lenguaje Matemático, Uso de Métodos Matemáticos para concluir en un Modelo, Interpretación de los resultados y la Evaluación de la Validez del Modelo. No se trata de un protocolo lineal, por el contrario puede haber subrutinas que definan etapas cíclicas. Al respecto de estas etapas (Dillwyn, E., 2001) sugiere una etapa última en donde se extienda un reporte de la investigación.

La primera etapa, Formulación del Problema, es muy importante pues se tiene que reconocer las características del fenómeno y tomarlas como una realidad, que sería su realidad percibida. Esta etapa puede mostrarse por el profesor como una descripción textual o una simulación por computadora del fenómeno. Suele tener estrecha relación con la siguiente etapa, de Sistematización, dado que las principales características del fenómeno pasan a ser objetos relevantes asignándoles una variable matemática y no se descarta regresar, una y otra vez, a la formulación del problema para tener claridad del fenómeno que se pretende modelar.



Dentro de la etapa de Sistematización se establecen relaciones entre las variables seleccionadas y se definen qué teorías extra-matemáticas exige el fenómeno de estudio. Una vez que se tiene el problema sistematizado, en una siguiente etapa, todas las variables, teorías y principios integrados, así como los parámetros y las constantes, son transformados a Lenguaje Matemático mediante funciones de dos variables y objetos matemáticos. La etapa central, de Modelación (en este contexto del QFB no es necesario aplicar métodos matemáticos como Elemento Finito, Montecarlo, etc.) se logra aplicando inferencias o deducciones, cumplimiento de teorías mecánicas, etc., por lo que se busca reinventar modelos matemáticos establecidos en algún periodo

de la física o en su caso asociar el fenómeno con un modelo ya existente y habrá que regresar a la etapa de traducción a lenguaje matemático y hacer las inspecciones necesarias. El conocimiento adquirido por la experiencia del fenómeno en la experimentación o simulación, otorga elementos que pueden ser comparados con el modelo obtenido. Por último, con la Interpretación del Modelo habrá que relacionarlo con los datos arrojados en el Planteamiento del Problema y de esta manera Evaluar el Modelo; además el Modelo debe funcionar con variantes del fenómeno y en contextos que se pudieran considerar predictivos o de interpolación o extrapolación, no solamente en el contexto descriptivo del fenómeno.

METODOLOGÍA. De acuerdo a este panorama, se establece una propuesta para el abordaje de la materia. Por principio ha sido diseñado un Manual de Trabajo Conceptual de la materia, el cual es utilizado como bibliografía principal. El abordaje está basado en tres aspectos, las cuales pudieran parecer etapas de un protocolo:

- Proyección de una simulación representativa del fenómeno físico que se desea estudiar. En alguno de los casos se pudiera proyecta un video real de una actividad experimental ejecutada para tal situación.
- Modelación matemática del fenómeno físico, por parte del alumno, buscando redescubrir el conocimiento científico.
- Validación del modelo mediante problemas que se le propongan al alumno y que sean propios del contexto.

Estas tres etapas, son una agrupación de las propuestas por Blomhoj, centradas en la modelación. Se sugiere se cubran en una sola sesión de dos o tres horas. El objetivo principal es la conceptualización de la Física Moderna en un entorno experimental de simulación tecnológica con el apoyo de la Modelación Matemática. Hoy en día se busca que lo experimental y teórico coincidan. En la Física Moderna los contenidos matemáticos son en su mayoría de alto nivel y su experimentación es también muy particular, está basada en observaciones indirectas, es decir no ligadas directamente a los sentidos; en bastantes ocasiones es necesario apoyarse en matemáticas complejas para poder acceder al conocimiento, situación que se convierte en un problema medular. La alta carga de trabajo experimental del alumno en áreas como Biología, Química, Instrumentación, etc. exige y define su perfil. Esto los habitúa a manejar instrumentación, tener control de variables, relacionar resultados o parámetros. Contemplando este potencial

experimental, se suplen los equipos por la simulación computacional, en sus dos momentos: Primero, la experimentación ejecutada originalmente en la vivencia del fenómeno, buscando sea semejante a como se ejecutó, tal como una cámara de niebla, tubo de rayos catódicos, etc. Segundo, dado que estos mismos fenómenos están implícitos en la tecnología de su desempeño, se les presenta una simulación por computadora (o en su caso un equipo real como el espectrofotómetro), que muestre la arquitectura y funcionamiento de la tecnología. Así que, los fenómenos de la física se estudian a través de la tecnología original y de la tecnología de aplicación en el área de desempeño del estudiante.

En la primera parte, de la simulación experimental, el alumno hace uso de su perfil para detectar las variables y parámetros experimentales que intervienen en el fenómeno, tales como: masa de una partícula, energía de un fotón, velocidad, etc. Con ello se busca, por ejemplo, que establezca asociaciones, ecuaciones de equilibrio, para redescubrir un modelo matemático. (Gaisman, M., 2009) dice que las actividades de modelación “*exigen poner atención en patrones de comportamiento, en relaciones entre variables*”. En la segunda parte de la simulación, deberán poder describir la arquitectura de la tecnología de que se trate, el funcionamiento de la misma, haciendo hincapié en los momentos que se vinculan con los fenómenos de la física contemplados en los momentos adecuados de la tecnología de contexto.

La formación bajo el concepto causa-efecto en un fenómeno real, permite identificar las variables involucradas y todos los parámetros de un fenómeno; de todo ello se definen las variables ligadas para que, en una matemática de dos variables, se establezca una relación de dependencia. De ser el caso, la Variable Independiente será aquella que el usuario pueda manipular experimentalmente, o el tiempo o una Variable Observable. El proceso de Modelación Matemática, le permitiría formalizar las características del fenómeno a través de la imagen mental del alumno, permitiéndole que describa verbalmente el desarrollo del fenómeno. Podrá apoyarse en matemáticas de dos variables. Deberá ser capaz de representar este modelo en un registro gráfico, y con ello tener tres registros diferentes del fenómeno: verbal, analítico y gráfico, además de interactuar entre los mismos, (Duval, R., 1993). Con el modelo matemático, tomado así como una herramienta, podrá pasar a su última etapa, a través de la cual pueda extrapolar las consecuencias de un cambio de condiciones en el fenómeno. El alumno puede establecer grupos de trabajo de dos o tres elementos y trabajar en colaboración a lo largo de todo el proceso, en consideración de los aprendizajes Socioepistemológicos.

Un ejemplo de Modelación se presenta con el Fenómeno de “Producción y Aniquilación de Pares de Partículas”. Formulación e Identificación del Problema. El profesor debe proponer el fenómeno de estudio, describiendo históricamente su desarrollo, esto apoyándose en una simulación del suceso experimental. El Fenómeno de Producción de Pares de Partículas se refiere a que, a partir de un fotón gamma de alta energía, se genere un electrón y un positrón, cuando este interactúe con el campo en las proximidades de un núcleo pesado. El positrón es una partícula que fue prevista en un trabajo teórico de P. Dirac cuando analizaba la ecuación de energía de A. Einstein en 1928 y no fue hasta 1933 cuando C. Anderson la descubre accidentalmente en un experimento dentro de una cámara de niebla, cuando investigaba los rayos cósmicos que se proyectaban sobre una placa de plomo dentro de la cámara (Eisberg & Resnik; pg 68). Una simulación de este fenómeno estará permitiendo que el alumno reviva lo que en su momento el hombre experimentó, dándole de esta manera la oportunidad de hacer sus propias conjeturas y trazar sus propias premisas que le permitan sistematizar el entorno del fenómeno. Esta partícula tiene vida media muy corta porque rápidamente interactúa con un electrón desapareciendo ambas como materia y dándole lugar a un par de fotones gamma (Feynman & Leighton, pg 18-8). Por mucho tiempo no se le dio al positrón un uso cotidiano hasta la aparición de la tecnología PET (Positron Emission Tomography) que hoy en día es tecnología de punta en la detección de órganos y células con alto metabolismo. Un video y una simulación computarizada podría mostrar la arquitectura de esta tecnología, su funcionamiento y relación que tiene con algunos fenómenos de la física; en la ocasión tendría que dársele seguimiento al proceso que vive el positrón dentro del sistema PET y antes de, cuando es preparado en núcleo radiactivo ($F18$) en un ciclotrón para posteriormente anidarlo en moléculas de glucosa a través de un proceso químico hasta obtener el radiofármaco $F18$ Desoxiglucosa que es introducido al torrente sanguíneo y llevado al órgano o células cancerígenas que exigen gran demanda de glucosa. Una vez ahí, el átomo $F18$ emite un positrón de baja velocidad, desacelerándose hasta formar una pareja de baja velocidad con un electrón; ambos se desintegran y en su lugar se emite un par de fotones gamma sobre una misma línea pero en sentidos opuestos. La Tecnología y Software adicional del PET se encargarán de detectar a estos fotones y valerse de ellos para ubicar el lugar preciso en donde fueron generados estos fotones. Por ello esta tecnología es utilizada como medio para precisar el lugar en donde se encuentra una comunidad de células cancerígenas.

Con todo esto, el alumno puede tener los elementos necesarios para identificar el problema que se le está planteando que sería suficiente para desarrollar el modelo matemático que rige la producción de un par de partículas. Preguntas como ¿Qué elementos intervienen en la interacción inicial? ¿Qué elementos hay después de la interacción? Indicaciones como ¡La Energía, la carga y la materia se conservan! El alumno podrá asignarle variables a las características que poseen los elementos que intervienen en la interacción y utilizar las leyes y principios de la física clásica, como la conservación de la energía por ejemplo, y con ello hacer la construcción del modelo matemático que rige al fenómeno, redescubriendo el concepto físico. El alumno podrá ver que antes de la interacción solo existe el fotón gamma, un núcleo de plomo y después de la interacción continúa el núcleo sin cambio alguno y el electrón más el positrón describiendo una traza semejante a una V. El balance de energía, es clave para la modelación, pues se conserva para la interacción:

De acuerdo a la mecánica cuántica y la mecánica relativista, la energía de estas partículas antes y después de la interacción es descrita por la relación de conservación de la energía: $h\nu + M_0c^2 = (m_0c^2 + K_e) + (m_0c^2 + K_p) + M_0c^2$

La energía del núcleo se mantiene invariable y la energía cinética del par de partículas es muy similar entre sí; la energía del fotón se utiliza en crear las partículas e imprimirles una energía cinética: $h\nu = (2m_0c^2 + 2K_e)$

En la etapa final del protocolo, este modelo puede revisarse y validarse a través de particularidades del fenómeno, como ¿qué sucede si la energía cinética es próxima a cero? ¿Cuál debe ser la longitud de onda mínima para que se produzca un par de partículas?

El fenómeno de aniquilación de estos pares de partículas es también una forma de validar el modelo obtenido, determinando que la energía de los fotones gamma producidos en la aniquilación es igual a la energía del fotón que formó al par de partículas electrón-positrón.

CONCLUSIONES. El presente artículo muestra una manera de cómo se estudian los fenómenos físicos, la cual tiene las siguientes características: Se parte del apoyo de un manual conceptual; la proyección de dos simulaciones por computadora en donde la primera es el experimento original del fenómeno y la segunda de una tecnología de contexto en donde interviene el fenómeno de estudio; en grupos de trabajo se induce a hacer la modelación matemática, no sin antes permitir que el alumno construya una descripción textual del experimento; por último debe validar sus resultados con las características del fenómeno y con variantes o consecuencias del mismo.

Referencias bibliográficas

- Dillwyn, E. M.,(2001), "Guide to Mathematical Modeling Palgrave Mathematical Guides";2nd Ed, PALGRAVE Hound mills, Basingstoke, Hampshire RG21 6XS and 175 Fifth Avenue, NewYork.
- Biembengut, M. & Bassanezi, R., (1997). Modelación Matemática: Una Antigua Forma de Investigación, un Nuevo Método de Enseñanza. Revista Didáctica de Matemática, No 32, 1997, pg. 13-25
- Blomhoj, M., (2004), Mathematical Modelling- A Theory for Practice. International Perspectives on Learning and Teaching Mathematics. National Center for Mathematics Education. Suecia. Pg: 145-159
- Duval, R., 1993. Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. Annales de Didactique de Sciences Cognitives, Vol. 5, pg:37-65.
- Feynman, R., Sands, M. & Leighton, R. (1987). Mecánica Cuántica, Vol. III E.U.A.: ADDISON-WESLEY IBEROAMERICANA, S.A.
- Gaisman, M., (2009). El uso de la Modelación en la Enseñanza de las Matemáticas. Innovación Educativa, Vol. 9, No46, 2009, pg:75-87.
- Greca, I. & Moreira, M., (1998). Modelos Mentales, Modelos Conceptuales y Modelización. Cad. Cat. Fis., Vol. 15, No.2:107-120.
- Johnson-Laird, P. Entrevista a Philip N. Johnson Laird, citado por GARCIA, Juan A. UNED. Facultad de psicología. Madrid, 1988. p. 317.
- Moreira, M.,(1997). Modelos Mentais. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, Vol. 1(3): 193-206
- Resnick, R. & Eisberg, R. (2002) Física Cuántica, Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos y Partículas. México: LIMUSA, NORIEGA EDITORES, SA. De CV.
- Sadeghi, N., & Farzad, B. (2012) "Mathematical modelling in university, advantages and challenges"; Journal of Mathematical Modelling and Application, 2012, Vol.1, No.7, 34-49.