

CO-EXISTENCIA DE PARADIGMAS EN LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

CARLOS EDUARDO TRONCOSO ELAINE GRACIELA DANIELE

Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad Nac. del Comahue - Consejo Prov. de Educación de Neuquén - Programa de Investigación A. E. F.

Buenos Aires 1400 Neuquén

T.E. : 0299-4427621

ce tron@uncoma.edu.ar - ufo@calfnet.com.ar - elaine@calfnet.com.ar

En la enseñanza de la Física Moderna y especialmente en los temas de Física Cuántica se ponen de manifiesto dificultades distintas a las ya conocidas en la curricula de las carreras de ingeniería referidas a física clásica.

Parte de estas dificultades se deben a la separación que existe entre el nivel III de los conceptos teóricos y el nivel I o el ámbito donde se realizan las observaciones de base empírica.

El salto creativo realizado por los científicos en la elaboración de la teoría cuántica es muy grande y la teoría intenta describir la realidad microscópica sustentándose en un sofisticado aparato matemático. El mismo se utiliza también para desarrollar la teoría, hacer interpretaciones nuevas, dar mejores explicaciones y hacer aplicaciones tecnológicas.

Por lo antes enunciado, parece ser que para mostrar conceptos con términos teóricos de una ciencia fáctica como la física se necesita de una representación que proviene de una ciencia formal como es la matemática. Esto hace más compleja la acción de enseñar física cuántica y se plantean dilemas como por ejemplo: ¿las especulaciones sobre algún tema las inferimos del modelo matemático o de la realidad física?, ¿Los modelos representan la reducción de un fenómeno?, ¿Los modelos son olvidados con la rapidez con que se olvidan la matemática que los sustenta?, etc.

El propósito del trabajo es analizar algunos aspectos teóricos como el Principio de Incertidumbre, la Ecuación de Schrödinger y una aplicación de los mismos, tomando en consideración la eficiencia y eficacia de la utilización de la representación matemática.

Para hacer posible este análisis se adopta una metodología de tipo cuantitativo sin perder de vista que la complejidad del fenómeno educativo requiere poner en práctica enfoques que tomen en cuenta otros aspectos y que se ponen de manifiesto adoptando enfoques cualitativos.

Estas, entre otras razones, son las que llevan a considerar la utilización y validez de paradigmas diferentes en la investigación educativa.

INTRODUCCIÓN

El mundo macroscópico impresiona nuestros sentidos, estamos en él, nos movemos, utilizamos partes del mismo y se conforma nuestra visión de la realidad. Así se desarrolla nuestra explicación de cómo son y funcionan las cosas. Estos datos extraídos de la naturaleza ayudan a que desarrollemos el conocimiento intuitivo. El mismo es de fácil acceso, gran economía cognitiva y permite reducir situaciones nuevas o complejas a tareas conocidas como forma de acceder a una solución coherente con los conocimientos disponible, el contexto y las metas de la tarea.

Si bien este conocimiento intuitivo es de gran utilidad en la vida cotidiana, resulta superficial o insuficientes cuando se pretende conocer algo científicamente. Las características del conocimiento científico que difieren del conocimiento intuitivo son por lo menos tres, claramente identificadas: la ciencia requiere de un razonamiento *cuantitativo* presente en los conceptos y modelos matemáticos que usamos para representar la realidad mediante el uso frecuente de la proporcionalidad, la probabilidad y la correlación.

También es imprescindible un razonamiento *lógico*, el cual, permite frente a los datos favorables o no a un modelo inferir conclusiones lógicas.

Por ultimo, el razonamiento *causal* que implica conocer la interconexión entre los diferentes factores intervinientes y, generalmente no es lineal, unidireccional, unicausal como lo es la interpretación cotidiana. Estas diferencias deben considerarse como un continuo y no como algo antagónico entre las dos formas de razonar y los tres puntos característicos son las polaridades más notables.

Cuando el estudiante universitario cursa las asignaturas de física cuya temática es la física clásica su estructura cognitiva esta en evolución o transformación hacia un razonamiento científico. En ese estado se le presenta un cuerpo conceptual de física clásica que tiene como contexto de descubrimiento una fuerte tendencia inductivista; es decir parece que todas las leyes se han logrado con una buena y minuciosa

observación, algunas hipótesis casi geniales y unos experimentos para comprobarlas más que para su refutación. Acompañan a esta metodología de enseñanza unos problemas que se los entiende y puede imaginar fácilmente por tratan de cuestiones conocidas. Se refuerza el aprendizaje con prácticas de laboratorio en las que el alumno puede entender el instrumental, su utilización y la aplicación en los experimentos.

Es diferente y compleja la conceptualización cuando tratamos el mundo microscópico en ese estado casi no hay referencia empírica por medio de los sentidos, los entes teóricos son representaciones matemáticas o modelos, las analogías con lo conocido a veces ayuda a la retención e interpretación y otras veces es una dificultad. Entre el experimento realizado y la hipótesis posible hay un salto creativo de una dimensión muy grande y, entre la hipótesis y la base empírica una cantidad considerable de hipótesis auxiliares y observaciones que cuando se enseña no se hace referencia a ellas y, sin embargo, se invita u "obliga al estudiante a interpretar, entender, resolver situaciones y aplicar conceptos como el autor de la teoría o ley.

El párrafo anterior describe con buena realidad la situación de temas de Física Cuántica, relatividad, etc. Entonces es inevitable pensar que cuando las ciencias fácticas como son las ciencias naturales y específicamente la física tiene que dar una interpretación del mundo microscópico solo pueden hacerlo a través de las posibilidades interpretativa que le da una ciencia formal como la matemática a través de la construcción de modelos matemáticos.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Tomando en cuenta los resultados del trabajo de investigación "Evolución de los Conceptos de Mecánica Cuántica en los estudiantes de la carrera de Ingeniería" que analiza la conceptualización, la percepción colectiva y las necesidades metodológicas en diferentes momentos, nos proponemos tratar tres ítems notables en las respuestas de los estudiantes o profesionales indagados:

"El principio de Incertidumbre" por ser uno de los conceptos más citados.

"La ecuación de onda de Schrödinger" por ser el ítem que nadie pudo escribir aunque se recordaba su importancia.

"El pozo de potencial" como ejemplo para el análisis de la convergencia entre modelo matemático de la realidad, la base empírica, la eficiencia y eficacia en la resolución de problemas. También analizaremos este último punto desde la perspectiva del "método" utilizado por las ciencias naturales y desde la interpretación que se puede hacer del proceso de desarrollo de un problema de matemáticas.

El Principio de Incertidumbre

Cuando se le pregunta a los estudiantes que terminan aprobar la asignatura, a los recientemente egresados o a los ingenieros con años en la profesión sobre temas de física cuántica, siempre citan al Principio de Incertidumbre junto a otros diferentes temas.

Pero parece que solo recordar no es suficiente, pues un porcentaje grande de los indagados piensan que cuando la tecnología esté más desarrollada se podrá ver "al electrón y otras partículas más pequeñas", esto último da cuenta de que se considera al principio de Incertidumbre como una imposibilidad instrumental y no como algo característico de la naturaleza.

Pero existen otras razones para recordar este principio o su denominación y, por lo menos se identificaron las siguientes:

1. Por el impacto que experimenta el estudiante frente a la "Incertidumbre" en medio de un contexto de ciencia determinista, racionalista y matemáticamente impecable como es la física que hasta ese momento ha estado aprendiendo.
2. Por la denominación singular, casi poética y academicista como es "Principio de Incertidumbre".
3. Por la relación, sencilla desde el punto de vista matemático, pero con implicaciones casi inaceptables desde el punto de vista físico, debido a que si se determina "la posición" es imposible conocer "la velocidad" y una relación semejante entre tiempo y energía.
4. Por que "jamás" se resolvió un problema sin seguir algún texto donde estuviera hecho.

En la entrevista con los indagados la primera y la segunda eran las razones más frecuentes para que este ítem fuese recordado.

La ecuación de onda de Schrödinger

De toda la muestra indagada formada por estudiantes, egresados e ingenieros con años de profesión, nadie pudo escribir la ecuación diferencial independiente del tiempo o sea, la más sencilla de las expresiones de la ecuación de onda.

Incluso, resulta singular, que un ayudante alumno de la cátedra Física IV olvidara un termino durante realización de la encuesta.

Algunos de las razones posibles a esta situación serian:

1. La ecuación de onda fue aprendida mecánicamente y no se incorporo a la estructura cognitiva del estudiante por que no se encontraron nexos, analogías, relaciones u otros.
2. Ocurre algo semejante con la función de onda ψ , la cual no es interpretada, no se entiende claramente su significado físico y resultaría menos conflictivo entenderla como una función matemática solamente.
3. El estudiante se pregunta si es la obra de un iluminado y hay que aceptarlo o existe otro camino para llegar a lo mismo.

Estas tres razones y otras producen un “ruido cognitivo” que el estudiante soluciona con el aprendizaje memorístico de estos temas. Por lo tanto, el olvido es una consecuencia irremediable.

El pozo de potencial

La presentación de este problema se puede describir de la siguiente forma: partículas con diferentes energía fluyen desde el infinito pasando por el pozo de potencial. ¿Cuál es la probabilidad de que algunas estén dentro del mismo?. Analice todos los casos posibles.

El problema desde *el modelo matemático* se resuelve siguiendo sucesivos pasos que permiten llegar al resultado matemático de la ecuación y se puede resumir en: 1) plantear la ecuación de onda para la región interior del pozo de potencial, 2) considerar la continuidad con las dos funciones de onda de las regiones fronteras. 3) ver cuales son las condiciones de contorno y 4) se resuelve la ecuación diferencial tratando de tener la menor cantidad posible de constantes a identificar. 5) Se repite este procedimiento para partículas con menor, mayor o igual energía potencial que el pozo.

Este seria el algoritmo de resolución de un experto y al cual el alumno debe aspirar alcanzar en semanas.

El problema desde la base empírica

No tiene semejanza con casi nada de lo que el alumno sabe de las asignaturas de física clásica, ni tampoco con los conceptos previos del estudiante. Quizás se puede intuir que las partículas tiene mas probabilidades de estar dentro del pozo pero nada más.

El problema desde el “método” de las ciencias naturales

Consta de los siguientes pasos:

- a) la observación y planteo del problema.
- b) Formulación de hipótesis.
- c) Diseño y ejecución de experimentos y
- d) Contratación de las hipótesis.

Buscar respuestas a estos puntos resultaría sumamente dificultoso y requiere un esfuerzo intelectual muy grande para el alumno.

El problema analizado desde el desarrollo de un problema de matemáticas

En la resolución de problemas se pueden citar los siguientes pasos:

- a) comprender el problema b) concebir un plan. c) ejecutar el plan y d) examinar la solución obtenida.

Todos estos puntos pueden ser aplicados a la resolución del problema del pozo de potencial y dan como resultado el algoritmo antes mencionado. Cuando se logra esto el problema se transforma en un ejercicio, es decir, se ha encontrado un mecanismo para arribar a la solución.

El problema desde la eficiencia y/o la eficacia

Si entendemos por eficiencia la posibilidad de lograr aprendizaje significativo o comprensivo de los temas, podemos asegurar que es muy probable que no se logre por que así lo indican los resultados de la encuesta del trabajo de Investigación

“Evolución de los Conceptos de Física Cuántica en estudiantes de Ingeniería”. (Troncoso, C. Daniele, E., 2000)

Sin embargo, consideramos que se logra la eficacia, entendiéndola como el uso cognitivamente económico en la resolución de problemas como se ha mencionado anteriormente.

CONCLUSIONES

Los conceptos de Mecánica Cuántica pertenecen ámbito de las ciencias naturales, pero estos se caracterizan por tener un gran nivel de abstracción, tratar entes teóricos con base empírica distante y

porque el soporte estructural a la teoría, se lo da la matemática y sus modelos que pertenecen al campo de las ciencias formales.

En el contexto de la enseñanza y el aprendizaje pareciera no existir elementos previos para relacionar estos nuevos conceptos a la estructura cognitiva del estudiante de ingeniería. Existen casos en los que el concepto es recuperado o recordado por distintas razones.

Como ejemplo de esto se trata “el principio de incertidumbre”, que se lo recuerda por que el nombre es “poético”, “académico”, distinto a la física clásica, etc.

La ecuación de onda de Schrödinger es útil, como la “guía de teléfonos” y como tal solo se debe saber donde encontrarla.

Por lo tanto, esta ecuación es el ítem mas olvidado por los alumnos como los detalles matemáticos.

Por estas razones, podemos inferir que la enseñanza que recibe el estudiante de ingeniería no le ayuda para la realización de un aprendizaje significativo o comprensivo de estos temas, es decir es poco probable que el estudiante sea eficiente en este campo.

Sin embargo es eficaz a la hora de resolver problemas, por que utiliza recursos de gran economía cognitiva como son los algoritmos de procedimientos sucesivos que mecanizan la solución de problemas reduciéndolos a ejercicios de refuerzo.

En síntesis se puede decir que es muy importante el porcentaje de estudiantes que realizan un aprendizaje mecánico o memorista como única solución posible a los requerimientos académicos y a las metas personales y profesionales.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso M. La dualidad onda-partícula: ¿Misterio o mito?. *Revista Española de Física*, V-8, nº 1, 1994, pp. 38-41.

Carretero, M. Castorina A. y otros 1998 Debates constructivistas (comp.) Aique. Buenos Aires
Furió Mas 1995 ¿Por qué la teoría es importante para la práctica en la educación científica? Aula de innovación educativa

Gil D., Senent F., Solbes J. Física moderna en la enseñanza secundaria: una propuesta fundamentada y unos resultados. *Revista Española de Física*, V-3, nº 1, 1989, pp. 53-58.

Hacking, I 1996 *Representar e intervenir* . México . Paidós

Lipman, M 1991 *Pensamiento complejo y educación* Madrid Ediciones de la Torre

Litwin, E. 1997 Enseñanza e innovaciones. Aula para el Nuevo Siglo El Ateneo

Rinaudo, C. Squillari, R. 1999 El aprendizaje en las aulas universitarias Comunicación

Solbes J., Bernabeu J., Navarro J., Vento V. Dificultades en la enseñanza/aprendizaje de la Física cuántica. *Revista Española de Física*, V-2, nº 1, 1988, pp. 22-27. Troncoso, C. E.; Daniele, E. G.; Canzonieri, S. H. - *Evolución de conceptos de Mecánica Cuántica en los estudiantes de Ingeniería* . II Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física. La Habana Cuba , 2000.