

# RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN-RAE

**TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de Grado

**ACCESO AL DOCUMENTO:** Universidad Pedagógica Nacional

**TÍTULO DEL DOCUMENTO:** ETAPAS NOCIONAL, CONCEPTUAL Y FORMAL EN LA COMPRENSIÓN DEL CONCEPTO DE ESTADO CUÁNTICO

**AUTOR:** PÉREZ RANGEL, Juan Alejandro

**ASESOR:** Orlando Organista Rodríguez

**PUBLICACIÓN:** Bogotá, 2010

**PALABRAS CLAVES:** Noción, Concepto, Categoría, Pensamiento, Comprensión, Conceptualización, Formalización, Descripción, Enseñanza, Estudiante, Estado, Estado Cuántico, Fenómeno Cuántico, Fotón.

**DESCRIPCIÓN:** Este documento es el resultado de una investigación teórica desarrollada en el escenario de la física educativa. Tiene tres componentes principales: Un modelo que caracteriza los procesos de comprensión de los estudiantes enfocado al estudio de la descripción de los fenómenos físicos. Un análisis conceptual de la idea de estado cuántico construido a partir de las diferencias identificadas entre el estado en la descripción de sistemas clásicos y sistemas cuánticos. Una caracterización de las descripciones de un grupo de estudiantes entorno a los resultados experimentales y el esquema de un experimento de fotones.

**FUENTES:** Las principales fuentes, bibliográficas abordadas para la elaboración este trabajo fueron:

[1] De Zubiria, M y De Zubiria, J. Biografía del Pensamiento. Colección Mesa Redonda. Editorial Magisterio. Bogotá. (1998).

[2] Omnés, R. Understandin Quatum Mechanics. Princeton University Press. (1999).

[3] Zollman, D. et al. . Quantum mechanics for everyone: Hands-on activities integrated with technology. Am. J. Phys.70 (3). (2002).

[4] Chandralekha, S. Student understanding of quantum mechanics. Am. J. Phys. 69(8) (2001).

[5] Hobson, A. Teaching Quantum Theory in the Introductory Course. Reprinted fromThe Physics Teacher April 1996, pp. 202-210.(1996).

[6] Fernandez, P et al. Evolución de las representaciones docentes en la física cuántica. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII congreso. (2005).

[7] Wittmann, C, Thompson, J. Integrated approaches in physics education: A graduate level course in physics, pedagogy, and education research. Am. J. Phys. 76 (7).(2008).

- [8] Greca, I. et al. Construyendo significados en mecánica Cuántica: fundamentación y resultados De una propuesta innovadora para su Introducción en el nivel universitario. Enseñanza de las ciencias 20 (2), 327-338. (2002).
- [9] Crouch, C.; Mazur, E. Peer Instruction: Ten years of experience and results. Am. J. Phys. 69 (9).(2001).
- [10] Carr, L; McKagan, S. Graduate quantum mechanics reform. Am. J. Phys. 77 (4). (2009)
- [11] Mora,c. y Herrera, D. Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 3, No. 1. (2009).
- [12] Sonntag, R. y Van Wylen, G. Introducción a la termodinámica clásica y estadística. Limusa Noriega Editores, México D.F. (1999).
- [13] J, P Holman. Termodinámica. McGraw Hill, 2ª Edición, Mexico, (1975).
- [14] Cohen-Tannoudji, C, Photons and atoms: Introduction to Quantum Electrodynamics.Wiley-Interscience. (1997)
- [15] Feynmann, R. Feynmann lectures. Addison-WesleyPublishing Company. Vol 1. (1977).
- [16] Scarani, V. y Suarez, A. Introducing quantum mechanics: One-particle interferences. Am. J. Phys. 66 (8) (1998).
- [17] Nielsen, N. y Chuang, I. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, (2000).
- [18] Newton, Roger. What is a State in Quantum Mechanics?. Am. J. phys. 72, (3) (2004).
- [19] Singh, Chandralekha. Student understanding of quantum mechanics at the beginning of graduate instruction, American Journal of Physics 76, 277-287 (2008).
- [20] Dirac, P. The Principles of Quantum Mechanics. Clarendon Press, 4a. Edición, Oxford, (1958).

**CONTENIDO:** En el capítulo uno se presenta el modelo de pensamiento propuesto por Julián y Miguel De Zubiría; para tal fin se ejemplifica cada uno de los estadios del proceso en diferentes ámbitos de experiencia. El modelo es propuesto por Julián y Miguel De Zubiría en el texto Biografía del Pensamiento [1], y establece que los procesos de formalización están fundamentados en procesos previos del pensamiento como son los procesos de construcción de nociones y los procesos de construcción de conceptos; esto se ilustra mediante ejemplos.

En el capítulo dos se hace una aproximación al ámbito de la enseñanza de la física cuántica tomando como insumos fundamentales dos cosas: por un lado, el modelo ya descrito orientado a los procesos de comprensión; por otro lado, la enseñanza-aprendizaje de la idea de estado cuántico, una idea trascendental para la física cuántica. Inicialmente se desarrolla el concepto de estado en el ámbito de la física clásica, definiendo la relación entre estado de un sistema y sus propiedades; luego en el ámbito de la física cuántica se

describe el estado de un experimento con electrones y un experimento con fotones de, esto con el fin de determinar cuáles son las nuevas elaboraciones conceptuales necesarias entre estado clásico y cuántico. Posteriormente se desarrollan analogías con las que es posible explicar las elaboraciones en mención. De lo anterior se resaltarán algunas de las nociones centrales con las cuales se considera que es posible construir el concepto de estado en mecánica cuántica.

En el capítulo tres, se presenta una aproximación a lo que sería la aplicación del modelo en mención (Cap. 1) en los procesos de comprensión de la idea de estado (Cap. 2) en el ámbito de la física y la descripción de los fenómenos cuánticos; ilustrado particularmente mediante el análisis, en términos de nociones, conceptos y categorías del esquema de un montaje experimental con fotones.

En el capítulo cuatro se caracteriza el proceso de comprensión desarrollado por estudiantes. Esto en términos de las descripciones nocionales, conceptuales y de implicación (categorías) que hacen entorno al concepto de estado cuántico en el análisis de un experimento con fotones.

## **METODOLOGÍA:**

A lo largo de la presente investigación se desarrollan principalmente dos aspectos. Por un lado, se trabaja con un enfoque pedagógico conceptual fundamentado principalmente en un modelo de pensamiento estructurado en nociones, conceptos y categorías [1]. Por otro lado, se tienen en consideración enfoques desde la perspectiva de las investigaciones en física educativa [3], [4], [5], [6], [7], en lo que tiene que ver con la enseñanza de la física, particularmente la física cuántica.

Lo anterior se desarrolla a lo largo de la investigación, haciendo finalmente una implementación enfocada a caracterizar los procesos de comprensión de los estudiantes en el análisis de un montaje experimental con fotones.

## **CONCLUSIONES**

1. Los hechos que se catalogan como errores conceptuales, malos entendidos, ideas previas, toda una serie de calificativos que pretenden expresar el hecho de que el estudiante no comprende, constituyen la etapa nocional del estudiante y está caracterizada por predicados singulares que hacen referencia a hechos concretos; de tal manera que la descripción nocional de un sistema físico se construye predicando de hechos experimentales, sin necesidad de atender a causas o consecuencias, simplemente se dice qué sucede en el experimento. Es el nivel más básico de comprensión que puede tener.

2. La conceptualización estaría determinada por: La posibilidad de establecer relaciones entre nociones, establecer un conjunto de proposiciones alrededor de un concepto que permitan predicar de dicho concepto. *Adicionalmente*, utilizar el concepto para predicar de un conjunto de hechos, en otras palabras *ejemplificar*. El hecho de *dar ejemplos* nociones en diferentes contextos, es decir, *generalizar* la noción para describir *más de un hecho, más de un fenómeno, más de un acto*. Así, frases como *también, la mayoría, en general, hay una tendencia, en promedio colectivamente, estadísticamente* entre otras, y todas las afirmaciones que impliquen relación de hechos, comparación o ejemplificación, **indican conceptualización**.

3. La etapa formal o categoría se caracteriza por la capacidad de deducir o inducir hechos a partir de hechos concretos. En otras palabras se establecen ras palabras se establecen relaciones de implicación y se da origen a una estructura lógica.

4. Desde el punto de vista clásico, la idea de estado es análoga a la idea de propiedad del sistema; a lo propio del sistema, a lo que es independiente del observador, a lo que cualquier observador podría predicar de la misma manera que otro observador. En este sentido una descripción del estado de un sistema se identifica, generalmente, con una descripción del sistema mismo. Entonces las teorías físicas clásicas predicen sobre las propiedades de un sistema. Y lo que requeriría una causa o una razón (lo extraño) es el cambio de estado. La evolución se entiende como cambios de estado que a su vez se reconoce entonces como un cambio en las propiedades observables del sistema.

5. La idea de estado de un sistema cuántico no se puede entender como la descripción de una(s) propiedad(es) del sistema porque no se necesitan las propiedades como tal; porque ese no es el aspecto que conforma el estado del sistema y el resultado en determinada medición no habla de esas propiedades porque no es la esencia del estado. En estos términos, la teoría cuántica es una teoría de comportamientos no de atributos.

6. A partir del análisis del comportamiento de los sistemas cuánticos se puede construir un discurso alrededor de la idea de estado cuántico implicado a partir del estado cuántico de sistemas específicos y concretos, por ejemplo, experimentos con fotones, en otras palabras, es posible construir un camino de comprensión de la idea de estado cuántico haciendo uso de dos cosas: 1) La característica fundamental que define el estado del sistema *su comportamiento*; 2) Una etapa nocional, una conceptual y una formal en la descripción del comportamiento del sistema estudiado.

7. En las expresiones usadas por los estudiantes para referirse a una situación física se encuentran elementos que evidencian un nivel de comprensión del sistema físico bajo estudio y que motivan al profesor a la generación de material didáctico para el desarrollo del pensamiento científico.