

EL EXPERIMENTO DE DOBLE RENDIJA DE YOUNG, UN PASO ENTRE LA FÍSICA CLÁSICA Y MODERNA

Sergio Andrés Espejo Rodríguez



COLEGIO
SAN JOSÉ

Monografía 2020 - 2021

El experimento de doble rendija de Young, un paso entre la física clásica y moderna

Sergio Andrés Espejo Rodríguez

Colegio San José

Duodécimo

Magda Esperanza Zarate Ospina

15 de marzo de 2021

Agradecimientos

Me gustaría empezar agradeciendo a Maria Alejandra Pieschacon, quien fue una de las personas que más me apoyó, guió y me iluminó brindando múltiples aportes que generaron un gran cambio en esta monografía. Por otra parte, también quiero agradecer a Magda Zarate, por ser la persona que me introdujo al tema y me hizo adquirir interés en cada lectura desarrollada, además de las múltiples correcciones, observaciones, libros, y entre otras cosas que me ayudaron a adquirir conocimiento. También agradecerle a Diana Paola Murillo, quien nos guió a muchos de nosotros a crear y finalizar el trabajo de la monografía de una manera exitosa, dándonos aportes con el fin de profundizar en cada aspecto de la construcción y planteamiento de este trabajo. También agradecer a mi familia, por escucharme y apoyarme siempre que lo necesité, y por creer en mí. A mis compañeros, que aunque no generaron un cambio directo, su aporte influyó en mí como persona. Por último, quiero agradecerle a Juan Jarramillo, Martha Moreno y Jair Granados y Alberto Hadad quienes me recibieron de manera calurosa desde que llegué, y por creer en mis capacidades, que lograron también explotar al máximo. Gracias por hacer del Colegio un lugar especial para mí; estoy seguro de que a futuro serán muchas más personas, orgullosas de salir de tan bonita familia.

Resumen

La presente investigación. Este tema tiene como objetivo comprobar la dualidad que un electrón tiene cuando se hacen pruebas cuánticas, como doble rendija, donde después de hacer distintas pruebas disparando electrones por unas ranuras, crean un patrón trazado por el impacto y la trayectoria del electrón, no obstante, cuando no se observan determinadamente, estos electrones adquieren un comportamiento fuera de lo habitual, comportándose como ellos quieren y siendo onda o partícula a la vez, creando una incertidumbre sobre el conocimiento que se tiene, lo que es relevante para investigar más a fondo. Mediante el contenido virtual proporcionado, se quiso dar la oportunidad al estudiante o a la persona que haga uso de esta, de conocer cada aspecto que la dualidad onda-partícula tiene, desde su definición, propósito, aplicación, y además brindar la oportunidad de dialogar y brindar apoyo.

Palabras clave: Dualidad, Partícula, Onda, Comportamiento, Electrones.

Abstract

This research refers to explaining and approaching concepts implicit in the wave-particle duality at the school level in order to expand and associate the knowledge of waves and introduce the community to concepts of quantum mechanics. This topic aims to verify the duality that an electron has when doing quantum tests, such as a double slit, where after doing different tests by shooting electrons through slits, they create a pattern traced by the impact and the trajectory of the electron, however, When they are not determinedly observed, these electrons acquire an unusual behavior, behaving as they want and being a wave or a particle at the same time, creating an uncertainty about the knowledge that one has, which is relevant to investigate further. Through the virtual content provided, we wanted to give the student or the person who makes use of it the opportunity to know each aspect that the wave-particle duality has, from its definition, purpose, application, and also provide the opportunity to dialogue and give support.

Keywords: Duality, Particle, Wave, Behavior, Electrons

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	3
Abstract	4
Índice	5
Introducción	6
Justificación	8
Objetivo	9
1.1 Objetivo general	10
1.2 Objetivos específicos	10
Planteamiento del problema	10
2.1 Pregunta problema	13
Marco teórico	13
3.1 Antecedentes	13
3.2 Teorías y conceptos.	16
3.2.1 La onda	16
3.2.2 Onda electromagnética	17
3.2.3 Teoría de la luz	17
3.2.4 Principio de incertidumbre de heisenberg	18
3.2.5 Dualidad onda-partícula	19
Marco metodológico	20
Análisis de resultados	21
Conclusiones	26
7. Referencias	27
8. Anexos	28
Anexo #1:	28
Anexo #2:	30
Anexo #3:	30

Introducción

La presente investigación se refiere a aproximar conocimientos de la dualidad onda-partícula implícita en su naturaleza en términos escolares, a partir del concepto inicial de Max Planck en 1900 donde afirma que la luz viaja en paquetes de energía "Cuantos" y la respuesta contundente de Albert Einstein, donde afirma que la luz no es solamente onda y que es también partícula, dando apertura a un concepto de dualidad. Después el físico Louis de Broglie, en 1924, agrega que así como la luz puede ser onda y partícula el electrón también puede adquirir este comportamiento.

Estos planteamientos, invitan a , a la creación de un experimento con el fin de comprobar esta dualidad onda-partícula, donde se realizaron tres pruebas con rendijas y después de que los resultados dieran lo mismo, en la tercera prueba el resultado muestra un patrón de interferencia (Fenómeno ondulatorio de la Física clásica), conllevando estas pruebas a hablar de incertidumbre. El principio de incertidumbre de Heisenberg, ya que luego de ver este resultado distinto, observan detalladamente la prueba tres y cuando es observada la prueba si da el patrón original, concluyendo que cuando están siendo observadas se comportan como se espera, pero cuando no, adquieren distintos aspectos y comportamientos. Esta aleatoriedad de comportamientos, tienen consistencia a través del principio de incertidumbre de Heisenberg, el cual permite entender, que como cada partícula tiene asociada una onda, esto implica una restricción para determinar, al mismo tiempo, su posición y velocidad.

El interés generado por este tema es sobre esa “magia” la cual hace que un electrón se comporte como partícula u onda. Si hablamos de que una cosa, por ejemplo una hoja, cumple la función exacta de ser una hoja, con sus cualidades y propiedad y si se comprueba su comportamiento, sabemos que va seguir siendo una hoja, no obstante si hablamos de un electrón, y ponemos a prueba su comportamiento este, puede llegar a actuar igual o distinto aleatoriamente, creando una incertidumbre la cual motiva a muchas personas o físicos de descubrir por qué se da este fenómeno, reconocido como dualidad, lo cual quiere decir que no es onda ni partícula, es onda-partícula.

La metodología que se usó en este trabajo fue mediante la comprensión y descripción serie de pruebas realizadas en el campo de la Física, particularmente el experimento de la doble rendija en el cual se comprueban el fenómeno de dualidad onda-partícula, donde se concluyó que un electrón se comporta como partícula y a su vez como onda, creando patrones de interferencia, los cuales se daban de manera aleatoria y cuando se supervisaba se comportan de manera ordinaria, no aleatoria, siguiendo los parámetros establecidos, como un patrón preciso y no de interferencia. Después de comprobar los aspectos que tenía este experimento, ocurrió un suceso el cual es inexplicable, cuando se dejaron de observar los electrones de la investigación ellos empezaron a comportarse de diferente forma, generando el gran misterio sobre el experimento de dualidad onda-partícula.

Justificación

La dualidad onda-partícula es un conocimiento que alteró y dejó sin explicación muchas cosas que conocíamos sobre la física clásica dando paso a la Física moderna, desde que el electrón adquiere un comportamiento aleatorio entre onda y partícula, buscando una verdadera explicación sobre su naturaleza de dualidad.

Dado lo anterior expuesto, esta monografía tiene como propósito, exponer y aproximar conceptos de la dualidad onda-partícula, a niveles escolares, diseñando un producto concreto que pueda ser usado en el programa del último año de Física en el colegio San José, para que los estudiantes, además de conocer las ondas desde el punto de vista clásico como lo garantiza el programa actual, puedan también aproximarse a la luz en términos de su dualidad .

El interés de esta monografía es explicar las cualidades únicas de este experimento, y el propósito de hacer la invitación para tener más conocimiento en todo lo que deriva de ello, puesto que es un fenómeno que todavía no se ha comprobado, y se puede usar para futuros trabajos o investigaciones.

Dicho lo anterior, esta monografía sirve como recopilación de información, dado que busca investigar los diferentes experimentos, investigaciones y hechos, sobre la dualidad onda-partícula. Por otra parte también tiene como objetivo el aprendizaje y los aspectos que este tema tiene en la física clásica y la física moderna, debido al gran aporte que obtuvo para definir la onda, y su naturaleza, combinada con la doble naturaleza que aleatoriamente puede tener.

1. Objetivo

1.1 Objetivo general

Aproximar conocimientos de la dualidad onda-partícula implícita en su naturaleza a términos escolares, mediante las bases del experimento de doble rendija de Young y todos los conocimientos que este experimento puede generar.

1.2 Objetivos específicos

- Describir la dualidad onda partícula para comprender dicho fenómeno desde la física cuántica.
- Diseñar un producto concreto que pueda ser usado en el programa del último año de Física en el colegio San José, para que los estudiantes de 12, además de conocer las ondas desde el punto de vista clásico como lo garantiza el programa actual, puedan también aproximarse a la luz en términos de su dualidad.
- Crear un contenido digital en relación con el tema trabajado, con el fin de uso y aplicación educativo.

2. Planteamiento del problema

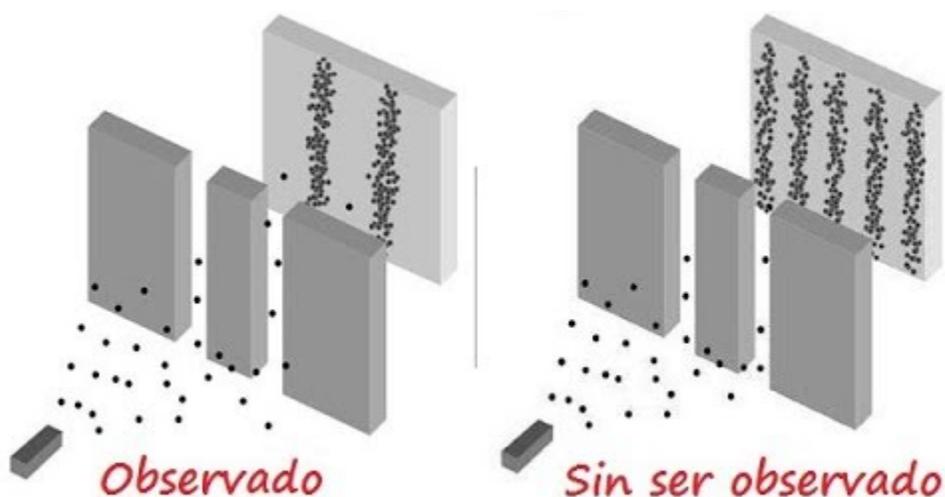
En 1905, Albert Einstein, afirmó que la luz no era solo un aspecto natural, sino que también era contraintuitiva, creando una incertidumbre sobre la realidad. Este fundamento fue el que generó la creación de la mecánica cuántica, la cual es una rama que ayudó a estudiar la naturaleza a escala atómica y subatómica. Partiendo de esto, muchos físicos afirmaban que las ondas y las partículas eran distintas al punto de seguir ellas mismas sus propias reglas matemáticas, no obstante, hasta el siglo “XX” se creó un consenso científico donde definieron que la luz era una onda, y el electrón una partícula, generando un cambio total a la primera base sobre la dualidad onda-partícula, donde se planteaba que la luz, no podía ser solo onda, si no que en algunas ocasiones también podía comportarse como partícula de manera aleatoria, siendo la luz una dualidad onda-partícula, concepto definido por Einstein, basándose en las ideas del físico Max Planck. Después en 1928 el físico Louis de Broglie, planteó que si la luz era una onda, y en ciertas ocasiones era una partícula, entonces un electrón que es un tipo de partícula también podía seguir el mismo cambio aleatorio de la luz, cumpliendo con esa dualidad.

El experimento de doble rendija de Young, buscó comprobar el comportamiento de un electrón pasando por tres etapas, en la primera, se usa una rendija donde se disparan electrones de manera aleatoria creando un patrón de interferencia (el cual es un fenómeno ondulatorio). En la segunda etapa se ponen dos rendijas, donde se tapa una rendija mientras por la otra se disparan aleatoriamente electrones, intercalando el estar tapadas, es decir no es una sola la que se tapa, si no ambas pero mientras que en la otra se estén generando los disparos, aquí generan un patrón

(de marcas puntuales) debido a los puntos de los disparos. En la tercera etapa se destapan las dos rendijas y se disparan los electrones de manera aleatoria, donde se crea un patrón de interferencia, por otra parte, si se vuelve a repetir esta tercera etapa y es visualizado cuánticamente, los átomos adquieren el patrón original de la etapa dos (marcas de partículas), concluyendo el principio de incertidumbre de “Heisenberg”, y demostrando que estos átomos sin supervisión actúan aleatoriamente como partículas y ondas a la vez. La creación de la “doble naturaleza” se deduce a partir de los comportamientos de estos electrones.

En este escrito se describirán y analizarán los resultados obtenidos del experimento de doble rendija de Young, en pro de aproximarse a la comprensión de la dualidad onda-partícula que es un legado de grandes Físicos, como Planck, Einstein y D’Broglie, por medio del experimento de “doble rendija de Young” para así generar que la comunidad estudiantil de grado 12 del colegio San José comprenda las definiciones fundamentales de la luz, como una dualidad onda-partícula con el propósito de aportar a brindar una visión completa del concepto de la luz, desde una perspectiva clásica y moderna de la física en el ámbito escolar.

Imagen 1:



Nota: Imagen de los resultados del experimento de doble rendija de Young cuando está siendo observado y cuando no está siendo observado. Imagen extraída de “Maria Conde. (S,F). ¿alguien ha visto un lindo gatito?. [Dioses de la Realidad: ¿ALGUIEN HA VISTO UN LINDO GATITO?](#)”

2.1 Pregunta problema

¿Se puede aproximar la naturaleza dual de la luz en un ámbito escolar, a través de la caracterización del experimento de doble rendija de Young?

3. Marco teórico

3.1 Antecedentes

En el documento de UMC (Oficina de medición de la cantidad de los aprendizajes), habla de todos los aspectos técnicos que tiene el experimento de doble rendija de Young, donde se habla que tiene una relación con la luz y los trabajos de Newton (considerado como el padre de la física moderna). Este tema en específico fue destacado en múltiples siglos debido a que el descubrimiento de este tema, amplió cualquier conocimiento físico en el mundo, por ejemplo, los colores que tienen las plumas de los pavos reales tienen una similitud con los múltiples descubrimientos de la física moderna de Young. Este artículo ayudó a ampliar el conocimiento del tema, ya que se habló del origen de este experimento, como hacerlo, y la importancia que tiene este tema. Cuando se habla del origen de este experimento se causó principalmente mediante una pregunta sobre las bases que tiene la luz, si tenía una naturaleza corpuscular o se basaba en ondas. Si reflexionamos sobre este experimento podemos concluir que ayudó a entender y reconocer la importancia sobre la naturaleza de la luz, generando una incertidumbre en las bases de cualquier método de la física moderna, ya que siempre vamos a experimentar con múltiples objetos, pero no conocemos realmente el origen de ellos.

En el documento de la Academia de investigación y ciencia, brinda una gran ayuda sobre el desarrollo de un experimento como la doble rendija de Young, ya que este tema es la “llave que abre la puerta de los secretos de la cuántica”. Entre los distintos temas que nos brinda la física moderna, este es el origen que nos demuestra que si existe algo fuera de lo “común” y que

ese algo puede que nunca lo entendamos o sea una pequeña parte de algo mucho más grande, traspasando cualquier ley y comportamiento de los aspectos cotidianos de la física. El documento habla de desarrollar un experimento similar al que está planteado, debido a que existen muchos aspectos y materiales imposibles de conseguir (como por ejemplo una pistola de iones). Los materiales que se deben conseguir para desarrollar el experimento similar al original son; una pared con dos rendijas, una pantalla la cual nos va a servir como detector, cualquier dispositivo que lance canicas, y por último, cualquier sistema que genere ondas, para poder estudiar el comportamiento de ondas y partículas en este sistema de doble rendija.

Para llegar a la causa del por qué se debe el estudio de este tema nace desde la parte de las tres leyes de movimientos en principios matemáticos de filosofía natural, donde establece que, en la primera ley, si no existe una fuerza que actúa sobre el objeto, no puede cambiar su movimiento. En la segunda ley afirma que si existe una fuerza entre medio, el objeto adquiere aceleración cambiando su velocidad y la dirección del movimiento dependiendo la magnitud de la fuerza aplicada y la masa del objeto, y en la tercer ley afirma que si un objeto ejerce una fuerza sobre otro, el segundo objeto obtendrá la misma fuerza con la que el primer objeto la ejerce, pero en el sentido contrario. Estas tres leyes generaron muchas pruebas y investigaciones hasta el nacimiento de la teoría del electromagnetismo (creada por James Clerk Maxwell), donde afirmó que la luz es una forma de radiación electromagnética, donde la luz adquiere una velocidad fuera de lo absoluto, donde se refiere a que siempre viajará a la misma velocidad a pesar de las condiciones. Esta teoría puso a duda los cimientos de la física y se concluyó que la velocidad de la luz a pesar de que sea absoluta, tenga una distancia específica dependiendo del ambiente y el tiempo, esta velocidad es relativa a las variables a las que se determinan , después de investigar a fondo estas causas de la teoría planteada, la nueva definición y variables de

cambio frente a la luz. Albert Einstein planteó las teorías de la relatividad especial y la relatividad general, donde abarca los temas de los extraños efectos que tiene relatividad, dando una base para el uso de la mecánica cuántica, la cual también usó partes de la mecánica newtoniana para su desarrollo y múltiples campos de aplicación.

3.2 Teorías y conceptos.

3.2.1 La onda

La onda es uno de los conceptos más importantes y básicos dentro de la física. Todas las ondas contienen una cantidad de energía la cual viaja a través de estas, “Se transmite una propiedad de un lugar a otro por medio de un medio, pero el medio en sí mismo no se transporta” (A.P French, 1974, p. 227), esta onda puede tener un cambio lo que puede generar un efecto, el cual es causado por el tiempo, las propiedades del medio, la velocidad, entre otras. Por ejemplo, todos los medios materiales, líquidos, gases y sólidos pueden transportar energía e información mediante las ondas. Aunque las olas que se forman en el agua son las ondas más conocidas, también son las más complicadas de entender y explicar. Entre estas ondas, se habla de un fenómeno ondulatorio importante dentro de la mecánica clásica, los cuales se forman normalmente por la naturaleza, y normalmente son ondas inmateriales.

Los fenómenos ondulatorios más conocidos son; Difracción, interferencia, reflexión, refracción y onda de choque. La difracción es un fenómeno por el que una onda se divide o reproduce al entrar o atravesar una rendija o un orificio. La interferencia se origina cuando dos

ondas se combinan o se interceptan al encontrarse en el mismo camino o punto, esta puede ser constructiva (si va hacia la izquierda) o destructiva (si va hacia la derecha). La reflexión, es el cambio de dirección de una onda o de un rayo, el cual ocurre normalmente en la superficie de separación entre dos medios. La refracción se genera cuando una onda cambia de dirección, entra a un “nuevo” ambiente y cambia su velocidad. Por último, la onda de choque se genera cuando varias ondas que viajan en un medio se superponen formando un cono.

3.2.2 Onda electromagnética

Las ondas electromagnéticas son ondas que no necesitan un medio material para esparcirse o propagarse, entre las ondas electromagnéticas están la luz visible, las ondas de la radio, la televisión y telefonía. Estas ondas viajan a velocidades muy altas las cuales pueden alcanzar los 300 000 km/s. Estas ondas cumplen con un tema específico el cual es que solo se propagan mediante una oscilación de campos eléctricos y magnéticos. Una de las características más importantes de onda electromagnética es que los campos que ellas mismas producen por las cargas de movimiento, pueden abandonar las fuentes y viajar a través del espacio creando puente y a la vez recreándose mutuamente (Lo cual está explicado en la tercera y cuarta ley de Maxwell).

3.2.3 Teoría de la luz

De los términos más antiguos de la física es la ciencia de la luz, la cual se genera a partir de la explicación de ese fenómeno de la visión, afirmando que la luz es de las más antiguas ciencias de la naturaleza en la física y están divididas en dos ramas (definidas por Isaac Newton y Cristian Huygens), las cuales son; la teoría ondulatoria y la teoría corpuscular. La teoría

corpúscular de la luz se debe gracias a Newton, el cual afirmó que la luz está compuesta por diminutas partículas materiales las cuales son emitidas a una gran velocidad en línea recta por cuerpos luminosos, la dirección que adquieren estas partículas se conoce como rayo luminoso, La teoría de Newton se basa en tres puntos, conocidos como; propagación rectilínea, reflexión y refracción.

La teoría ondulatoria se debe gracias a Huygens, la cual se basa en que la luz se propaga mediante ondas mecánicas emitidas por un foco luminoso. Esta luz para propagarse necesita un medio material de gran capacidad elástica, para que se propague con el vacío y adquiere el nombre de Éter. La energía luminosa no está concentrada en cada partícula (como en la teoría corpúscular), sino que está repartida en todo el frente de onda, este frente es perpendicular a las direcciones de propagación.

3.2.4 Principio de incertidumbre de heisenberg

El Principio de incertidumbre de Heisenberg fue planteado y enunciado en 1925, cuando gracias a sus trabajos e investigaciones se logró desarrollar la física atómica moderna. Se afirma que Heisenberg además de ser un científico reconocido, también contribuyó al avance de la filosofía, psicología y ciencias sociales con sus técnicas. No obstante el Principio de incertidumbre de Heisenberg se basa en la visualización de las partículas subatómicas, como es en el caso de dualidad onda-partícula, una partícula, y cual es el estado en el que esta partícula trabaja. Este principio nos ayuda a comprobar la exactitud aproximada de donde se encuentra y cómo es su movimiento, a pesar de que en algunos casos el fenómeno mismo impida ver cual es su forma de trabajo. Por otra parte también sirve como base de investigación para el mundo macroscópico y comprender lo que puede hacer en nuestra realidad.

3.2.5 Dualidad onda-partícula

La dualidad onda-partícula o dualidad onda corpúsculo es un fenómeno cuántico comprobado empíricamente, donde las partículas pueden adquirir distintos comportamientos, por ejemplo en diferentes pruebas con electrones pueden adquirir un comportamiento de onda o partículas. De acuerdo con la física clásica, la onda y la partícula tienen diferentes aspectos, pues una partícula tiene la masa y el espacio definida, mientras que una onda se esparce en el espacio definida por la velocidad y la masa, este fenómeno se determina como un concepto de la mecánica cuántica el cual no se obtienen diferencias entre ondas y partículas, pues se comportan como partículas u ondas a la vez.

4. Marco metodológico

La presente investigación tipo teórica, ya que al igual que la presente investigación, tiene como objetivo generar conocimiento del fenómeno de dualidad onda-partícula, mediante la recolección de datos. Por otro lado, es tipo explicativa debido a que se hicieron relaciones causa y efecto con el fin de hacer generalizaciones en realidades, para así verificar las teorías hechas previamente del tema.

El tipo de análisis en la monografía es de compilación e investigación de información, debido a que se extrae información del experimento de “doble rendija” y analiza ciertas variables dependiendo de los temas escogidos para exponer y aplicar.

La recolección de datos o de información en esta monografía se va a basar en la caracterización del experimento de doble rendija, su análisis e interpretación, así como la aproximación científica del fenómeno del experimento de la dualidad onda-partícula.

5. Análisis de resultados

Los resultados que conllevaron a la naturaleza dual de la luz y que nos permitieron aproximarnos a lo que hoy entendemos como dualidad onda-partícula, serán explicados a través de la caracterización y descripción del experimento de doble rendija de Young, su resultado en la Física clásica y su resultado en la Física cuántica.

La primera es una descripción detallada del experimento planteado, con el propósito de entender cuáles fueron los pasos para el desarrollo del experimento. La segunda parte, es demostrar y explicar los resultados que se pueden obtener desde la física clásica, donde se puede observar un patrón de interferencia. La tercera parte es el resultado de la física cuántica, donde se puede evidenciar la doble naturaleza que adquiere el electrón, siendo una partícula u onda. Por último, la cuarta parte, es donde se puede explicar desde el punto de vista de ambos resultados (desde la física cuántica y la física clásica).

Tabla 1:

Descripción y resultados del experimento.

Descripción del experimento	Resultado desde la física clásica	Resultado desde la física cuántica	Significado de ambos resultados (física clásica vs física cuántica)
El experimento de doble rendija de	El resultado desde la física	El resultado desde la física	conocido como “la paradoja

<p>Young, buscó comprobar el comportamiento de un electrón pasando por tres etapas, en la primera, se usa una rendija donde se disparan electrones de manera aleatoria creando un patrón de interferencia (el cual es un fenómeno ondulatorio). En la segunda etapa se ponen dos rendijas, donde se tapa una rendija mientras por la otra se disparan aleatoriamente electrones, intercalando el estar tapadas, eper mientras que en la otra se estén</p>	<p>clásica es que en el experimento el electrón se comporta como una onda, generando un patrón de interferencia, el cual está formado por líneas, donde aparece una línea, luego un espacio, luego una línea, y así.</p>	<p>cuántica parece mágico! Es decir, se comporta de manera aleatoria, debido a que el electrón decide comportarse como onda y partícula, aleatoriamente Confundiendo cualquier base que se tenía sobre la naturaleza de un electrón y dando paso a lo que hoy conocemos como “el principio incertidumbre de Heinsenberg.</p>	<p>del gato de Schrödinger”, esta paradoja consiste en un experimento con una caja, un martillo, un detector de electrones, un gas venenoso y un gato. Se mete el gato en una caja, donde arriba de la caja va a estar el frasco de veneno y el martillo, el detector de electrones también está dentro de la caja. El experimento consiste en que se dispara un electrón y si el detector de</p>
---	--	--	---

<p>generando los disparos, aquí generan un patrón (de marcas puntuales) debido a los puntos de los disparos.</p> <p>En la tercera etapa se destapan las dos rendijas y se disparan los electrones de manera aleatoria, donde se crea un patrón de interferencia, por otra parte, si se vuelve a repetir esta tercera etapa y es visualizado cuánticamente, los átomos adquieren el patrón original de la etapa dos (marcas de partículas), evidenciando el principio de</p>			<p>electrones logra captar la presencia del electrón, el martillo rompe el frasco con el veneno, pero si el detector no detecta la presencia de ningún electrón, el martillo no será activado.</p> <p>Concluyendo que el gato tiene un cincuenta por ciento de estar vivo y cincuenta por ciento de estar muerto, no obstante, solo se puede comprobar cuando uno observa el resultado, mientras</p>
---	--	--	--

<p>incertidumbre de “Heisenberg”, y demostrando que estos electrones sin supervisión actúan aleatoriamente como partículas y ondas a la vez. La evidencia de la “doble naturaleza” se deduce a partir de los comportamientos de estos electrones.</p>			<p>que cuando no se observa, el gato puede estar vivo o muerto y solo la naturaleza puede corroborar esto. Cuando abrimos la caja, forzamos a la naturaleza a tomar una decisión, concluyendo lo mismo de antes, las cosas de la naturaleza se comportan de manera aleatoria, pero cuando están siendo observadas toman decisiones acopladas al ambiente o la decisión que el sujeto quiere (se</p>
---	--	--	---

			puede obtener más información en el anexo número 1).
--	--	--	--

Nota: Descripción del experimento de doble rendija de Young, además de dar el resultado desde la física clásica y la física cuántica, y por último, juntar el resultado y dar la explicación desde ambos puntos.

6. Conclusiones

A partir de la caracterización del experimento de doble rendija de Young, y su análisis dentro de la perspectiva clásica y cuántica de la Física, se concluye que:

1. Un electrón no es ni onda ni partícula, es Onda-partícula, por lo cual se fundamenta a la luz dentro de la misma naturaleza dual, en términos de “Cuantos” o paquetes energéticos asociados a ondas. A partir de esto se puede evidenciar la dualidad de la luz, perspectiva de la Física moderna, que puede involucrarse en el tema de Ondas dentro del currículo de programa de Física del colegio San José, para que a partir de la caracterización, descripción y análisis de resultados desarrollados en la presente monografía, los estudiantes de último grado, puedan aproximarse conceptualmente este paso entre la física clásica y cuántica.

2. Se evidencio que la creación y diseño de un juego, como aproximación didáctica al tema, permitiendo un vínculo más llamativo entre estudiantes y la introducción del nuevo concepto (Esto fue llevado a cabo, con el juego que se diseñó a partir del interés durante el desarrollo de esta monografía y se empleo en aula en clase de Física con el curso 12B)

3. La creación de un blog con los resultados de la caracterización del experimento a lo largo de la presente investigación, evidenció ser una estrategia útil de aula (Esto fue llevado a cabo, con el juego que se diseñó a partir del interés durante el desarrollo de esta monografía y se empleo en aula en clase de Física con el curso 12B).

7. Referencias

- Astronomía. (S.F). La paradoja del gato de Schrödinger. Consultado el 6 de Marzo del 2021. La paradoja del gato de Schrödinger. ¿Vivo o muerto? (astromia.com).
- Alvarado. (2018). For Dummies: la paradoja del gato de Schrödinger. Consultado el 7 de Marzo del 2021. La paradoja del gato de Schrödinger for dummies - Ciencia (culturacolectiva.com).
- Grupo akal. (2019). Mecánica cuántica. La dualidad onda-partícula. Consultado el 3 del 2021 Mecánica cuántica. La dualidad onda-partícula | (nocierreslojos.com).
- Lamentemaravillosa. (2018). El principio de incertidumbre de Heisenberg. Consultado el 4 de Marzo. El principio de incertidumbre de Heisenberg (lamenteesmaravillosa.com).
- País. (2020). Física cuántica: qué es la dualidad partícula-onda de la luz y cómo su descubrimiento revolucionó la ciencia. Consultado el 3 de Marzo del 2021. Física cuántica: qué es la dualidad partícula-onda de la luz y cómo su descubrimiento revolucionó la ciencia - BBC News Mundo.
- Villatori. (2008). Dualidad onda-partícula (o el electrón como onda en el espacio de momentos). Consultado el 1 de Marzo del 2021. Dualidad onda-partícula (o el electrón como onda en el espacio de momentos) - La Ciencia de la Mula Francis (naukas.com).

8. Anexos

Anexo #1:

La paradoja del gato de Schrödinger

El gato de Schrödinger es la paradoja más popular de la física cuántica. Tiene distintas variantes; aquí exponemos la más sencilla. La propuso el premio nobel austriaco Erwin Schrödinger en 1935.

Es un experimento mental que muestra lo desconcertante del mundo cuántico. Imaginemos un gato dentro de una caja completamente opaca. En su interior se instala un mecanismo que une un detector de electrones a un martillo. Y, justo debajo del martillo, un frasco de cristal con una dosis de veneno letal para el gato. Si el detector capta un electrón activará el mecanismo, haciendo que el martillo caiga y rompa el frasco.

Se dispara un electrón. Por lógica, pueden suceder dos cosas. Puede que el detector capte el electrón y active el mecanismo. En ese caso, el martillo cae, rompe el frasco y el veneno se expande por el interior de la caja. El gato lo inhala y muere. Al abrir la caja, encontraremos al gato muerto. O puede que el electrón tome otro camino y el detector no lo capte, con lo que el mecanismo nunca se activará, el frasco no se romperá, y el gato seguirá vivo. En este caso, al abrir la caja el gato aparecerá sano y salvo.

Hasta aquí todo es lógico. Al finalizar el experimento veremos al gato vivo o muerto. Y hay un 50% de probabilidades de que suceda una cosa o la otra. Pero la cuántica desafía nuestro sentido común.

El electrón es al mismo tiempo onda y partícula. Para entenderlo, sale disparado como una bala, pero también, y al mismo tiempo, como una ola o como las ondas que se forman en un charco cuando tiramos una piedra. Es decir, toma distintos caminos a la vez. Y además no se excluyen, sino que se superponen, como se superpondrán las ondas de agua en el charco. De modo que toma el camino del detector y, al mismo tiempo, el contrario.

El electrón será detectado y el gato morirá. Y, al mismo tiempo, no será detectado y el gato seguirá vivo. A escala atómica, ambas probabilidades se cumplen de forma simultánea. En el mundo cuántico, el gato acaba vivo y muerto a la vez, y ambos estados son igual de reales. Pero, al abrir la caja, nosotros sólo lo vemos vivo o muerto.

¿Qué ha ocurrido? Si ambas posibilidades se cumplen y son reales, ¿por qué sólo vemos una? La explicación es que el experimento aplica las leyes cuánticas, pero el gato no es un sistema cuántico. La cuántica actúa a escala subatómica y sólo bajo determinadas condiciones. Sólo es válida en partículas aisladas. Cualquier interacción con el entorno hace que las leyes cuánticas dejen de aplicarse.

Muchas partículas juntas interactúan entre sí, por eso la cuántica no vale en el mundo de lo grande, como el gato. Tampoco cuando hay calor, pues el calor es el movimiento de los átomos interactuando. Y el gato es materia caliente. Pero lo más sorprendente es que incluso nosotros, al abrir la caja y observar el resultado del experimento, interactuamos y lo contaminamos.

Así es. Una curiosa característica de la cuántica es que el mero hecho de observar contamina el experimento y define una realidad frente a las demás. Einstein expresaba así su desconcierto: "¿quiere esto decir que la Luna no está ahí cuando nadie la mira?"

Conclusión: cuando el sistema cuántico se rompe, la realidad se define por una de las opciones. Sólo veremos al gato vivo o muerto, nunca ambas. Este proceso de tránsito de la realidad cuántica a nuestra realidad clásica se llama *decoherencia*, y es la responsable de que veamos el mundo tal y como lo conocemos. Es decir, una única realidad. (“información extraída y copiada de Astronomía. (S,F). Pg 1. La paradoja del gato de Schrödinger.”).

Anexo #2:

Página web (Blog), donde se usará para fines escolares o medio de aprendizaje.

link:

<https://blogdedualidadonda-particula.blogspot.com/2021/03/dualidad-onda-particula.html>

Anexo #3:

Creación y diseño de un juego, como aproximación didáctica al tema, permitiendo un vínculo más llamativo entre estudiantes y la introducción del nuevo concepto

Link:

<https://view.genial.ly/604b6b4f2ef5990d20742f87/interactive-content-dualidad-sergio-es-pejo>



COLEGIO
SAN JOSÉ

MONOGRAFÍA 2020 - 2021

www.sanjose.edu.co

Calle 8 Sur # 16c - 35, sector El Bebedero, Cajicá