

# Dualidad onda-partícula

Ciencias Naturales | Física

## Descripción del Curso

Este curso de Física moderna propone un aprendizaje activo enfocado en la exploración conceptual y la aplicación práctica de fenómenos cuánticos. A lo largo de las unidades, los estudiantes investigan principios fundamentales, desarrollan habilidades de diseño pedagógico y fortalecen su capacidad para comunicar ideas científicas de forma clara y rigurosa. La Unidad 6, específicamente, se centra en el diseño de un recurso didáctico o una simulación que ilustre la dualidad onda-partícula y en la producción de una explicación breve sobre lo observado y su significado para la comprensión de la materia y la luz. El curso fomenta el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la capacidad de transferir conocimientos a contextos reales y tecnológicos, utilizando herramientas digitales y enfoques colaborativos. Los contenidos se abordan mediante actividades prácticas, simulaciones, debates y presentaciones, con evaluación continua basada en rúbricas que valoran la comprensión conceptual, la creatividad pedagógica y la claridad comunicativa. Aunque está orientado a estudiantes a partir de 17 años, la propuesta educativa se adapta a distintos estilos de aprendizaje y contextos escolares, promoviendo un aprendizaje significativo y contextualizado en la física moderna y sus aplicaciones tecnológicas.

## Competencias

- Comprender y aplicar la dualidad onda-partícula en contextos físicos y tecnológicos, interpretando experimentos y resultados de manera crítica. - Diseñar, planificar y ejecutar recursos didácticos o simulaciones que ilustren conceptos cuánticos y faciliten la comprensión de la materia y la luz. - Redactar explicaciones claras y concisas de observaciones experimentales o simuladas, y contextualizarlas en marcos teóricos cuánticos. - Analizar datos y observaciones, distinguir entre observaciones y conclusiones, y comunicar hallazgos de forma coherente. - Usar herramientas digitales y simulaciones para modelar fenómenos físicos y apoyar la toma de decisiones pedagógicas. - Trabajar en equipo, gestionar proyectos y presentar resultados de manera organizada y persuasiva. - Desarrollar pensamiento crítico, razonamiento científico y habilidades de resolución de problemas en situaciones reales. - Aplicar principios de ética, seguridad y responsabilidad en la investigación y la didáctica de la física.

## Requerimientos

- Edad mínima 17 años y disposición para participar en actividades colaborativas y de aprendizaje activo. - Acceso a una computadora o dispositivo con conexión a Internet y un navegador actualizado. - Cuenta en la plataforma educativa de la institución y entrega de trabajos en formato digital. - Disponibilidad para utilizar herramientas de simulación (p. ej., plataformas de simulación educativa) o instalación de software recomendado por la escuela. - Conocimientos básicos de física clásica y matemática (álgebra y trigonometría) y lectura en español. - Habilidad para trabajar en equipo, gestionar tiempos y cumplir con entregas puntuales. - Capacidad para redactar breves informes y presentar ideas de forma oral y escrita. - Compromiso con normas de seguridad y ética en prácticas docentes y

experimentales.

## Unidades del Curso

### Unidad 1: UNIDAD 1: Introducción a la dualidad onda-partícula y su marco histórico

#### Objetivos de Aprendizaje

- Reconocer ejemplos históricos de interferencia y de efectos corpusculares en la luz y la materia.
- Explicar por qué una única entidad física (luz o materia) puede exhibir rasgos de onda y de partícula según el contexto experimental.
- Situar temporalmente los hitos fundamentales (interferencia de Young, efecto fotoeléctrico, difracción de electrones) y su interpretación inicial.

#### Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Interferencia y difracción como evidencia de comportamiento ondulatorio. Descripción breve: conceptos de superposición, franjas de interferencia y condiciones de observación.
2. **Tema 2:** Evidencias de comportamiento corpuscular. Descripción breve: efecto fotoeléctrico y conceptos de cuanto de acción y fotón.
3. **Tema 3:** Contexto histórico y debates clave. Descripción breve: la lucha entre visiones de onda y partícula y la necesidad de una interpretación cuántica.

#### Actividades

- **Actividad 1: Lluvia de ideas sobre ondas y partículas** – Los estudiantes reúnen ideas previas sobre luz y materia, identifican ejemplos que parecen contradecir las intuiciones clásicas y discuten por qué nacen las preguntas sobre dualidad y medición.
- **Actividad 2: Mini-investigación histórica** – En equipos, investigan brevemente a Young, Einstein, de Broglie y Davisson-Germer, y presentan un esquema de cómo cada evidencia aportó a la idea de dualidad.
- **Actividad 3: Debate guiado** – Se debate si la dualidad podría ser una limitación de la teoría clásica o una característica fundamental de la naturaleza, con ejemplos de evidencia experimental.

#### Evaluación

Se evalúa la comprensión de: (a) reconocer experiencias que muestran comportamiento ondulatorio y corpuscular, (b) justificar por qué esas evidencias respaldan la dualidad, y (c) situar históricamente los hitos. Métodos: participación en debates, exposición de la actividad histórica y respuestas cortas de autoevaluación.

### Unidad 2: UNIDAD 2: Concepto y marco histórico de la dualidad onda-partícula

#### Objetivos de Aprendizaje

- Definir qué entendemos por dualidad y por qué es necesaria para describir la luz y la materia a nivel cuántico.
- Identificar al menos dos evidencias experimentales y describir su interpretación en términos de dualidad.
- Contextualizar momentos históricos clave y las conclusiones que impulsaron el desarrollo de la mecánica cuántica.

## Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Definición de dualidad y alcance conceptual. Descripción breve: qué significan onda y partícula en cuántica y por qué conviene hablar de dualidad.
2. **Tema 2:** Evidencias experimentales clave. Descripción breve: interferencia (onda) y efecto fotoeléctrico (partícula) como hitos.
3. **Tema 3:** Contexto histórico. Descripción breve: evolución de ideas desde Newton/Huygens hasta Einstein y de Broglie.

## Actividades

- **Actividad 1: Lectura comentada** – Lectura guiada de textos sobre interferencia y fotoelectricidad, con preguntas de comprensión y reflexión sobre lo que cada evidencia implica para la naturaleza de la luz y la materia.
- **Actividad 2: Línea del tiempo interactiva** – Construcción de una línea del tiempo con hitos y responsables, explicando la contribución de cada evidencia a la idea de dualidad.
- **Actividad 3: Mapa de interpretaciones** – Comparación rápida de interpretaciones cuánticas frente a la física clásica para cada evidencia, destacando límites y preguntas abiertas.

## Evaluación

Se evaluará la capacidad para: (a) articular la dualidad con precisión, (b) describir dos evidencias y su interpretación, y (c) situar históricamente los hitos. Métodos: cuestionarios cortos, presentaciones y rúbrica de la línea del tiempo.

## Unidad 3: UNIDAD 3: El experimento de la doble rendija y la superposición

### Objetivos de Aprendizaje

- Explicar qué es la superposición cuántica y cómo se manifiesta en el patrón de interferencia de la doble rendija.
- Comparar resultados de doble rendija con fotones y con electrones para entender la universalidad de la dualidad.
- Relacionar la observación de interferencia con el concepto de estado cuántico y probabilidad.

## Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Doble rendija con fotones. Descripción breve: aparición de franjas de interferencia y su interpretación cuántica.
2. **Tema 2:** Doble rendija con electrones. Descripción breve: evidencia de que entidades puntuales pueden generar interferencia.

3. **Tema 3:** Superposición y estados cuánticos. Descripción breve: cómo la amplitud de probabilidad describe resultados y patrones.

## Actividades

- **Actividad 1: Simulación de la doble rendija** – Usar una simulación para observar cómo cambia el patrón de interferencia al variar la coherencia, la intensidad y las condiciones de detección, con discusión de superposición.
- **Actividad 2: Experimento mental** – Analizar escenarios hipotéticos (qué ocurre si medimos la trayectoria, o si introducimos detectores en las rendijas) y explicar la pérdida de interferencia.
- **Actividad 3: Análisis de datos de interferencia** – Interpretar gráficos de franjas, describir qué dicen sobre la naturaleza de la materia y la luz.

## Evaluación

Se evalúa la capacidad de explicar la superposición, interpretar resultados de la doble rendija y relacionarlos con la dualidad. Métodos: ejercicios de interpretación, informe corto de simulación y explicación escrita del experimento.

## Unidad 4: UNIDAD 4: Principio de complementariedad de Bohr

### Objetivos de Aprendizaje

- Explicar qué significa medir una propiedad cuántica y cómo la medición afecta el estado del sistema.
- Justificar, con ejemplos, por qué la complementariedad impide una descripción única con ambos rasgos en el mismo contexto.
- Relacionar el concepto de interferencia con la imposibilidad de obtener simultáneamente información de camino y de fase en ciertos experimentos.

### Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Complementariedad y medición cuántica. Descripción breve: relación entre observables y perturbación de un sistema cuántico.
2. **Tema 2:** Configuración de experimentos y límites. Descripción breve: por qué ciertas mediciones impiden observar simultáneamente rasgos ondulatorios y corpusculares.
3. **Tema 3:** Implicaciones epistemológicas. Descripción breve: qué nos dice la complementariedad sobre la naturaleza de la realidad cuántica.

## Actividades

- **Actividad 1: Análisis de experimentos con límites de medición** – Estudiantes analizan dos escenarios de medición y discuten qué rasgos se pueden observar y cuáles se deben dejar de lado para preservar la coherencia cuántica.

- **Actividad 2: Puesta en escena de mediciones** – En simulación, se realizan mediciones que revelan/o no revelan patrones de interferencia y se discute el efecto de la observación en el sistema.
- **Actividad 3: Esquema de argumentos** – Construcción de argumentos que expliquen por qué no se puede obtener una imagen completa con propiedades ondulatorias y corpusculares al mismo tiempo.

## Evaluación

Se evalúa la comprensión de la idea de complementariedad y la capacidad de justificar la imposibilidad de observar simultáneamente ciertos rasgos. Métodos: problemas conceptuales y explicación escrita de un escenario experimental.

## Unidad 5: UNIDAD 5: Comparación entre predicciones cuánticas y la intuición clásica

### Objetivos de Aprendizaje

- Ilustrar diferencias entre probabilidades cuánticas y determinismo clásico.
- Identificar ejemplos donde la intuición clásica falla y la teoría cuántica aporta una explicación coherente.
- Discutir límites de la física clásica en fenómenos de interferencia y cuantización.

### Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Probabilidad cuántica vs determinismo clásico. Descripción breve: amplitudes de probabilidad y su interpretación.
2. **Tema 2:** Límites de la física clásica en la interpretación de la luz y la materia. Descripción breve: por qué la física clásica no alcanza a explicar interferencia y efectos cuánticos.
3. **Tema 3:** Experimentos que resaltan la diferencia entre los dos marcos. Descripción breve: casos ilustrativos y lecciones para el pensamiento físico.

### Actividades

- **Actividad 1: Resolución de problemas comparativos** – El alumnado resuelve problemas que requieren usar probabilidades cuánticas frente a enfoques clásicos y justifica las diferencias.
- **Actividad 2: Análisis de resultados experimentales** – Revisión de gráficos de interferencia y de espectros para discutir por qué la intuición clásica falla.
- **Actividad 3: Debate guiado** – Discusión sobre cuándo la física clásica puede ser adecuada y cuándo es necesario recurrir a la cuántica para explicar un fenómeno.

## Evaluación

Evaluación de la capacidad para identificar límites de la física clásica, justificar con argumentos cuánticos y usar ejemplos para ilustrar la diferencia entre predicciones clásicas y cuánticas. Métodos: ejercicios de comparación y ensayo corto de reflexión.

## Unidad 6: UNIDAD 6: Diseño de recurso didáctico o simulación para ilustrar la dualidad

### Objetivos de Aprendizaje

- Planificar una actividad o simulación que permita explorar la dualidad de forma interactiva.
- Describir de forma clara qué observa el recurso y qué interpreta a nivel cuántico.
- Promover habilidades de diseño pedagógico y comunicación científica entre los estudiantes.

### Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Opciones de recursos didácticos. Descripción breve: simuladores, experiencias simuladas, herramientas interactivas.
2. **Tema 2:** Elementos de diseño pedagógico. Descripción breve: objetivos, actividades, evaluación y recursos necesarios.
3. **Tema 3:** Redacción de explicación breve. Descripción breve: cómo comunicar conceptos cuánticos complejos de forma accesible.

### Actividades

- **Actividad 1: Propuesta de simulación** – En pequeños grupos, diseñan una simulación de interferencia o de ajuste de detectores que permita visualizar la dualidad de forma interactiva.
- **Actividad 2: Prototipo didáctico** – Construcción de un recurso didáctico práctico (mini experimento o simulación) y prueba con compañeros.
- **Actividad 3: Informe explicativo** – Redacción de una explicación breve y clara que describa qué se observa en el recurso y qué significa para la materia y la luz a nivel cuántico.

### Evaluación

Evaluar la creatividad, la claridad de la explicación y la capacidad de articular el aprendizaje logrado a través del recurso. Métodos: entrega de propuesta, presentación oral breve y un informe escrito.