



**ASIGNATURA:** PROBLEMAS ONTOLÓGICOS DE LA MECÁNICA CUÁNTICA

### INFORMACIÓN GENERAL DE LA ASIGNATURA

**MODALIDAD:** Virtual asincrónica  
**DOCENTE A CARGO:** Dr. Sebastián Fortin  
**CANTIDAD TOTAL DE HORAS:** Se estima una dedicación de 5 hs de trabajo semanal asincrónico

### FUNDAMENTOS DE LA ASIGNATURA

Se trata de un seminario optativo de 15 horas, organizado en cuatro clases.

La mecánica cuántica es una de las teorías más exitosas de la ciencia contemporánea: el alto poder predictivo junto con las múltiples aplicaciones tecnológicas, convierten a su formalismo en una poderosa herramienta de transformación de la realidad, presente en distintos ámbitos de nuestra vida cotidiana. Sin embargo, algunos aspectos de su formulación teórica han despertado numerosas perplejidades a la hora de elaborar interpretaciones: científicos y filósofos han discutido, desde el nacimiento mismo de la teoría, acerca de cómo debería ser una ontología apropiada para la mecánica cuántica. Algunos filósofos y científicos han llegado a afirmar que la teoría propone una re-evaluación de nuestras convicciones metafísicas más arraigadas, como la noción de objeto o identidad; otros que la teoría nos fuerza a aceptar una realidad rotundamente indeterminista, en directo contraste con la física clásica de Newton; otros, en cambio, que el formalismo de la teoría debe ser completado para alcanzar una descripción más acabada de la realidad fundamental. Sea como sea, es indudable que la mecánica cuántica plantea una serie de problemas ontológicos centrales que exigen una articulación conjunta entre la física y la filosofía.

El curso se propone abordar críticamente cuatro problemas ontológicos centrales en la interpretación de la mecánica cuántica derivados de su formalismo:

1. el problema de cómo interpretar físicamente los llamados “estados superpuestos”;
2. el “problema de la medición”;
3. el problema de una realidad no-local y cómo interpretar físicamente el fenómeno de entrelazamiento (*‘entanglement’*);
4. el problema de cómo interpretar las probabilidades cuánticas y la tensión entre indeterminismo-determinismo dentro de la teoría.

### OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

Que el alumno logre:

- Analizar las discusiones científicas contemporáneas sobre fundamentos de mecánica cuántica.
- Reflexionar filosóficamente a través de algunos de los problemas ontológicos centrales planteados por la mecánica cuántica.
- Analizar qué es un estado superpuesto de acuerdo al formalismo de la mecánica cuántica y algunas de sus interpretaciones.
- Caracterizar el problema de la medición y algunas de las propuestas que se ofrecen como solución.
- Conceptualizar el fenómeno del entrelazamiento en la mecánica cuántica en relación con el problema de la localidad vs. no localidad.
- Entender el uso y la relevancia de la probabilidad en la mecánica cuántica y algunos de los problemas ontológicos que se derivan de ella, en particular, si la probabilidad cuántica implica una realidad intrínsecamente indeterminista.

## ORGANIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS

### 1. ¿Qué es un estado superpuesto?

- Superposición de estados cuánticos
- La noción de coherencia cuántica

### 2. El problema de la medición

- El problema de la medición
- El postulado del colapso
- Respuestas alternativas: ramificación de mundos, colapso espontáneo o decoherencia.

### 3. Entrelazamiento cuántico y el problema de una realidad no-local

- Experimento EPR-Bohm
- Entrelazamiento y no-localidad
- Holismo

### 4. Probabilidad e indeterminismo en mecánica cuántica

- Probabilidad en mecánica cuántica y la Regla de Born
- ¿Probabilidad epistémica u ontológica?
- Determinismo e indeterminismo en mecánica cuántica.

Bibliografía obligatoria:

- Albert, D. 1992. "Nonlocality". En *Quantum Mechanics and Experience*, pp. 61-72. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Albert, D. 1992. "Superposition". En *Quantum Mechanics and Experience*, pp. 1-16. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Albert, D. 1992. "The Measurement Problem". En *Quantum Mechanics and Experience*, pp. 73-79. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Fortin, S. 2015. "Determinismo e indeterminismo en mecánica cuántica". En *Fronteras del Determinismo Científico. Filosofía y Ciencias en Diálogo*, editado por C. Vanney y O. Lombardi, pp. 68-84. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva.
- Fortin, S. y López, C. 2016. "Problemas ontológicos de la mecánica cuántica". En *Diccionario Interdisciplinar Austral*, editado por Claudia E. Vanney, Ignacio Silva y Juan F. Franck. URL: [http://dia.austral.edu.ar/Problemas\\_ontológicos\\_de\\_la\\_mecánica\\_cuántica](http://dia.austral.edu.ar/Problemas_ontológicos_de_la_mecánica_cuántica)
- Vanni, L. y Fortin, S. 2016. "¿Favorece la mecánica cuántica un indeterminismo epistemológico u ontológico?". En *¿Determinismo o Indeterminismo?: Grandes preguntas de las ciencias a la filosofía*, editado por C. Vanney y J. F. Franck, pp. 213-242. Rosario: Ediciones Logos.

#### Bibliografía complementaria:

- Einstein, A., Podolsky, B., y Rosen, N. 1935. "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?". *Physical Review* 47: 777- 780.
- Fine, A. 1973. "Probability and the Interpretation of Quantum Mechanics". *British Journal for the Philosophy of Science* 24: 1-37.
- Healey, R. 1991. "Holism and nonseparability". *Journal of Philosophy* 88: 393-421.
- Khrennikov, Andrei. 2016. "Randomness: Quantum Versus Classical". En *Probability and Randomness: Quantum Versus Classical*, pp. 199-209. Singapore: World Scientific.
- Krips, H. 2016. "Medición en Mecánica Cuántica". En *Diccionario Interdisciplinar Austral*, editado por Claudia Vanney, Ignacio Silva y Juan Francisco Franck. URL= [http://dia.austral.edu.ar/Medición\\_en\\_mecánica\\_cuántica](http://dia.austral.edu.ar/Medición_en_mecánica_cuántica)

<b>MODALIDAD DE DICTADO</b>
-----------------------------

Durante este curso se ofrece una guía de formación que nos permitirá adentrarnos en las discusiones científicas contemporáneas sobre fundamentos de mecánica cuántica. Al finalizarlo seremos capaces de reflexionar filosóficamente a través de algunos de los problemas ontológicos centrales planteados por la mecánica cuántica. Para lograr este objetivo analizaremos cuatro problemas ontológicos centrales de la teoría. Sobre cada uno de ellos deberemos leer bibliografía de distintas fuentes y realizar distintas actividades.

Para adentrarnos en cada uno de los distintos problemas leeremos algunos textos para luego realizar un breve trabajo de escritura y análisis. El objetivo de este trabajo es el de poner a prueba la comprensión de los textos leídos. Al intentar escribirlo, seguramente tendremos que releer algunos pasajes o realizar alguna consulta.

Las consultas pueden hacerse a los compañeros de curso o al docente. Para este fin, habrá un foro de discusión sobre cada módulo donde todos los participantes de curso podrán iniciar un tema de debate o participar en el tema abierto por otro. Los temas de debate pueden ser consultas puntuales sobre algún texto, del tipo "en el texto tal cuando dice tal cosa no entiendo si lo que quiere decir es esto o esto otro", o bien cuestiones más generales sobre la temática. En el caso de que alguno de nosotros tenga una duda, se recomienda primero debatirla en el foro con los compañeros ya que de ese modo, con la participación de todos, se enriquece el debate y se da forma a la controversia filosófica detrás de cada

tema. Si entendimos todos los textos que leímos, o creemos haberlos entendido, es muy recomendable entrar al foro a intentar responder las dudas de nuestros compañeros. El ejercicio de intentar explicarle a otro un tema recién asimilado consolida los conceptos y pone a prueba el propio conocimiento, al intentar resolver la duda de un compañero muchas veces descubrimos que no habíamos entendido tan bien como habíamos creído. La participación en el foro, es muy recomendable, pero no forma parte de la evaluación. Nada de lo dicho allí o de lo no dicho allí puede ser usado en nuestra contra. Por lo que no debemos preocuparnos por decir algo que no es correcto, más bien debemos pensar al foro como una herramienta que nos conviene utilizar. También se pueden hacer consultas individuales al docente por mensaje privado.

El trabajo de escritura que debe realizarse luego de cada módulo será evaluado y tendrá una devolución que nos permita obtener una medida del avance en nuestra comprensión del tema. El resultado no influye en la nota final, pero será una guía que nos permita determinar los puntos flojos en los que necesitamos poner más empeño.

En alguno de los módulos deberemos también ver un video y contestar preguntas o realizar algún tipo de análisis. Nuevamente, el resultado será evaluado y tendrá una devolución que nos dé una medida de nuestra comprensión del tema pero no influirá en la nota final. Las actividades de cada módulo serán:

Modulo 1, ¿Qué es un estado superpuesto?: Lectura de dos textos y en base a ellos elaborar un breve ensayo; mirar un video y responder preguntas.

Módulo 2, El problema de la medición: Lectura de dos textos y en base a ellos elaborar un breve análisis.

Módulo 3, Entrelazamiento cuántico y el problema de una realidad no-local: Lectura de dos textos; mirar dos videos y realizar un breve análisis de ellos.

Modulo 4, Probabilidad e indeterminismo en mecánica cuántica: Leer dos textos y a la luz de ellos realizar un análisis crítico de los conceptos expuestos en una película.

En cada módulo habrá una lista de bibliografía complementaria cuya lectura no es obligatoria pero recomendable para profundizar en el tema.

## **MODALIDAD DE EVALUACIÓN**

Para aprobar la materia se espera que seamos capaces de reflexionar filosóficamente a través de algunos de los problemas ontológicos centrales planteados por la mecánica cuántica. Para evaluar la concreción de este objetivo deberemos presentar dos escritos:

1. Una propuesta de monografía. En esta instancia deberemos proponer un tema para realizar una monografía sobre alguno de los problemas filosóficos ligados a la mecánica cuántica que no hayan sido tratados explícitamente en el curso. La propuesta no debe exceder las 600 palabras y debe incluir: Un breve resumen del tema elegido, un índice tentativo de la monografía, la bibliografía tentativa y una tarea sustantiva a realizar por el autor de la monografía. Sobre este último punto, se espera que en la monografía seamos capaces de proponer una tesis y defenderla, o bien realizar un análisis comparativo de diferentes posturas, o bien criticar constructivamente o destructivamente la posición de algún autor, o bien alguna otra tarea que implique la elaboración por parte nuestra del material bibliográfico. No serán admitidas monografías que se limiten a realizar un resumen o traducción de la bibliografía.

Esta propuesta de monografía será evaluada y el autor recibirá, en caso de corresponder, una serie de sugerencias que mejoren el plan de trabajo. Durante la elaboración de la propuesta podremos consultar al docente o a los compañeros del foro. Para elaborar la propuesta deberemos indagar entre temas nuevos, para ello podremos consultar los capítulos no leídos de los libros utilizados en clase, la Stanford Encyclopedia of Philosophy, el Diccionario Interdisciplinar Austral (DIA), o cualquier fuente científico-filosófica de origen académico.

2. Una monografía final. Que debe estar basada en la propuesta de monografía presentada y aprobada.

La nota final se compone de la siguiente manera:

- 20 %, los trabajos semanales
- 20 %, la propuesta monografía definitiva
- 60 %, la monografía