

Seminario: Realismo y empirismo en la mecánica cuántica. Problemas ontológicos y epistemológicos en la filosofía de la física contemporánea

Departamento:

Filosofía

Profesor:

Ronde, Christian de

2°Cuatrimestre - 2017

Programa correspondiente a la carrera de Filosofía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires

Programas



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

DEPARTAMENTO: FILOSOFÍA

SEMINARIO DE GRADO: Realismo y empirismo en la mecánica cuántica. Problemas ontológicos y epistemológicos en la filosofía de la física contemporánea.

PROFESOR: Dr. Christian de Ronde

CUATRIMESTRE: SEGUNDO **Aprobado por Resolución**

AÑO: 2017

PROGRAMA N°:

N° 003787/17

MARTA DE PALMA
Directora de Despacho y Archivo General

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
DEPARTAMENTO DE FILOSOFIA

SEMINARIO: Realismo y empirismo en la mecánica cuántica.

Problemas ontológicos y epistemológicos en la filosofía de la física contemporánea.

PROFESOR: Christian de Ronde

SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL AÑO 2017



1. Fundamentación y descripción

Si bien sería posible retrotraer las tensiones entre empirismo y realismo al origen de la filosofía (ya que, estrictamente, son los sofistas los primeros en postular la necesidad de limitar nuestro saber a los datos que ofrecen los sentidos, mientras que los primeros filósofos sostienen la posibilidad de dar cuenta teóricamente del fundamento de la realidad en términos de una exposición de la *physis*), fue el siglo XX el que ha expuesto, tal vez de modo extremo, las problemáticas de este debate. En el contexto de la filosofía de la ciencia, la disputa entre ambos bandos asumió como campo de batalla a las teorías científicas desarrolladas durante el mismo siglo. Pero es sin duda la teoría de los cuantos aquella que ha ocupado un espacio preponderante, en gran medida, debido a la particular dificultad que presenta su formalismo para ser interpretado en términos de una representación metafísico-conceptual que describa la realidad física a la cual la teoría hace referencia.

La creación de la física cuántica a comienzos del siglo XX fue concomitante con la llegada del positivismo lógico a la escena filosófica. Pero mientras que la teoría cuántica parecía acercar a los físicos por los caminos de la especulación filosófica (que muchos de ellos consideraban como metafísica), el positivismo lógico resultaba un movimiento contrario a la profunda tendencia metafísica del pensamiento occidental. Si bien este movimiento –enmarcado en la tradición analítica–, que había comenzado subvirtiendo las condiciones del pensamiento *a priori* y la metafísica kantiana, “fue rápidamente alterado por fuerzas reaccionarias. Y ya antes de mitad del

siglo XX sus más allegados seguidores comenzaron a hacer del mundo, otra vez, un lugar seguro para la metafísica” (van Fraassen, 2002, p. xviii). Hoy, más de un siglo después del nacimiento de la teoría cuántica, el debate respecto de la posibilidad o imposibilidad de un desarrollo realista de la física permanece abierto. La mecánica cuántica ha jugado un rol central en este debate debido a que, pese a su gran poder predictivo, el formalismo ortodoxo de la teoría establece la imposibilidad de brindar una interpretación basada en un *modelo representacional* que dé cuenta de aquello que sucede en un experimento cuántico. La imposibilidad de concebir a la teoría en términos de un modelo realista ‘visualizable’, ‘inteligible’ o ‘intuitivo’ (*anschaulich*) determinó que muchos evitaran la discusión respecto de la representación conceptual de la teoría. Pero más allá de posiciones empiristas, instrumentalistas o anti-metafísicas, existen también muchos filósofos de la ciencia que sostienen una genuina preocupación respecto de la necesidad de proveer de una interpretación realista al formalismo cuántico. Inclusive autores que manifiestan una posición empirista como van Fraassen sostienen de todos modos la importancia de desarrollar una interpretación metafísica de la teoría.

Una de las nociones que permite comprender la distancia entre la idea de *representación* en la física clásica y en la mecánica cuántica es la de *contextualidad cuántica*. Un ‘contexto’ se encuentra determinado por un arreglo experimental en el que se observa un conjunto completo de observables que conmutan (CCOC). La contextualidad cuántica muestra que si bien es posible pensar éste o aquél experimento, así como el conjunto de propiedades que se derivan de ellos, existe una imposibilidad de orden formal para pensar simultáneamente la existencia objetiva de las propiedades del sistema independientemente de la elección subjetiva del arreglo experimental. Este problema fue discutido por Bohr y Einstein respecto del experimento de la doble rendija, el cual muestra que no es posible considerar como *existentes* en forma simultánea a las propiedades expuestas en la ‘representación de onda’ y en la ‘representación de partícula’. La noción de contextualidad en la teoría cuántica resulta un concepto completamente extraño a las teorías de la física clásica, puesto que la idea de que un sistema cuántico pueda exponer propiedades mutuamente *incompatibles*, dependiendo de la elección del contexto, se encuentra en completa contradicción con la presuposición clásica de que se discute respecto de un objeto físico

preexistente a la medición de sus propiedades actuales.

El *problema de la representación de la realidad* en el caso particular de la mecánica cuántica también se encuentra expuesto claramente en las llamadas interpretaciones modales. Si bien la mecánica cuántica se encuentra relacionada con la modalidad desde su origen, cuando Max Born desarrolló en 1926 su interpretación de la función de onda cuántica Ψ en términos de una densidad de probabilidad de detectar una partícula en una posición particular, la estructura formal de la teoría determinó un cambio cualitativo en la naturaleza de lo que puede ser considerado *posibilidad*. Según Heisenberg (1958, p. 42), resultaba evidente que la *posibilidad cuántica* era algo completamente diferente a la posibilidad considerada en las teorías clásicas desde Newton y debería ser considerada como una tendencia o una potencia “hacia algo”. Las llamadas “interpretaciones modales” de la mecánica cuántica, desarrolladas por un conjunto de filósofos de la ciencia desde los años 80, incluyen una discusión tanto filosófica como formal de la noción de *posibilidad*. Dentro de este conjunto de interpretaciones –sin un límite bien establecido–, el proyecto de tinte realista propuesto por Dieks (ver Dickson & Dieks, 2002) de referirse a “sistemas con propiedades definidas” se encuentra limitado por severas inconsistencias expuestas a partir de la contextualidad cuántica. Una propuesta para recuperar una imagen de objeto cuántico en algún sentido similar a la de objeto clásico es la de referirse no ya a las *propiedades actuales* sino a las *propiedades posibles*. La noción de posibilidad se encuentra intrínsecamente ligada a las posiciones *realistas* y *anti-realistas* propias de las diferentes corrientes interpretativas (de Ronde, 2011). Discutiremos diferentes versiones de la posibilidad: i) *La posibilidad como estructura algorítmica*: En el contexto de la interpretación modal, van Fraassen y Dieks sostienen una noción empirista o humeana de la posibilidad. ii) *La posibilidad como posibilidad clásica*: El caso de la interpretación de Bohm, dentro de lo que es considerado el programa de variables ocultas, aparece como un caso paradigmático que logra *restaurar una visión clásica respecto de lo que hay* al costo de perder la *localidad* de los eventos. iii) *La posibilidad à la Everett*: La interpretación de muchos mundos sostiene la existencia ontológica de una multiplicidad de “mundos”. iv) *La posibilidad como potencialidad*: Interpretaciones que, en términos de un proyecto eminentemente ontológico, buscan recuperar la noción de *potencialidad* o *propensidad* para comprender la mecánica cuántica.

Es evidente que la mecánica cuántica ha permanecido ambigua con respecto a la debate entre empirismo y realismo desde su origen y aún hoy carece de una interpretación aceptada por la comunidad científica. Es tal vez debido a los numerosos problemas filosóficos que plantea que su interpretación y significado permanecen aún hoy como uno de los debates centrales de la filosofía de la física contemporánea.

2. Objetivos

El objetivo general del curso es brindar una introducción a los problemas filosóficos de la mecánica cuántica. Discutir y analizar los debates y desarrollos filosóficos, que tuvieron lugar a lo largo del siglo XX, relacionados con la teoría cuántica. En particular, discutir y analizar la relevancia del debate realismo-antirealismo en el contexto de la física cuántica. El objetivo específico del curso es ofrecer una presentación de ciertos problemas particulares relacionados a las nociones de *potencialidad* y *contextualidad* así como también dar cuenta de las implicancias de dichas nociones en relación al problema de la *representación científica*.

3. Contenidos

Parte 1. Breve historia de la física y su fundamento metafísico

1. El origen de la física y la filosofía: *phúsis* y *theoria*
2. La sofística como primer momento crítico: relativismo e imposibilidad del conocimiento.
3. Parmenides y Platon contra Demócrito y Leucipo: relacionalismo vs. sustancialismo
4. Aristóteles y la metafísica hilemorfica: entre la potencialidad y la actualidad.
5. Newton y la física de la pura actualidad: *Actual State of Affairs (ASA)*.
6. Justificación de la física newtoniana: racionalismo vs. empirismo.
7. Hume y la crítica al fundamento inductivo de la ciencia.
8. Kant: subjetividad, objetividad, representación y *cosa en si*.

Bibliografía específica: Aristóteles (1995), Simondon (2000), Hume (1982), Verelst & Coecke (1998), de Ronde & Fernandez Moujan (2017).

Parte 2. Deconstrucción de la física clásica.

1. Mach y la deconstrucción de la física newtoniana.
2. La subversión positivista y la creación de una nueva región del pensamiento.
3. Las nuevas teorías físicas: relatividad y mecánica cuántica.

Bibliografía específica: Mach (1959), de Ronde (2011, cap. 3 y 4; 2014a).

Parte 3. La creación de la mecánica cuántica (1900-1929).

1. Planck y *el postulado cuántico*.
2. La interpretación de Einstein del efecto fotoeléctrico y el modelo atómico de Bohr .
3. de Broglie y la dualidad onda-corpúsculo.
4. Heisenberg y la mecánica matricial.
5. Schrödinger y la mecánica ondulatoria.
6. Born y la interpretación probabilista de Ψ .
7. Heisenberg y *el principio de indeterminación*.
8. Bohr: *el principio de complementariedad* y las relaciones de incerteza.

Bibliografía específica: Jammer (1974), Jones (2008), Born (1926), Bohr (1929), Hilgevoord, J. & Uffink (2001), Bokulich (2005), Cassini, Levinas & Pringe (2013).

Parte 4: Desarrollo de la mecánica cuántica (1930-1967)

1. Dirac y la formulación ortodoxa: *el principio de superposición*.
2. EPR: entrelazamiento y completitud.

3. Los gatos de Schrödinger, las superposiciones cuánticas y las propiedades paraconsistentes.
4. Bell y las condiciones de la experiencia posible (clásica).
5. El teorema de Kochen-Specker: la contextualidad y la referencia binaria a un estado actual de cosas.

Bibliografía específica: Aerts (1981), Einstein *et al.* (1935), Jammer (1987), Schrodinger (1935), Cassini (2017), da Costa & de Ronde (2013; 2014a), Arenhart & Krasue (2014a), Pitowsky (1994), Bell (1964), de Ronde (2011, cap. 5, 2014b, 2014c, 2015), Dickson (1998).

Parte 5: El triunfo de Bohr

1. Bohr y el giro lingüístico: el fin de la representación.
2. Dualidad onda-corpúsculo y *el principio de correspondencia*.
3. Positivismo y experiencia: términos teóricos y términos empíricos.
4. Pragmática y big-science.
5. Fuchs & Peres: el instrumentalismo y el fin de la interpretación.
6. Derivas de la física contemporánea: la justificación del “sentido común”.
7. Constructivismo metafísico: creación de formalismos, conceptos y nuevas experiencias.

Bibliografía específica: Bokulich & Bokulich (2005), Bitbol (1997), de Ronde (2011, cap. 4; 2014a; 2014c, 2016c, 2016b), Fuchs & Peres (2000).

Parte 6: El debate realismo-antirealismo en la filosofía de la ciencia

1. El empirismo como fundamento del conocimiento científico.
2. El realismo observacional o fenomenico.
3. El realismo científico y el “sentido común”.

4. Los problemas del realismo y el proyecto ortodoxo.

Bibliografía específica: Heisenberg (1958), Bacciagaluppi (2007), de Ronde & Bontems (2011), de Ronde (2011, 2016a, 2016b), de Ronde & Massri (2017).

Parte 7: Problemas empiristas y problemas realistas para la mecánica cuántica

1. Heisenberg y el retorno del hilemorfismo aristotélico (causalidad final).
2. Bohm y el retorno del actualismo newtoniano (causalidad eficiente).
3. Un mapa interpretativo: principios metafísicos y formalismos.
4. Los problemas empiristas al interior de la mecánica cuántica: los “no problemas”
5. La representación conceptual del formalismo matemático: Invariancia y realidad física.
6. Inversión de los problemas: contextualidad y superposición.

Bibliografía específica: Heisenberg (1958), Bacciagaluppi (2007), de Ronde & Bontems (2011), de Ronde (2011, 2013a), de Ronde & Massri (2017).

Parte 8: Relaciones Inter-teóricas: objetividad, subjetividad y relativismo

1. La búsqueda de la teoría final: progresismo realista.
2. La vuelta de Platón y el fin de la experiencia.
3. Heisenberg y las teorías cerradas.
4. Pluralismo teórico y el relativismo ficcional

Bibliografía específica: Heisenberg (1958), Bokulich (2004, 2006), de Ronde (2011, 2014a, 2016b).

Parte 9: El Realismo Representacional

1. El problema de la representación en la física clásica.

2. El problema de la representación en la física cuántica.
3. La experiencia física como resultado de la teoría.
4. La física como descripción del mundo.
5. La física como expresión del ser.

Bibliografía específica: Van Fraassen (2008), Hacking (1983), Dieks (1988), de Ronde (2014a, 2016a, 2016b), de Ronde & Fernandez Moujan (2017).

Parte 9: Posibilidad cuántica y probabilidad cuántica

1. La posibilidad cuántica: contextualidad e interacción de lo posible.
2. Actualización y el teorema de KS modal.
3. La probabilidad cuántica: el fin de la ignorancia.
4. La experiencia en los laboratorios.
5. La noción de potencia en la física y en la metafísica.
6. La potencia teleológica en la mecánica cuántica.
7. Los principios cuánticos: indeterminación, superposición y diferencia.
8. Potencialidad ontológica y *Potential State of Affairs* (PSA).
9. Representando superposiciones: poderes y potencias y la existencia intensiva.
10. Causalidad immanente y efectuaciones potenciales.

Bibliografía específica: Van Fraassen (1991), Popper (1982), Dieks (2010), Smets (2005), Vermaas (1999), Dickson (1998), de Ronde, Freyets & Domenech (2014) Dieks (2010), Aerts (2010), Karakostas (2007), Cartwright (1989), de Ronde (2012, 2013a, 2013b, 2014b, 2017a, 2017b).

4. Bibliografía complementaria general

Aerts, D., 1985, "The physical origin of the Einstein Podolsky Rosen paradox", En *Open Questions*

- in *Quantum Physics: Invited Papers on the Foundations of Microphysics*, 33-50, G. Tarozzi and A. van der Merwe (Eds.), Kluwer Academic, Dordrecht.
- Aerts, D., 2010, "A Potentiality and conceptuality interpretation of quantum mechanics", *Philosophica*, **83**, 15-52.
- Agamben, G., 2008, *Potentialities*, Stanford, Stanford University Press.
- Arenhart, J. R. and Krause, D., 2014, "Oppositions in Quantum Mechanics", in *New dimensions of the square of opposition*, Jean-Yves Béziau and Katarzyna Gan-Krzywoszynska (Eds.), 337-356, Philosophia Verlag, Munich. *Philosophy of Science Archive*, <http://philsci-archive.pitt.edu/10583/>
- Arenhart, J. R. and Krause, D., 2014, "Contradiction, Quantum Mechanics, and the Square of Opposition", *Philosophy of Science Archive*, <http://philsci-archive.pitt.edu/10582/>
- Arenhart, J. R. and Krause, D., 2014, "Potentiality and Contradiction in Quantum Mechanics.", in *Festschrift honoring J.-Y. Béziau's 50th Birthday*, in press. *Philosophy of Science Archive*, <http://philsci-archive.pitt.edu/10726/>
- Aristóteles, 1995, *Metafísica*, Gredos.
- Bacciagaluppi, G., 1996, *Topics in the Modal Interpretation of Quantum Mechanics*, Doctoral dissertation, University of Cambridge, Cambridge.
- Bacciagaluppi, G., 2007, "The Role of Decoherence in Quantum Mechanics", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2008 Edition)*, E. N. Zalta (ed.), URL: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/qm-decoherence/>.
- Baltag, A. and Smets, S., 2012, "The Dynamic Turn in Quantum Logic", *Synthese*, 186, 753-773.
- Bell, J. S., 1964, "On the Einstein-Podolsky-Rosen paradox", *Physics*, **1**, 195-200.
- Bitbol, M., 1997, *Mechanique Quantique, une introduction philosophique*, Champs Flammarion, Paris.
- Bitbol, M., 2010, "Reflective Metaphysics: Understanding Quantum Mechanics from a Kantian

- Standpoint”, *Philosophica*, **83**, 53-83.
- Bohr, N., 1935, “Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?”, *Physical Review*, **48**, 696-702.
- Bokulich, A., 2004, “Open or Closed? Dirac, Heisenberg, and the Relation between Classical and Quantum Mechanics”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, **35**, 377-396.
- Bokulich, A., 2006, “Heisenberg Meets Kuhn: Closed Theories and Paradigms”, *Philosophy of Science*, **73**, 90-107.
- Bokulich, P., & Bokulich, A., 2005, “Niels Bohr’s Generalization of Classical Mechanics”, *Foundations of Physics*, **35**, 347371.
- Cassini, A., Levinas, L. & Pringe, H., 2013, “Einstein y el efecto Compton”, *Scientiae Studia*, **11**.
- Cassini, A., 2016, “El problema interpretativo de la mecánica cuántica. Interpretación minimal e interpretaciones totales”, *Revista de Humanidades de Valparaíso*, **8**, 9-42.
- Carnap, H., Hahn, H. & Neurath, O., 1929, “The Scientific Conception of the World: The Vienna Circle”, *Wissenschaftliche Weltausfassung*.
- Cartwright, N., 1989, *Nature’s Capacities and their Measurement*, Oxford University Press, Oxford.
- da Costa, N. and de Ronde, C., 2013, “The Paraconsistent Logic of Quantum Superpositions”, *Foundations of Physics*, **43**, 845-858.
- da Costa, N. and de Ronde, C., 2014a, “Non-Reflexive Foundations for Quantum Mechanics”, *Foundations of Physics*, **44**, 1369-1380.
- da Costa, N. and de Ronde, C., 2014b, “The Paraconsistent Approach to Quantum Superpositions Reloaded: Formalizing Contradictory Powers in the Potential Realm”, preprint.
- de Ronde, C., 2010, “For and Against Metaphysics in the Modal Interpretation of Quantum Mechanics”, *Philosophica*, **83**, 85-117.
- de Ronde, C., 2011, *The Contextual and Modal Character of Quantum Mechanics: A Formal and Philosophical Analysis in the Foundations of Physics*, PhD dissertation, Utrecht University.

- de Ronde, C., 2012, "La noción de potencialidad ontológica en la interpretación modal de la mecánica cuántica", *Scientiae Studia*, **10**.
- de Ronde, C., 2013a, "Representing Quantum Superpositions: Powers, Potentia and Potential Effectuations", *Philosophy of Science Archive*, <http://philsci-archive.pitt.edu/10155/>
- de Ronde, C., 2014a, "The Problem of Representation and Experience in Quantum Mechanics", in *Probing the Meaning of Quantum Mechanics: Physical, Philosophical and Logical Perspectives*, 91-111, D. Aerts, S. Aerts and C. de Ronde (Eds.), World Scientific, Singapore.
- de Ronde, C., 2014b, "A Defense of the Paraconsistent Approach to Quantum Superpositions (Answer to Arenhart and Krause)", *Philosophy of Science Archive*, <http://philsci-archive.pitt.edu/10613/>
- de Ronde, C., 2014c, "Epistemological and Ontological Paraconsistency. For and Against Niels Bohr Philosophy", in *The Road to Universal Logic*, pp 589-604, A. Koslow & A. Buchsbaum (Eds.), Springer.
- de Ronde, C., 2015, "Modality, Potentiality and Contradiction in Quantum Mechanics", *New Directions in Paraconsistent Logic*, pp. 249-265, J.-Y. Beziau, M. Chakraborty and S. Dutta (Eds.), Springer.
- de Ronde, C., 2016a, "Probabilistic Knowledge as Objective Knowledge in Quantum Mechanics: Potential Powers Instead of Actual Properties", in *Probing the Meaning and Structure of Quantum Mechanics: Superpositions, Semantics, Dynamics and Identity*, pp. 141-178, D. Aerts, C. de Ronde, H. Freytes and R. Giuntini (Eds.), World Scientific, Singapore.
- de Ronde, C., 2016b, "Representational Realism, Closed Theories and the Quantum to Classical Limit", in *Quantum Structural Studies*, pp. 105-136, R. E. Kastner, J. Jeknic-Dugic and G. Jaroszkiewicz (Eds.), World Scientific, Singapore.
- de Ronde, C., 2016c, "QBism, FAPP and the Quantum Omelette. (Or, Unscrambling Ontological Problems from Epistemological Solutions in QM)", preprint. (quant-ph:1608.00548)
- de Ronde, C., 2016d, "Unscrambling the Quantum Omelette of Epistemic and Ontic Contextuality

- (PART 1): Preexistent Properties or Measurement Outcomes?”, preprint. (quant-ph: 1606.03967)
- de Ronde, C., 2017a, “Causality and the Modeling of the Measurement Process in Quantum Theory”, *Disputatio*, en prensa.
- de Ronde, C., 2017b, “Hilbert space quantum mechanics is contextual. (Reply to R. B. Griffiths)”, *Cadernos de Filosofia*, en prensa.
- de Ronde, C. & Bontems, V., 2011, “La notion d’entité en tant qu’obstacle épistémologique: Bachelard, la mécanique quantique et la logique”, *Bulletin des Amis de Gaston Bachelard*, **13**, 12-38.
- de Ronde, C. & Christiaens, W. (Eds.), 2010, “For and Against Metaphysics in Quantum Mechanics”, *Philosophica*, **83**.
- de Ronde, C., Freytes, H. & Domenech, G., 2014, “Interpreting the Modal Kochen-Specker Theorem: Possibility and Many Worlds in Quantum Mechanics”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, **45**, pp. 11-18.
- de Ronde, C. & Masri, C., 2017, “Kochen Specker Theorem, Physical Invariance and Quantum Individuality”, *Cadernos de Filosofia*, en prensa.
- de Ronde & Fernandez Moujan, R., 2017, “Elementos para una filosofía relacional de la física cuántica”, *Quaderni Materialisti*, en prensa.
- D’Espagnat, B., 1976, *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, Benjamin, Reading MA.
- Dickson, W. M., 1998, *Quantum Chance and Nonlocality: Probability and Nonlocality in the Interpretations of Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Dieks, D., 1988, “The Formalism of Quantum Theory: An Objective Description of Reality”, *Annalen der Physik*, **7**, 174-190.
- Dieks, D., 2010, “Quantum Mechanics, Chance and Modality”, *Philosophica*, **83**, 117-137.
- Domenech, G., Freytes, H. & de Ronde, C., 2006, “Scopes and limits of modality in quantum

- mechanics”, *Annalen der Physik*, **15**, 853-860.
- Dorato, M., 2006, “Properties and Dispositions: Some Metaphysical Remarks on Quantum Ontology”, *Proceedings of the AIP*, **844**, 139-157.
- Dorato, M., 2010, “Physics and metaphysics: interaction or autonomy?”, *HumanaMente*, forthcoming.
- Einstein, A., Podolsky, B. & Rosen, N., 1935, “Can Quantum-Mechanical Description be Considered Complete?”, *Physical Review*, **47**, 777-780.
- Fine, A., 1986, *The Shaky Game*, University of Chicago Press, Chicago.
- Folse, H. J., 1985, *The Philosophy of Niels Bohr: The framework of Complementarity*, North Holland Physics Publishing, Amsterdam.
- Fuchs, C. & Peres, A., 2000, “Quantum theory needs no ‘interpretation’”, *Physics Today*, **53**, 70.
- Granger, G. G., 2001, *Sciences et réalité*, Editions Odile Jacob, Paris.
- Hacking, I., 1983, *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Heisenberg, W., 1958, *Physics and Philosophy*, World perspectives, George Allen and Unwin Ltd., London.
- Heisenberg, W., 1971, *Physics and Beyond*, Harper & Row.
- Heisenberg, W., 1973, “Development of Concepts in the History of Quantum Theory”, En *The Physicist’s Conception of Nature*, 264-275, J. Mehra (Ed.), Reidel, Dordrecht.
- Hilgevoord, J. & Uffink, J., 2001, “The Uncertainty Principle”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2001 Edition)*, E. N. Zalta (Ed.), URL: <http://plato.stanford.edu/archives/win2001/entries/qt-uncertainty/>.
- Howard, D., 2004, “Who Invented the ‘Copenhagen Interpretation?’ A Study in Mythology”, *Philosophy of Science*, **71**, 669-682.
- Howard, D., 2005, “Albert Einstein as a Philosopher of Science”, *Physics Today*, **58**, 34-40.
- Jammer, M., 1974, *The Philosophy of Quantum Mechanics*, John Wiley and sons, New York.

- Jammer, M., 1987, "The EPR Experiment in its Historical Development", En *Symposium on the foundations of Modern Physics 1987*, 129-149, P. Lathi and P. Mittlestaedt (Eds.), World Scientific, Singapore.
- Karakostas, V., 2007, "Nonseparability, Potentiality and the Context-Dependence of Quantum Objects", *Journal for General Philosophy of Science*, **38**, 279-297.
- Kauark-Leite, P., 2004, *The transcendental approach and the problem of language and reality in quantum mechanics*, PhD thesis, Centre de Recherche en Epistémologie Appliquée - École Polytechnique.
- Mach, E., 1959, *The Analysis of Sensations*, Dover Edition, New York.
- Pauli, W., 1994, *Writings on Physics and Philosophy*, Enz, C. and von Meyenn, K. (Eds.), Springer-Verlag, Berlin.
- Peres, A. (1993), *Quantum Theory: Concepts and Methods*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Piron, C., 1983, "Le réalisme en physique quantique: une approche selon Aristote", en *The concept of physical reality*. Proceedings of a conference organized by the Interdisciplinary Research Group, University of Athens.
- Piron, C., 1999, "Quanta and Relativity: Two Failed Revolutions", In *The White Book of Einstein Meets Magritte*, 107-112, D. Aerts J. Broekaert and E. Mathijs (Eds.), Kluwer Academic Publishers.
- Pitowsky, I., 1994, "George Boole's 'Conditions of Possible Experience' and the Quantum Puzzle", *The British Journal for the Philosophy of Science*, **45**, 95-125.
- Popper, K. R., 1982, *Quantum Theory and the Schism in Physics*, London, Hutchinson.
- Priest, G., 1987, *In Contradiction*. Nijhoff, Dordrecht.
- Redhead, M., 1987, *Incompleteness, Nonlocality, and Realism: A Prolegomenon to the Philosophy of Quantum Mechanics*, Oxford, Clarendon Press.

- Simondon, G., 2005, *L'Individuation a la lumiere des notions de forme et d'information*, Jérôme Millon, Paris.
- Selleri, F., 1994, *Le grand débat de la théorie quantique*, Paris, Flammarion.
- Smets, S., 2005, "The Modes of Physical Properties in the Logical Foundations of Physics", *Logic and Logical Philosophy*, **14**, 37-53.
- Suppes, P., 2002, *Representation and Invariance of Scientific Structures*, Center for the Study of Language and Information Publications, Stanford.
- Van Fraassen, B., 1980, *The Scientific Image*, Oxford, Clarendon Press.
- Van Fraassen, B. C., 1991, *Quantum Mechanics: An Empiricist View*, Clarendon, Oxford.
- Van Fraassen, B., 2008, *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*, Oxford, Clarendon Press.
- Vermaas, P. E., 1999, *A Philosophers Understanding of Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Verelst, K. & Coecke, B., 1999, "Early Greek Thought and perspectives for the Interpretation of Quantum Mechanics: Preliminaries to an Ontological Approach", En *The Blue Book of Einstein Meets Magritte*, 163-196, D. Aerts (Ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Von Weizsäcker, C. F., 1974, *La Imagen Física del Mundo*, Biblioteca de Autores Cristianos, Madrid.
- Wheeler, J. A. & Zurek, W. H. (Eds.) 1983, *Theory and Measurement*, Princeton University Press, Princeton.

5. Carga horaria

Cuatro horas semanales.

6. Actividades planificadas

Se consignarán las actividades planificadas: exposiciones del docente, exposiciones de los alumnos, trabajos prácticos, actividades especiales, etc.

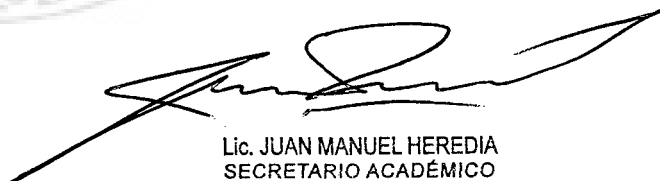
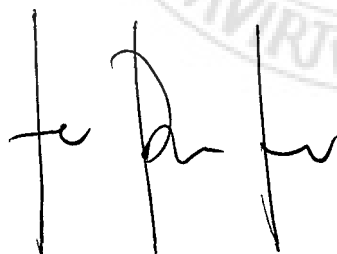
7. Condiciones de regularidad y régimen de promoción

El seminario se dictará con cuatro horas semanales, los alumnos deberán asistir a no menos del 80% de las reuniones. El profesor evaluará la participación de los alumnos con una nota no inferior a cuatro (4) puntos, para que los mismos estén en condiciones de entregar el trabajo monográfico. La calificación final resultará del promedio de ambas notas.

8. Recomendaciones

El curso está dirigido a introducir a los estudiantes de filosofía en los problemas filosóficos de la mecánica cuántica. Tiene como requisitos mínimos algunas nociones básicas de la filosofía general de la ciencia, y se recomienda haber cursado Filosofía Moderna y Metafísica. El curso no tiene como requisito poseer conocimientos de física. Los problemas específicos que serán trabajados pueden ser comprendidos sin la necesidad de conocimientos específicos del formalismo. La metodología del curso es la habitual en seminarios de grado. Combina las clases teóricas a cargo del profesor con las exposiciones de temas específicos por parte de los participantes y la discusión conjunta de problemas generales.

FIRMA:



Lic. JUAN MANUEL HEREDIA
SECRETARIO ACADÉMICO
DEPTO. DE FILOSOFÍA

ACLARACIÓN: Dr. Christian de Ronde

CARGO: Profesor Adjunto Universidad Nacional Arturo Jauretche.
Investigador Adjunto CONICET.