UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

PROGRAMAS E BIBLIOGRAFIAS

2º período letivo de 2026

Disciplina:

HG 031 - Epistemologia da Física

Ementa:

Ementa: Mediante um exame teórico, conceitual e histórico dos fundamentos da mecânica quântica não-relativista (MQ), procura-se indicar como essa teoria contribuiu para a alteração radical das concepções clássicas acerca da realidade física. Identificam-se, inicialmente, os fatores teóricos e experimentais que levaram ao seu estabelecimento, nas três primeira décadas do século XX. Passa-se, depois, à análise das dificuldades que o seu formalismo matemático taz para a implementação, na teoria, do ideal clássico da predizibilidade estrita de todos os valores das quantidades físicas mensuráveis dos objetos quânticos. Mostra-se como essa característica *sui generis* da teoria levou a importantes divergências entre seus próprios criadores, quanto à capacidade de a MQ oferecer uma representação em princípio "completa" da realidade física. Examinam-se, quanto a isso, os famosos argumentos para a incompletude fornecidos em 1935 por Einstein, Podolsky e Rosen (EPR) e por Schrödinger ("gato de Schrödinger). Por fim, apresentam-se os principais resultados teóricos e experimentais que, a partir de meados do século XX, exibiram restrições supreendentemente gerais para a reimplantação, na microfísica, de teorias que se proponham a superar a aparente incompletude da MQ, restabelecendo-se assim uma visão clássica da realidade. Nesta útima etapa da disciplina especial atenção será dada à desigualdade de Bell e algumas de suas consequências, centradas nas noções de não-localidade e emaranhamento quânticos, bem como suas mais recentes aplicações, como a criptografia e a computação quânticas.

Programa:

Programa

- *Este programa será ajustado e complementado depois de conhecido o perfil médio dos estudantes. Ver site do professor: www.unicamp.br/~chibeni*
- *Os quinze tópicos correspondem aproximadamente às quinze aulas do curso.*
- *Os itens marcados com * devem ser lidos com prioridade.*

Tópicos principais	**Textos para leitura *inicial* sobre o tópico**
1. Filosofia e epistemologia: noções básicas. Relações entre a filosofia e a ciência.	* Filosofia: Noções introdutórias * Epistemologia: Noções introdutórias * Observações sobre as relações entre a ciência e a filosofia

	* Origens da ciência moderna - Russell, B. "O valor da filosofia" (cap. 15 de *Os Problemas da Filosofia*. Original; tradução.
2. A estrutura do conhecimento científico. Os limites do conhecimento científico: realismo *versus* anti-realismo.	* A estrutura do conhecimento científico * Objetivos da ciência * Tipos de teorias: construtivas e fenomenológicas * Chibeni, S. S. "Realismo científico empirista?" *Principia*, 1997. (seções 1 e 2, apenas) - Popper, K. Three views concering human knowledge, in: *Conjectures and Refutations*, cap. 3.
3. Características conceituais básicas da física clássica. O surgimento da física quântica: corpo negro, efeito fotoelétrico, efeito Compton, difração de elétrons.	* Características conceituais básicas da física clássica. * O surgimento da física quântica. - Lucas Petersen B. Lima, Palestra e relato de experimento apresentados na disciplina de Epistemologia da Física, 2008
4. Dualidade onda-partícula: o experimento das duas fendas.	* Feynman, R., "Quantum behavior", in *The Feynman Lectures on Physics*, vol. III. - Schleich, W. P. Wave-Particle Dualism in Action (cap. 19 de M. D. Al-Amri et al., eds., *Optics in Our Time*, Springer, 2016 (open access) - Jönsson, C. Electron Diffraction at Multiple Slits. American Journal of Physics 42 , 4 (1974); view online: https://doi.org/10.1119/1.1987592; alternativamente, clique aqui.
5. A mecânica quântica: noções do formalismo.	* Algumas noções sobre o formalismo quântico. * Questões sobre aspectos históricos, matemáticos e filosóficos da mecânica quântica - Ismael, J. Quantum mechanics. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.
6. A interpretação da mecânica quântica. Introdução.	* A interpretação da mecânica quântica (Revista *ComCiência*, SBPC/Labjor, maio/2001.) - Pessoa, O. Mapa das interpretações da teoria quântica, 2006. PDF - Margenau, H. Advantages and disadvantages of various intepretations of the quantum theory. *Physics Today,* v. 7, n. 10, 1954.
7. Incompletude e indeterminismo.	* Chibeni, S. S. *Aspectos da Descrição Física da Realidade* (1997), cap. 3. - Bricmont, J. *Quantum Sense and Nonsense*, Spriger, 2017. Cap. 3.
8. O problema da medida. Gato de Schrödinger.	* Uma breve introdução ao problema da medida em mecânica quântica.

	Schrödinger, E. The present situation in quantum mechanics (1935/1980). *Proc. Am. Philosophical Society*, 1980, Vol. 124, No. 5, 1980, pp. 323-338. Schrödinger, E. Are there quantum jumps? I & II. *Brit. J. Phil. Sci*., Vol. 3, No. 10, 1952, pp.109-123; Vol. 3, No. 11, 1952, pp.233-242. - Pessoa, O. O problema da medição em mecânica quântica. *Cad. His. Fil. Cie*., 1992. PDF. - Bacciagaluppi, G. The role of decoherence in quantum mechanics. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. - Zurek, W. H. Decoherence and the transition from quantum to classical. *Physics Today*, October 1991, p. 36-44. - Zurek, W. H. Decoherence and the transition from quantum to classical – Revisited. Los Alamos Science, n. 27, 2002.
9. Interpretação de Copenhague: distúrbio e complementaridade.	* Chibeni, S. S. "Certezas e incertezas sobre as relações de Heisenberg." *RBEF*, 2005. - Brown, H. R. O debate Einstein-Bohr sobre a mecânica quântica. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência,* n. 2, pp. 51-89, 1981. Brown, H. R. & Redhead, M.L.G. A critique of the disturbance theory of indeterminacy in quantum mechanics. *Foundations of Physics* 11: 1 20, 1981.
10. Relações de Heisenberg.	* Chibeni, S. S. "Certezas e incertezas sobre as relações de Heisenberg." *RBEF*, 2005. - Heisenberg, W. The physical content of quantum kinematics and mechanics, 1927 (trad. inglesa, 1983) - *The Physical Principles of the Quantum Theory*, 1930. - Bohr, N. The quantum postulate and the recent development of atomic theory, *Nature,* v. 121, p. 580–590, 1928. - Robertson, H. P. The Uncertainty Principle *Phys. Rev*. 34, p. 163-4, 1929. - Popper, K. R. "Some observations on quantum theory", cap. 9 de *The Logic of Scientific Discovery,* 1934/1959, 5 ed., Hutchinson, 1968. - Ballentine, L. E. The statistical interpretation of quantum mechanics. *Review of Modern Physics* 42: 358-381, 1970. - Margenau, H. Philosophical problems concerning the meaning of measurement in physics. *Philosophy of Science* 25: 23-33, 1958.
11. O argumento de EPR.	* Chibeni, S. S. "Implicações filosóficas da microfísica",

	Cadernos de História e Filosofia da Ciência, 1992. Texto em PDF ---- . "A logico-conceptual analysis of the Einstein-Podolsky-Rosen argument", 2005. Text in PDF. ----. "Indeterminacy, EPR and Bell", *European J. Physics*, 2001. PDF
12. Teorias de variáveis ocultas. David Bohm.	* Chibeni, S. S. *Aspectos da Descrição Física da Realidade* (1997), cap. 4. - Bohm, D. A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables. - part I. *Phys. Rev.*, v. 85, n. 2, p. 166-179, 1952. - part II. *Phys. Rev.*, v.85, n. 2, p. 180-193, 1952. - Bell, J. S. On the Impossible Pilot Wave. *Found. Physics*, Vol. 12, No. 10, p. 989-99, 1982
13. Resultados de limitação I. Provas algébricas.	* Chibeni, S. S. *Aspectos da Descrição Física da Realidade* (1997), cap. 4. - Mermin, D. Simple unified form for the major no-hidden-variables theorems. *Physical Review Letters* 65 (27): 3373-6, 1990.
14. Resultados de limitação II. Desigualdades de Bell.	* Chibeni, S. S. *Aspectos da Descrição Física da Realidade* (1997), cap. 5. - Bell, J. S. On the problem of hidden variables in quantum mechanics. *Rev. Mod. Phys.*, v. 38, n. 3, pp. 447-52, 1966. - Bell, J. S. On the Einstein Podolsky Rosen paradox. *Physics* Vol. 1, No. 3, pp. 195-290, 1964 - Bell, J. S. Bertlmann's socks and the nature of reality. *Journal de Physique Colloques*, 42 (C2), pp. 41-62, 1981. - Aspect, A. et al. Experimental Tests of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analyzers. *Phys. Rev. Lett*. v. 49, n. 25, p. 1804-7, 1982. - Whitaker, A. John Bell and the most profound discovery of science. *Physics World*, 1 Dec. 1998. - Maudlin, T. What Bell did. https://arxiv.org/pdf/1408.1826.pdf (2014)
15. Holismo na microfísica.	* Chibeni, S. S. "Holism in microphysics." *Epistemologia* (Italy), 27 (2): 227-44, 2004. **Text in PDF**

Bibliografia:

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

PROGRAMAS E BIBLIOGRAFIAS

2º período letivo de 2026

Chibeni, S. S. Notas de aula de filosofia da física disponíveis na seção *Textos didáticos* do site www.unicamp.br/~chibeni .

——. Implicações filosóficas da microfísica. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Série 3, **2** (2): 141-164, 1992.

——. *Aspectos da Descrição Física da Realidade*. (Coleção CLE, vol. 21). Campinas, Centro de Lógica, Unicamp, 1997.

——. Indeterminacy, EPR and Bell. *European Journal of Physics*, **22**: 9-15, 2001.

——. Ontic vagueness in microphysics. *Sorites* (Espanha), n. 15, dezembro 2004. Pp. 29-41.

——. Holism in microphysics. *Epistemologia* (Itália), 27 (2): 227-44, 2004.

——. A logico-conceptual analysis of the Einstein-Podolsky-Rosen argument. In: *Filosofia, Ciência e História: Michel Paty e o Brasil, uma homenagem aos 40 anos de colaboração.* M. Pietrocola e O. Freire Jr. (eds.), São Paulo, Discurso Editorial, 2005. Pp. 115-135.

——. Certezas e incertezas sobre as relações de Heisenberg. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **27** (2): 181-192, 2005.

——. Explanations in microphysics: A response to van Fraassen's argument. *Principia*, **12**(1): 2008, pp. 49–71.

Bricmont, Jean. *Quantum Sense and Nonsense*. Springer, 2018.

Brooks, M. (ed.) *The Quantum World*. The *New Scientists* Collection, vol. 3, n. 3, 2016.

D'Espagnat, B. *Le Réel Voilé*. Analyse des Concepts Quantiques. Paris, Fayard, 1994. Tradução inglesa: *Veiled Reality*. An Analysis Of Present-Day Quantum Mechanical Concepts.

Feynman, Albert. *Quantum Physics for Beginners*. Edição Kindle, 2020.

Feynman, Richard. *The Feynman Lectures on Physics*, vol. 3. Caltech, 1965.

Gisin, N. *Quantum Chance. Nonlocality, Teleportation and Other Quantum Marvels.* Springer, 2014.

Gribbin, J. *In Search of Schrödinger's Cat*. Quantum Physics and Reality. London, Corgi Books, 1984.

-------. *Schrödinger's Kittens and the Search for Reality*. Solving the Quantum Mysteries. Boston, Back Bay Books, 1995.

-------. *The Quantum Mystery*. How the experiment with two holes transformed our understanding of the world. (Kindle Single). 2015.

Herbert, N. *Quantum Reality*. London, Rider, 1985.

Humphrey, M., Pancella, P. V. and Berra, N. *Quantum Physics* (Série *Idiot's Guides*). Alpha Books (edição do Kindle), 2015.

Jaeger, Lars. *The Second Quantum Revolution.* From Entanglement to Quantum Computing and Other Super-Technologies. Spriger, 2018.

Kumar, M. *Quantum Einstein, Bohr and the Great Debate About the Nature of Reality.* Icon Books Ltd. (edição do Kindle), 2014.

Masi, M. *Quantum Physics: An Overview of a Weird World,* vol. I. A Primer on the Conceptual Foundations of Quantum Physics. Edição do Kindle (4th ed.), 2020.

Pessoa Jr., O. *Conceitos de Física Quântica*. Vols. I e II. São Paulo, Editora Livraria da Física, 2003 e 2006.

Rae, A. *Quantum Physics: Illusion or Reality?* Cambridge, Cambridge University Press, 1986.

Redhead, M. L. G. *Incompleteness, Nonlocality, and Realism*. Oxford, Clarendon Press, 1987.

-------. *From Physics to Metaphysics*. Cambridge, CUP, 1995.

Rovelli, C. *Seven Brief Lessons on Physics*. Transl. S. Carnell and E. Segre. Penguin Publishing Group (edição do Kindle), 2014.

Squires, E. *The Mystery of the Quantum World*. Bristol, Adam Hilger, 1986.

------. *Conscious Mind in the Physical World*. Bristol, Adam Hilger, 1990.

Observações:

Para atualizações dessas informações, consulte-se a página do curso em www.unicamp.br/~chibeni