

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

Disciplina: Questões Fundamentais em Mecânica Quântica

Carga Horária: 30 hrs

Professor: Thiago Rodrigues de Oliveira

EMENTA:

O curso discutirá questões fundamentais da MQ como o princípio de incerteza, paradoxo EPR, Gato de Schrodinger, Desigualdade de Bell, Emaranhamento, Teletransporte, Transição Clássico Quântico, entre outras.

Para isso serão usados diversos artigos históricos e importantes. Os alunos deverão ler os artigos e na aula será feita uma discussão.

Note que apesar de alguns dos assuntos serem discutidos no curso usual de MQ, como o princípio de incerteza, o objetivo do curso é fazer uma discussão mais profunda incluindo as diversas interpretações apresentadas ao longo da história da MQ

Abaixo segue a lista de artigos que serão usadas e dois livros para bibliografia complementar.

O pré-requisito é MQ1 da graduação para possibilitar que alunos do final do curso da graduação e que estejam fazendo MQ1 na pós possam participar.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) Foundations of Quantum Mechanics, An Exploration of the Physical Meaning of Quantum Theory. Travis Norsen
- 2) Quantum Paradoxes: Quantum Theory for the Perplexed, Yakir Aharonov, Daniel Rohrlich
- 3) Artigos mencionados na lista de tópicos

sTema

Referências

Interferômetro de fenda dupla / Ondas piloto

01a) R. Bach et al. Controlled double-slit electron diffraction. *New J. Phys.* 15, 033018 (2013).
01b) Vídeo: Is This What Quantum Mechanics Looks Like?

Microscópio de Heisenberg / Debate Einstein-Bohr

02a) W. Heisenberg. The physical principles of the quantum theory (1930) - pág. 20-25.
02b) N. Bohr. Discussions with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics, from Albert Einstein: Philosopher-Scientist (1949) - pág. 8-16

Paradoxo do gato de Schrödinger

03) E. Schrödinger. The present situation in quantum mechanics (translation). *Naturwissenschaften* 23, 807 (1935) - até seção 7.

Paradoxo de Einstein-Podolsky-Rosen (EPR)

A. Einstein, B. Podolsky and N. Rosen. Can Quantum-Mechanical Description of Physical

Resposta de Bohr a EPR

N. Bohr. Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

Implementação
experimental
de estado tipo EPR

06a) P. L. Saldanha and C. H. Monken. Energy and momentum entanglement in parametric downconversion. *Am. J. Phys.* 81, 28 (2013).
06b) J. C. Howell et al. Realization of the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox Using Momentum and Position-Entangled Photons from Spontaneous Parametric Down Conversion. *Phys. Rev. Lett.* 92, 210403 (2004).

Discussão: paradoxo
EPR e
desigualdades de Bell

07) D. Mermin. Is the moon there when nobody looks? Reality and the quantum theory. *Phys.*

Desigualdades de Bell

08a) J. S. Bell. On the Einstein Podolsky Rosen Paradox. *Physics* 1, 195 (1964) - exceto seção IV.
08b) J. F. Clauser et al. Proposed experiment to test local hidden-variable theories. *Phys. Rev. Lett.* 23, 880 (1969)- até eq. (1a).

Violação experimental
de
desigualdades de Bell

09) D. Dehlinger and M. W. Mitchell. Entangled photons, nonlocality, and Bell inequalities in the undergraduate laboratory. *Am. J. Phys.* 70, 903 (2002).

Medições “sem
interação”

A. C. Elitzur and L. Vaidman. Quantum Mechanical Interaction-Free Measurements. *Found. Phys.* 23, 987 (1993).

Escolha atrasada e
complementariedade

V. Jacques et al. Delayed-Choice Test of Quantum Complementarity with Interfering Single Photons. *Phys. Rev. Lett.* 100, 220402 (2008).

Apagador quântico

S. P. Walborn, M. O. Terra Cunha, S. Pádua, and C. H. Monken: Quantum Erasure. *Am. Sci.* 91, 336 (2003).

Interferência de duas
partículas

13a) C. K. Hong, Z. Y. Ou, and L. Mandel. Measurement of Subpicosecond Time Intervals between Two Photons by Interference. *Phys. Rev. Lett.* 59, 2044 (1987) - saltar texto entre eqs. (3) e (11).
13b) D. M. Greenberger, M. A. Horne, and A. Zeilinger. Multiparticle interferometry and the Superposition principle. *Phys. Today / August*, 22 (1993).

Teorema da não
clonagem e
criptografia quântica

14a) W. K. Wootters and W. H. Zurek. A single quantum cannot be cloned. *Nature* 229, 802 (1982).
14b) Nota sobre criptografia com chave compartilhada.
14c) C. H. Bennett and G. Brassard. Quantum Cryptography: Public Key Distribution and Coin Tossing. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computers, Systems, and Signal Processing*, Bangalore, p. 175 (1984).

Teleporte quântico

C. H. Bennett et al. Teleporting an Unknown Quantum State via Dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen Channels. *Phys. Rev. Lett.* 70, 1895 (1993).

Implementação
experimental
do teleporte quântico

D. Bouwmeester et al. Experimental quantum teleportation. *Nature* 390, 575 (1997).

Troca de
emaranhamento

17) X. Ma et al. Experimental delayed-choice entanglement swapping. *Nat. Phys.* 8, 479 (2012).

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

**Medições em física
quântica**

18) A. Peres. Quantum Theory: Concepts and Methods (Kluwer, 1995) - seção. 12-1.

**Não-realismo em
medições /
Contextualidade**

19a) P. L. Saldanha. Inconsistency of a Realistic Interpretation of Quantum Measurements: a Simple Example. Braz. J. Phys. 50, 430 (2020).
19b) A. Peres. Quantum Theory: Concepts and Methods (Kluwer, 1995) - seção. 7-1.

**Experimentos de
Haroche**

20) J. M. Raymond, M. Brune, and S. Haroche. Colloquium: Manipulating quantum entanglement With atoms and photons in a cavity. Rev. Mod. Phys. 73, 565 (2001) - seções I, II e III.

**Medições não-
demolidoras**

C. Guerlin et al. Progressive field-state collapse and quantum non-demolition photon counting. Nature 448, 889 (2007).

**Limite clássico da física
Quântica**

W. H. Zurek. Decoherence and the transition from quantum to classical. Phys. Today / October, 36 (1991).

**Experimento sobre a
interface clássico-
quântico**

P. Bertet et al. A complementarity experiment with an interferometer at the Quantum-classical boundary. Nature 411, 166 (2001).