

CURSO TUTORIAL

Alonso Botero Mejia

NOMBRE DEL CURSO: Curso Tutorial

CÓDIGO DEL CURSO: FISI —

UNIDAD ACADÉMICA: Departamento de Física

PERIODO ACADÉMICO: 201910

HORARIO: Por definir

NOMBRE PROFESOR(A) PRINCIPAL: Alonso Botero Mejia

CORREO ELECTRÓNICO: abotero@uniandes.edu.co

I Introducción

La mecánica estadística es una de las áreas de la física que poseen una amplia aplicación a diversos problemas. Por medio de esta se logra entender el comportamiento de los sistemas de muchas partículas, comprender los procesos que ocurren en ellos y la forma en que se expresan estas interacciones en estados macro. Los comienzos de la mecánica estadística se remontan a las ideas de Boltzmann a finales del siglo XIX, que plantearon los pilares de lo que se debería entender por entropía. No obstante, estas ideas no parecían predecir muy bien los fenómenos en los cuales la energía no permanecía estrictamente constante. Es por esto que más adelante se optó por usar las ideas de Gibbs para el cálculo de las entropías, se ha sabido que al aplicarlas en sistemas cuánticos funcionan bastante bien, sin embargo, existe el problema de que aún no se logra elaborar una interpretación precisa de lo que pasa al interior de ellos. Esta es una de las razones por la cual se ha optado por retomar las ideas propuestas por Boltzmann para estudiar el problema de termalización para sistemas cuánticos. En este curso se pretende hacer una revisión crítica acerca de las formulaciones de la mecánica estadística enfocado en los distintos formalismos que han surgido para estudiar el problema de la “termalización”.

II Objetivos

Los objetivos de este curso son:

- Hacer una revisión crítica acerca de las formulaciones de la mecánica estadística.
- Hacer un estudio de las aproximaciones post-clásicas al problema de termalización
- Entender los fundamentos de la denominada “tipicidad canónica”
- Estudiar las nuevas perspectivas hacia el equilibrio térmico desde la perspectiva de la tipicidad.

III Competencias a desarrollar

Al finalizar el curso, se espera tener una comprensión de los distintos paradigmas en los cuales se ha planteado la mecánica estadística al igual que un entendimiento por las distintas aproximaciones que se han efectuado para tratar de entender el problema de termalización en sistemas cuánticos desde una perspectiva de la tipicidad canónica y conectado con la hipótesis de la termalización de los auto estados.

IV Contenido por semanas

Semana 1. Fundamentos de estadística, qué es probabilidad y su utilidad en la física.

Referencia: Capítulos 9 y 10 de [1]

Semanas 2-3 Aplicaciones de la teoría de probabilidad, teoremas de limite central principio de entropía y conexión con problemas en la física.

Referencia: Capítulo 11 y 13 de [1], principios del artículo [2].

Semana 4 Formulación clásica de la mecánica estadística, ideas generales propuestas por Gibbs y Boltzman de entropía y sus aplicaciones al calculo de cantidades fisicas en ensambles.

Referencia: Libro [3]

Semana 5. Implicaciones de las formulaciones propuestas por Gibbs y Boltzmann en mecánica cuántica y el problema de la termalización.

Referencia: Libro [3], [4]

Semanas 6-8 Aproximaciones post-clásicas al problema de equilibrio térmico: Caos y termalización cuántica en sistemas cerrados, aproximaciones basadas en la hipótesis de la termalización de autovalores (ETH)

Referencia: artículos [5],[6],[7], [8], [9], [10], [11], [12].

Semanas 8-11. Estadística de estados cuánticos en espacios de Hilbert de alta dimensionalidad, matrices aleatorias.

Referencias: [13], [14], [15], [16], [17].

Semanas 11-14. Tipicidad canónica

Referencias:[18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26]

Semanas 14-16. Nuevas perspectivas hacia el equilibrio térmico desde la perspectiva de la tipicidad canónica en conexión con (ETH) y sus aplicaciones.

V Metodología

Cada semana se tendrá una reunión con el estudiante con el fin de tener un seguimiento del trabajo de investigación efectuado de forma autónoma, siguiendo el plan de estudios propuesto.

VI Criterios de evaluación

La calificación del curso se otorga a partir de 3 informes presentados a lo largo del semestre, al igual que la regularidad por parte del estudiante en mostrar resultados en el transcurso del semestre.

Referencias

- [1] Jaynes, E. T, and G. Larry Bretthorst. Probability Theory: The Logic of Science. Cambridge, UK; New York, NY: Cambridge University Press, 2003. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511790423>.
- [2] Cramer, M, and J. Eisert. “A Quantum Central Limit Theorem for Non-Equilibrium Systems: Exact Local Relaxation of Correlated States.” New Journal of Physics 12, no. 5 (May 1, 2010): 055020. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/12/5/055020>.
- [3] Robertson, H.S. Statistical Thermophysics. Prentice Hall, 1993. <https://books.google.com.co/books?id=DvdwQgAACAAJ>.
- [4] Deutsch, J. M. “Quantum Statistical Mechanics in a Closed System.” Phys. Rev. A 43 (1991): 2046–49. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.43.2046>.
- [5] Srednicki, Mark. “Chaos and Quantum Thermalization.” Physical Review E 50, no. 2 (August 1, 1994): 888–901. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.50.888>.
- [6] Altland, Alexander, and Fritz Haake. “Quantum Chaos and Effective Thermalization.” Physical Review Letters 108, no. 7 (February 13, 2012). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.108.073601>.
- [7] Rigol, Marcos, Vanja Dunjko, and Maxim Olshanii. “Thermalization and Its Mechanism for Generic Isolated Quantum Systems.” Nature 452, no. 7189 (April 17, 2008): 854–58. <https://doi.org/10.1038/nature06838>.
- [8] Altland, Alexander, and Fritz Haake. “Equilibration and Macroscopic Quantum Fluctuations in the Dicke Model.” New Journal of Physics 14, no. 7 (July 4, 2012): 073011. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/14/7/073011>.

- [9] Masanes, Lluís, Augusto J. Roncaglia, and Antonio Acín. “Complexity of Energy Eigenstates as a Mechanism for Equilibration.” *Physical Review E* 87, no. 3 (March 18, 2013): 032137. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.87.032137>.
- [10] Page, Don N. “Average Entropy of a Subsystem.” *Physical Review Letters* 71, no. 9 (August 30, 1993): 1291–94. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.71.1291>.
- [11] Rigol, Marcos, and Mark Srednicki. “Alternatives to Eigenstate Thermalization.” *Physical Review Letters* 108, no. 11 (March 2012). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.108.110601>.
- [12] Goldstein, Sheldon, Joel L. Lebowitz, Christian Mastrodonato, Roderich Tumulka, and Nino Zanghi. “Approach to Thermal Equilibrium of Macroscopic Quantum Systems.” *Physical Review E* 81, no. 1 (January 7, 2010): 011109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.81.011109>.
- [13] Brandão, Fernando G. S. L., Piotr Ćwikliński, Michał Horodecki, Paweł Horodecki, Jarosław K. Korbicz, and Marek Mozrymas. “Convergence to Equilibrium under a Random Hamiltonian.” *Physical Review E* 86, no. 3 (September 4, 2012): 031101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.86.031101>.
- [14] Cramer, M. “Thermalization under Randomized Local Hamiltonians.” *New Journal of Physics* 14, no. 5 (May 1, 2012): 053051. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/14/5/053051>.
- [15] Hamma, Alioscia, Siddhartha Santra, and Paolo Zanardi. “Quantum Entanglement in Random Physical States.” *Physical Review Letters* 109, no. 4 (July 26, 2012): 040502. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.109.040502>.
- [16] Malabarba, Artur S. L., Luis Pedro García-Pintos, Noah Linden, Terence C. Farrelly, and Anthony J. Short. “Quantum Systems Equilibrate Rapidly for Most Observables.” *Physical Review E* 90, no. 1 (July 22, 2014): 012121. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.90.012121>.
- [17] Rigol, Marcos, and Mark Srednicki. “Alternatives to Eigenstate Thermalization.” *Physical Review Letters* 108, no. 11 (March 2012). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.108.110601>.
- [18] Linden, Noah, Sandu Popescu, Anthony J. Short, and Andreas Winter. “Quantum Mechanical Evolution towards Thermal Equilibrium.” *Physical Review E* 79, no. 6 (June 4, 2009): 061103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.79.061103>.
- [19] Popescu, Sandu, Anthony J. Short, and Andreas Winter. “Entanglement and the Foundations of Statistical Mechanics.” *Nature Physics* 2, no. 11 (November 2006): 754–58. <https://doi.org/10.1038/nphys444>.
- [20] Goldstein, Sheldon, Joel L. Lebowitz, Christian Mastrodonato, Roderich Tumulka, and Nino Zanghi. “Approach to Thermal Equilibrium of Macroscopic Quantum Systems.” *Physical Review E* 81, no. 1 (January 7, 2010): 011109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.81.011109>.
- [21] Goldstein, Sheldon, Joel L. Lebowitz, Roderich Tumulka, and Nino Zanghi. “Canonical Typicality.” *Physical Review Letters* 96, no. 5 (February 8, 2006): 050403. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.96.050403>.
- [22] Reimann, Peter. “Canonical Thermalization.” *New Journal of Physics* 12, no. 5 (May 1, 2010): 055027. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/12/5/055027>.
- [23] Santos, Lea F., Anatoli Polkovnikov, and Marcos Rigol. “Weak and Strong Typicality in Quantum Systems.” *Physical Review E* 86, no. 1 (July 5, 2012): 010102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.86.010102>.
- [24] Short, Anthony J. “Equilibration of Quantum Systems and Subsystems.” *New Journal of Physics* 13, no. 5 (May 1, 2011): 053009. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/13/5/053009>.
- [25] Short, Anthony J., and Terence C. Farrelly. “Quantum Equilibration in Finite Time.” *New Journal of Physics* 14, no. 1 (January 1, 2012): 013063. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/14/1/013063>.
- [26] Sugiura, Sho, and Akira Shimizu. “Canonical Thermal Pure Quantum State.” *Physical Review Letters* 111, no. 1 (July 1, 2013): 010401. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.111.010401>.