



Libro de Resúmenes de las II Jornadas Científicas del Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional

Universidad de Granada

23 de Octubre de 2015

Las Jornadas Científicas del Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional pretenden ser una plataforma de comunicación e intercambio de ideas entre los miembros que forman el Instituto. En este libro se presentan los resúmenes de las contribuciones a estas Jornadas. Aparecen en orden cronológico de acuerdo con el programa de las Jornadas, siendo las contribuciones un reflejo de algunas de las investigaciones que actualmente se realizan en este Instituto de Investigación.

COMITÉ ORGANIZADOR:

Elvira Romera Gutiérrez

Miguel Ángel Muñoz Martínez

Presentaciones Orales

Nonequilibrium statistical mechanics of turbulence

P. L. Garrido

*Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus
Fuentenueva, E-18071, Granada, Spain*

Estudiamos numéricamente un modelo de turbulencia desarrollado recientemente por D. Ruelle [1,2]. La cascada de energía que en el régimen turbulento va desde las escalas macroscópicas a las microscópicas es descrita por un modelo matemático equivalente de transporte de calor. Este modelo contiene a la teoría no fluctuante de Kolmogorov-Obukov y permite estudiar la estructura estadística de la turbulencia hidrodinámica. En particular estudiamos la distribución de los gradientes radiales de la velocidad en el caso de la turbulencia isotrópica y homogénea y la comparamos con los resultados experimentales de Schumacher et al [3]

1. D. Ruelle, "Hydrodynamic turbulence as a problem in nonequilibrium statistical mechanics." PNAS 109,20344-20346 (2012).
2. D. Ruelle, "Non-equilibrium statistical mechanics of turbulence." J. Statist. Phys. 157,205-218 (2014).
3. J. Schumacher, J. Scheel, D. Krasnov, D. Donzis, V. Yakhot, and K. Sreenivasan. "Small-scale universality in turbulence." PNAS 111,10961-10965 (2014).

Aislantes topológicos y caracterización de sus fases

M. Calixto

*Departamento de Matemática Aplicada e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva, E-18071,
Granada, Spain*

Los aislantes topológicos constituyen una categoría emergente de materiales con propiedades electrónicas exóticas que los distinguen de los tradicionales aislantes de banda. Las propiedades electrónicas a bajas energías de muchos de ellos vienen descritas por la ecuación de Dirac. En particular, las de materiales isoestructurales con grafeno como: siliceno, germaneno, etc., pero con un fuerte acoplamiento espín-órbita que posibilita una inversión del gap de energía (inversión de banda) entre estados de valencia y de conducción para los estados borde. La caracterización de fases topológicas para estos materiales se da tradicionalmente en términos de números cuánticos topológicos (clase de Chern). Nosotros proporcionamos nuevas caracterizaciones en términos de medidas de información cuántica, estadísticas y de espectro de energías.

1. M. Calixto and E. Romera , Europhysics Letters 109 (2015) 40003
2. E. Romera and M. Calixto , Journal of Physics: Condensed Matter 27 (2015) 175003
3. M. Calixto and E. Romera, Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment 6 (2015) P06029
4. E. Romera and M. Calixto, Europhysics Letters 111 (2015) 37006

Análisis de la distribución espectral de energía de regiones de formación estelar

M. Relaño

Departamento de Física Teórica y del Cosmos e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva, E-18071, Granada, Spain

La distribución espectral de energía de las regiones de formación estelar nos permite obtener información sobre las propiedades físicas de las componentes de estas regiones: estrellas, gas y polvo interestelar. En esta charla presentaremos el estudio de la distribución espectral de energía de una muestra de regiones de formación estelar y analizaremos las propiedades físicas que se pueden extraer. Para ello, ajustaremos las distribuciones espectrales con varios modelos que permiten extraer conclusiones físicas relevantes no sólo de las propias regiones sino de la galaxia que las acoge.

Potencial óptico protón-protón en la Tierra como en el Cielo

E. R. Arriola

*Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva,
E-18071, Granada, Spain*

Las colisiones protón-protón a muy altas energías tanto en el LHC como las generadas por rayos cósmicos proporcionan información sobre la estructura interna del protón. Analizamos cómo usando potenciales ópticos las actuales medidas a energías de $7 \text{ TeV} = 7 \times 10^9 \text{ eV}$ pueden dar pistas inesperadas y una estructura de la superficie del protón.

Estudiando quásares y galaxias mediante el efecto de microlente gravitatoria.

J. Jiménez

*Departamento de Física Teórica y Computacional e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva,
E-18071, Granada, Spain*

El efecto de lente gravitatoria se usa hoy de forma rutinaria para estudiar, desde la existencia de exoplanetas y propiedades de galaxias, hasta la propia geometría del universo. En particular, en esta charla se mostrará como, en quásares con múltiples imágenes por efecto de una lente gravitatoria, se puede utilizar el efecto de microlente gravitatoria producido por objetos compactos en la lente para estudiar las propiedades de la fuente (tamaño y estructura del disco de acreción del quásar) y de la galaxia lente (razón de masa en estrellas respecto de materia oscura, y su distribución radial).

Caracterización del orden de las transiciones de fase cuánticas en el espacio de las fases

E. Romera

*Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva,
E-18071, Granada, Spain*

El concepto extremadamente relevante de las transiciones de fase en Termodinámica ha sido extendido a diferentes situaciones de las que podemos destacar el estudio de sistemas cuánticos a temperatura cero. En estos sistemas aparecen las denominadas transiciones de fase cuánticas. Nosotros hemos propuesto un nuevo método para identificar el orden de las transiciones de fase cuánticas mediante medidas de área en el espacio de las fases para el estado fundamental del sistema. Hemos ilustrado nuestra propuesta analizando cinco modelos paradigmáticos: el modelo de cúspide cuántico, el modelo de Dicke, el de Lipkin-Meshkov-Glick, el de bosones interactuantes y el modelo vibrón bidimensional.

1. E. Romera, R. del Real, and M. Calixto, *Physical Review A* 85, 053831 (2012).
2. M. Calixto, R. del Real and E. Romera, *Physical Review A*, 86, 032508 (2012).
3. R. del Real, M. Calixto and E. Romera, *Physica Scripta* T153, 014016 (2013).
4. E. Romera, M. Calixto and O. Castaños, *Physica Scripta*. 89, 095103 (2014).
5. M. Calixto, O. Castaños and E. Romera, *EPL*, 108, 47001(2014).
6. O. Castaños, M. Calixto, F. Pérez-Bernal and E. Romera, Identifying the order of a quantum phase transition by means of Wehrl entropy in phase-space Preprint (2015).

Medidas de efectos relativistas en sistemas atómicos

J. C. Angulo

*Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva,
E-18071, Granada, Spain*

Se analizan los efectos relativistas en átomos neutros, tomando como base las discrepancias entre las densidades de carga electrónica calculadas en los marcos Hartree-Fock y Dirac-Fock. Para dicho análisis se emplean funcionales de la densidad de carácter comparativo, como cuantificadores de la disimilitud entre tales densidades. Un estudio detallado, a lo largo de toda la Tabla Periódica, pone de manifiesto la relevancia no solo de la masa de los sistemas considerados, sino también de su estructura de capas.

Evolución en tiempo real: modelos eco-evolucionarios y cambios catastróficos

M. A. Muñoz

Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva, E-18071, Granada, Spain

Evolutionary processes are usually believed to occur at a much slower pace than ecological ones; however, empirical evidence reveals that this separation in timescales can breakdown and that very rapid evolution, may take place in ecosystems, feeding back into community dynamics. We have develop a theoretical approach where eco- and evolutionary processes are merged together. In particular, we build a biodiversity model with ingredients taken from the two main theoretical approaches to community ecology, i.e. neutral and niche-based theories. Our model sheds light onto a number of empirical observations such as the possibility of rapid phenotypic diversification and the enhancement of ecosystem productivity with biological diversity, thus providing a general framework to rationalize eco-evolutionary processes.

On the other hand, catastrophic shifts such as desertification processes, massive extinctions, or stock market collapses are ubiquitous threats in nature and society. In these events, there is a shift from one steady state to a radically different one, from which recovery is exceedingly difficult. Thus, there is a huge interest in predicting and eventually preventing catastrophic shifts. Here we explore the influence of key mechanisms such as demographic fluctuations, heterogeneity, and diffusion, which appear generically in real circumstances. The mechanisms we study could ideally be exploited to smooth abrupt shifts and to make transitions progressive and easier to revert.

1. P. Villa, J. Hidalgo, R. Rubio de Casas and Miguel A. Muñoz, Unified Eco-.evolutionary theory of phenotypic diversification. Submitted to Nature Comm.
2. Paula Villa Martín, Juan A. Bonachela, Simon A. Levin and Miguel A. Muñoz , Proc. Nat. Acad. Sci. (PNAS) USA, 201414708 (2015).
3. S. Johnson, V. Dominguez-Garcia, L. Donetti, and M. A. Muñoz, Proc. Nat. Acad. of Sci. (PNAS) 2014 111 (50) 17923-17928.
4. J.Hidalgo, I.Grilli, S.Suweis, M.A.Muñoz, J.Banavar, and A.Maritan, Proc. Nat. Acad. of Sci. (PNAS) 2014 111 (28) 10095-10100.

Formación estelar fuera de galaxias

U. Lisefeld

*Departamento de Física Teórica y del Cosmos e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva, E-18071,
Granada, Spain*

Aun no se conocen bien las leyes que describen como se forman las estrellas del gas en las galaxias. Hay muchos parámetros que influyen, como las propiedades del gas (densidad, temperatura), las condiciones del medio interestelar (turbulencias, gradientes de velocidad) y el entorno de la galaxia a una escala más grande (grupos, cúmulos, interacciones entre galaxias).

Resumiré lo que sabemos sobre la formación estelar en galaxias en general, y en particular sobre la formación estelar teniendo lugar fuera de las galaxias, durante interacciones gravitatorias o en el entorno de grupos de galaxias.

Scaling violation and relativistic effective mass from quasielastic electron scattering: implications for neutrino reactions

I. Ruiz Simo

Departamento de Física Teórica y del Cosmos e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva, E-18071, Granada, Spain

The experimental data from quasi-elastic electron scattering from ^{12}C are reanalyzed in terms of a new scaling variable suggested by the interacting relativistic Fermi gas with scalar and vector interactions, which is known to generate a relativistic effective mass for the interacting nucleons. By choosing a mean value of this relativistic effective mass $m_N^* = 0.8m_N$, we observe that most of the data fall inside a region around the inverse parabola-shaped universal scaling function of the relativistic Fermi gas. This suggests a method to select the subset of data that highlight the quasi-elastic region, about two thirds of the total 2,500 data. Regardless the momentum and energy transfer, this method automatically excludes the data that are not dominated by the quasi-elastic process. The resulting band of data reflects deviations from the perfect universality, and can be used to characterize experimentally the quasi-elastic peak, despite the manifest scaling violation. Moreover we show that the spread of the data around the scaling function can be interpreted as genuine fluctuations of the effective mass $m_N^*/m_N \sim 0.8 \pm 0.1$. Applying the same procedure we transport the scaling quasi-elastic band into a theoretical prediction band for neutrino scattering cross section that is compatible with the recent measurements and slightly more accurate.

Medidas de complejidad generalizadas. Aplicación al cuerpo negro multidimensional

D. Puertas

*Departamento de Física Teórica y del Cosmos e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva, E-18071,
Granada, Spain*

En esta comunicación se definen nuevos cuantificadores de la complejidad de los sistemas cuánticos multidimensionales, se discuten sus propiedades de analiticidad y se aplican a un caso concreto: la distribución de frecuencias de un cuerpo negro de dimensión arbitraria a la temperatura T . Las medidas de complejidad introducidas cuantifican complementariamente varias facetas de la dispersión o esparcimiento de la densidad de probabilidad monoparticular del sistema en su dominio de definición, su contenido de gradiente y otras manifestaciones de la no-uniformidad de su distribución. Por otra parte, se obtienen nuevas frecuencias características del cuerpo negro que, como su frecuencia máxima, obedecen una ley de tipo Wien con respecto a la temperatura; y se generan magnitudes universales para el cuerpo negro, en el sentido de que solo depende de la dimensionalidad del universo.

Spin-based generalized entropic uncertainty relations of N fermion systems in d dimension

I. Valero

Departamento de Física Teórica y del Cosmos e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva, E-18071, Granada, Spain

In this talk some generalizations of the well-known standard Heisenberg uncertainty relation will be introduced by means of various information-theoretic measures (Fisher information, Shannon and Tsallis entropies) for d -dimensional quantum systems which, for N fermions systems, extend and generalize previous similar expressions. Also, the contributions of both spatial and spin degrees of freedom are taken into account. The accuracy of these new spin-based uncertainty products is tested for a large number of atomic and molecular systems. Later, an extremization method of these entropic measures will be presented for d -dimensional systems which allows to determine an extremum-entropy distribution (the “least-biased” one) used together with the spin-dependent uncertainty-relations of Daubechies-Thakkar type, as a tool to obtain uncertainty products of the type $\langle r \rangle^{\frac{k}{\alpha}} \langle p \rangle^k \geq f(N, d, s)$ for N fermion systems with spin s . The resulting uncertainty-like products are shown to often improve the best corresponding relationships existing in the literature.

I.V. Toranzo, P. Sánchez-Moreno, R.O. Esquivel and J.S. Dehesa, Chem. Phys. Lett. 614, 1 (2014).

I. V. Toranzo, S. López-Rosa, R. O. Esquivel and J. S. Dehesa, Phys. Rev. A 91, 062122 (2015).

I. V. Toranzo, S. López-Rosa, R. O. Esquivel and J. S. Dehesa, J. Phys. A, submitted.

Divergencias moleculares

A. L. Martín

Departamento de Física Teórica y del Cosmos e Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional, Campus Fuentenueva, E-18071, Granada, Spain

Las propiedades físico-químicas de átomos y moléculas se encuentran estrechamente ligadas a la distribución de probabilidad electrónica de dichos sistemas. La física de la información proporciona una serie de medidas que permiten analizar dicha distribución, lo que posibilita una cuantificación de las propiedades de estos sistemas en función de las características de la mencionada distribución de densidad de probabilidad. En particular las medidas de divergencia permiten establecer una comparación entre diferentes sistemas atendiendo a diversas cualidades de su densidad electrónica, tales como dispersión, carácter oscilatorio o comportamiento asintótico, estableciendo una relación entre estas magnitudes y su potencial de ionización, carga eléctrica o estructura de capas [1,2].

Existen ya numerosos estudios que analizan las densidades electrónicas de sistemas atómicos, pero muy pocos que se centren en densidades moleculares [3]. En este trabajo pretendemos analizar las densidades de probabilidad de una serie de 100 moléculas, variadas y representativas, mediante las medidas de información más relevantes, centrándonos en las magnitudes de divergencia, para poder establecer así una equivalencia entre los valores de dichas magnitudes y las principales propiedades moleculares, así como una comparación directa entre las distintas moléculas consideradas atendiendo a dichas magnitudes y propiedades.

1. J. Antolín, J. C. Angulo, S. Mulas, and S. López-Rosa Phys. Rev. A 90, 042511.
2. A.L. Martín, J.C. Angulo, J. Antolín. Physica A 392 (2013) 5552, 5563.
3. Rodolfo O Esquivel et al 2011 J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 44 175101.