

# Libro de resúmenes de las II Jornadas de Fundamentos, Filosofía e Historia de la Física



10, 13 y 14 de septiembre de 2021 - Buenos Aires - Argentina

Fortin, Sebastian, Holik, Federico e Ignacio Rojas

Libro de resúmenes de las II Jornadas de Fundamentos, Filosofía e Historia de la Física / Fortin, Sebastian, Holik, Federico e Ignacio Rojas Editores. -1a edición electrónica, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2021.

1. Filosofía de la física. 2. Historia de la física. 3. Fundamentos de la física.

Título: II Jornadas de Fundamentos, Filosofía e Historia de la Física

Editores: Fortin, Sebastian, Holik, Federico e Ignacio Rojas

Editorial: Grupo de filosofía de las ciencias de Buenos Aires

Lugar: Buenos Aires, Argentina

Año: 2021

Diseño editorial y diseño de portada: Sebastian Fortin

Coordinación editorial: Sebastian Fortin

Corrección: Federico Holik e Ignacio Rojas

Impreso en Argentina

Printed in Argentina

Las opiniones expuestas en los trabajos publicados en esta colección son de la exclusiva responsabilidad de sus autores.

## Índice

Programa .....	5
Ponencia: “El modelo cosmológico estándar y leyes fundamentales”, A. Filomeno .....	8
Ponencia: “Consecuencias de la singularidad cósmica inicial”, O. Moreschi .....	11
Ponencia: “Los límites de la cosmología como ciencia empírica”, A. Cassini .....	12
Ponencia: “Eliminativismo Nomológico”, C. Soto .....	14
Ponencia: “Planck’s Classical Quantum”, D. Taschetto .....	16
Ponencia: “Conservación de la energía-momentum en la relatividad general y modelos representacionales”, M. Herrera .....	17
Ponencia: “Sobre el estatus de la conservación de la energía en la física contemporánea”, E. Okon .....	19
Ponencia: “Una inesperada posibilidad para explicar el origen de la Energía Oscura Cosmológica”, D. Sudarsky .....	20
Ponencia: “Leyes y disposiciones en mecánica bohmiana”, A. Solé .....	22
Ponencia: “Aspectos lógicos y algebraicos en el desarrollo de una mereología cuántica y sus consecuencias ontológicas”, F. Holik .....	24
Ponencia: “Realismo Estructural Óptico: leyes, dinámica y modalidad”, I. Rojas .....	28
Ponencia: “La flecha del tiempo como una propiedad geométrica del universo”, O. Lombardi .....	30
Ponencia: “Tiempo relacional en la interpretación modal-Hamiltoniana”, M. Pasqualini & S. Fortin .....	32
Ponencia: “La cuarta dimensión: el tiempo en Relatividad General”, C. Bejarano .....	34
Ponencia: “Revisitando el Teorema “de Imposibilidad” de von Neumann”, P. Acuña .....	35

Ponencia: “Velocidad de fase, velocidad de grupo y velocidad de la luz: una guía (causal) para entender sus relaciones”, W. Quezada Pulido & L. Pavez	.....	36
Ponencia: “Los aportes de Julian Schwinger a la gravedad cuántica”, W. Lamberti & V. Rodríguez	.....	38
Ponencia: “Algunas cuestiones externas a la Física que incidieron en su desarrollo”, V. Menendez	.....	39
Ponencia: “¿Para qué fue creado el Mecanismo de Anticitera?”, E. Szigety	.....	40
Ponencia: “Alcance y poder de la clasificación entre teorías de marco e interacciones, el caso de la Relatividad General”, D. Romero Maltran & Nicolás Sepúlveda	.....	42
Ponencia: “Una posible teoría de la prueba para el retículo cuántico utilizando Nmatrices”, J. P. Jorge	.....	44
Ponencia: “Libros de texto y escritos originales sobre mecánica cuántica: un análisis desde la retorica para la enseñanza de la física”, E. German Garcia	.....	46
Ponencia: “La estructura lógica de los sistemas cuánticos y su dinámica”, M. Losada	.....	48
Ponencia: “Sobre experimentos de inversión temporal y los fenómenos irreversibles en mecánica”, S. Fortin y M. Gadella	.....	49

## Viernes 10 de septiembre

12:45 - 12:55 Ingreso al auditorio virtual

---

12:55 - 13:00 Apertura

---

13:00 - 13:30 **Aldo Filomeno** “El modelo cosmológico estándar y leyes fundamentales”  
Pontificia Universidad Católica  
de Valparaíso, Chile

---

13:30 - 14:00 **Osvaldo Moreschi** “Consecuencias de la singularidad cósmica inicial”  
Universidad Nacional de  
Córdoba, Argentina

---

14:00 - 14:30 **Alejandro Cassini** “Los límites de la cosmología como ciencia empírica”  
Universidad de Buenos Aires,  
Argentina

---

14:30 - 15:00 **Receso**

---

15:00 - 15:30 **Cristián David Soto** “Eliminativismo Nomológico”  
Universidad de Chile, Chile

---

15:30 - 16:00 **Diana Taschetto** “Planck’s Classical Quantum”  
Universidade de São Paulo, Brasil

---

16:00 - 16:30 **Manuel Jesús Herrera Aros** “Conservación de la energía-momentum en la relatividad general y modelos representacionales”  
CONICET - Universidad de  
Buenos Aires, Argentina

---

16:30 - 17:00 **Receso**

---

17:00 - 17:30 **Elías Okon** “Sobre el estatus de la conservación de la energía en la física contemporánea”  
Universidad Nacional Autónoma  
de México, México

---

17:30 - 18:15 **Daniel Sudarsky** “Una inesperada posibilidad para explicar el origen de la Energía Oscura Cosmológica”  
Universidad Nacional Autónoma  
de México, México

---

18:15 - 19:00 **Discusión libre**

## Lunes 13 de septiembre

12:45 - 13:00 Ingreso al auditorio virtual

13:00 - 13:30 **Albert Solé** “Leyes y disposiciones en mecánica bohmiana”  
 Universitat de Barcelona,  
 Cataluña

13:30 - 14:00 **Federico Holik** “Aspectos lógicos y algebraicos en el desarrollo de una  
 mereología cuántica y sus consecuencias ontológicas”  
 CONICET-UNLP, Argentina

14:00 - 14:30 **Ignacio Rojas** “Realismo Estructural Óptico: leyes, dinámica y modalidad”  
 Universidad de Buenos Aires,  
 Argentina - Becas Chile ANID

14:30 - 15:00 **Receso**

### Mesa redonda: Tiempo y temporalidad en física

15:00 - 15:30 **Cecilia Bejarano** “La cuarta dimensión: el tiempo en Relatividad General”  
 IAFE: CONICET - UBA

15:30 - 16:00 **Olimpia Lombardi** “La flecha del tiempo como una propiedad geométrica del  
 universo”  
 CONICET - Universidad de  
 Buenos Aires, Argentina

16:00 - 16:30 **Matías D. Pasqualini<sup>1,2</sup> & Sebastian Fortin<sup>1</sup>** “Tiempo relacional en la interpretación modal-Hamiltoniana”  
<sup>1</sup> CONICET - UBA, Argentina  
<sup>2</sup> UNR, Argentina

16:30 - 17:00 **Receso**

17:00 - 17:30 **Pablo Acuña** “Revisitando el Teorema “de Imposibilidad” de von Neumann”  
 Pontificia Universidad Católica  
 de Chile, Chile

17:30 - 18:15 **Wilfredo Quezada Pulido & Luis Pavez** “Velocidad de fase, velocidad de grupo y velocidad de la luz:  
 una guía (causal) para entender sus relaciones”  
 Universidad de Santiago de Chile,  
 Chile

18:15 - 19:00 **Discusión libre**

## Martes 14 de septiembre

12:45 - 12:55 Ingreso al auditorio virtual

13:00 - 13:30 **Pedro Walter Lamberti & Víctor Rodríguez** “Los aportes de Julian Schwinger a la gravedad cuántica”  
Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

13:30 - 14:00 **Vicente Menendez** “Algunas cuestiones externas a la Física que incidieron en su desarrollo”  
Instituto Superior de Formación Docente N°117, Argentina

14:00 - 14:30 **Esteban Szigety** “¿Para qué fue creado el Mecanismo de Anticitera?”  
Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina

14:30 - 15:00 **Receso**

15:00 - 15:30 **Diego Alonso Romero Maltrana** “Alcance y poder de la clasificación entre teorías de marco e interacciones, el caso de la Relatividad General”  
Universidad Católica de Valparaíso, Chile

15:30 - 16:00 **Juan Pablo Jorge** “Una posible teoría de la prueba para el retículo cuántico utilizando Nmatrices”  
CONICET - UBA, Argentina

16:00 - 16:30 **Edwin German Garcia** “Libros de texto y escritos originales sobre mecánica cuántica: un análisis desde la retorica para la enseñanza de la física”  
Universidad del Valle, Colombia

16:30 - 17:00 **Receso**

17:00 - 17:30 **Marcelo Losada** “La estructura lógica de los sistemas cuánticos y su dinámica”  
Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

17:30 - 18:00 **Sebastian Fortin<sup>1</sup> y Manuel Gadella<sup>2</sup>** “Sobre experimentos de inversión temporal y los fenómenos irreversibles en mecánica”  
<sup>1</sup> CONICET - UBA, Argentina  
<sup>2</sup> Universidad de Valladolid, España

18:00 - 19:00 **Discusión libre**

# El modelo cosmológico estándar y leyes fundamentales

Aldo Filomeno

*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*

Revisamos el estado de algunos presupuestos y límites bien conocidos en el modelo cosmológico estándar, evaluando si apoyan alguna teoría filosófica de las leyes de la naturaleza. Nos centramos concretamente en evaluar si hay apoyo a una explicación de las leyes fundamentales que durante mucho tiempo se ha estudiado en varios proyectos de física teórica, pero que se ha omitido en las teorías filosóficas: una explicación deflacionista de las leyes como emergentes de una dinámica no-lineal, caótica. Si tal dinámica se interpreta como meramente descriptiva, puede verse como un complemento a la teoría humeana, o si no como una teoría leyes distinta, inexplorada en filosofía de la ciencia, que evita las principales objeciones que enfrenta el acercamiento humeano.

Después de presentar las características del modelo FLRW (y las adiciones del  $\lambda$ -CDM), presentamos un mapa en el espacio de teorías de posibles tipos de teorías fundamentales (extraído de [Crowther & Linneman, 2018]). El objetivo de la charla es agregar a este mapa una opción ignorada.

1) Primero, citamos proyectos en física teórica, algunos ortodoxos y otros no, que respaldan o asumen este tipo de teoría fundamental. Entre los “mainstream”: la cosmología caótica (inflacionaria) [Misner 69, Linde 83], y entre los menos ortodoxos: el proyecto de "random dynamics" [Nielsen et. al 91] y proyectos de gravedad entrópica [Jacobson 95, Verlinde 17].

2) Evaluamos este tipo de teoría respecto a los criterios tradicionales no empíricos que orientan la investigación en física teórica de una teoría fundamental. A partir de una lista de [Crowther 2019], nos centramos en los criterios ampliamente debatidos de simplicidad, unificación y naturalidad (naturalness). Una dinámica caótica fundamental no parece cumplirlos. Una opción, que está aumentando en la literatura, es ignorar estos criterios. Sin embargo, incluso si los tomamos en serio, se puede argumentar que el tipo de teoría bajo consideración eliminaría la preocupación por estos criterios en el nivel fundamental.

3) La interpretación de que no hay un compromiso ontológico, responsable de "guiar" la complejidad dinámica fundamental debería generar sospechas. Hay explicaciones de leyes emergentes, pero surgen de otras leyes subyacentes (por ejemplo, teorías efectivas

de campos de otras teorías a escalas de energía más alta). Para abordar esto, citamos el estudio de [Filomeno 2019], y sus referencias (básicamente, resultados bien conocidos en la teoría de sistemas dinámicos), que tienen como objetivo evaluar la plausibilidad de la emergencia de leyes, no a partir de un caos determinista, sino de una trayectoria en el espacio de estados genuinamente aleatoria. Tales propuestas acaban requiriendo la postulación de condiciones, supuestamente no dinámicas, como condiciones cinemáticas o de contorno.

4) Esta nueva opción en el mapa aquí considerada es compatible con la imagen implícita habitual de que todo el universo se describe con un modelo FLRW. Aún así, esta opción se refuerza mutuamente con las alternativas al modelo FLRW que se investigan actualmente en física teórica. Para mostrar esto, comenzamos citando los límites epistemológicos del modelo cosmológico estándar, como se reconoce ampliamente en los libros de texto (por ejemplo, [Dodelson 2021, Hartle 2003], cf. [Beisbart 06, 09, Uzan 09]). El punto más simple y fuerte en apoyo de las alternativas a los modelos FLRW es la falta de garantía epistémica para extrapolar nuestro modelo local a la estructura global (cuyo tamaño podría ser, por ejemplo, decenas de órdenes de magnitud mayor). (Además, los problemas (controvertidos) de ajuste fino, como la expansión acelerada detectada del universo observable, relacionada con  $\lambda$ , se han interpretado como un argumento en apoyo a un universo mucho más grande, y diferente, de la región observable). Esta imagen alternativa se puede combinar con la nueva opción en el mapa aquí considerada, según la cual las condiciones de contorno antes mencionadas son contingencias locales de una región. Por ejemplo, siguiendo a [Smeenk 2013, 644], “the inflaton field tunneled into a local minima with certain properties”, o sea, si aceptamos que ocurrió algo como la transición de la fase inflacionaria en el universo temprano, una opción es que el campo inflatón debido a un efecto túnel acabe en un mínimo local con ciertas propiedades.

Una virtud de esta opción aquí considerada es que responde a la pregunta de "por qué estas leyes en lugar de otras". Esto sin necesidad de invocar un multiverso: la respuesta se basa en la contingencia de las condiciones iniciales y de contorno, y una explicación del surgimiento de leyes efectivas en niveles de energía más bajos. A diferencia de la explicación humeana del Best System, esta forma deflacionista de entender las leyes explica tanto las regularidades no accidentales como su ubicuidad (el grado extremadamente alto de regularidad del mosaico humeano).

REFERENCIAS (selección):

J. D. Barrow, A chaotic cosmology, *Nature* 267 (1977), 117–120.

Robert W. Batterman, *The devil in the details: Asymptotic reasoning in explanation, reduction, and emergence*, Oxford University Press, 2001.

Dodelson, *Modern Cosmology* (Fermilab and Chicago U.) Academic Pr. (2003)

Beisbart, Claus (2016). *Philosophy and Cosmology*. In Paul Humphreys (ed.), *Oxford Handbook in the Philosophy of Science*. Oxford, Vereinigtes Königreich: pp. 817-835.

Beisbart, Claus (2009). *Can We Justifiably Assume the Cosmological Principle in Order to Break Model Underdetermination in Cosmology?* *Journal for General Philosophy of Science* 40 (2):175-205.

J.L. Chkareuli, C.D. Froggatt, and H.B. Nielsen, *Spontaneously Generated Tensor Field Gravity*, *Nucl.Phys. B*848 (2011), 498–522.

S Chadha and Holger Bech Nielsen, *Lorentz invariance as a low energy phenomenon*, *Nuclear Physics B* 217 (1983), no. 1, 125–144.

Karen Crowther, *When do we stop digging? conditions on a fundamental theory of physics, What is ‘Fundamental’?*, Springer, 2019.

George F.R. Ellis, *Issues in the philosophy of cosmology*. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 2014

Aldo Filomeno, *Stable regularities without governing laws?*, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 66 (2019), 186–197.

C.D. Froggatt and H.B. Nielsen, *Origin of symmetries*, World Scientific, 1991.

Ted Jacobson, *Thermodynamics of space-time: The Einstein equation of state*, *Phys.Rev.Lett.* 75 (1995), 1260–1263.

A.D. Linde, *Chaotic inflation*, *Physics Letters B* 129 (1983), no. 3, 177 – 181.

Charles W. Misner, *Mixmaster universe*, *Phys. Rev. Lett.* 22 (1969), 1071–1074.

Shinji Mukohyama and Jean-Philippe Uzan, *From configuration to dynamics: Emergence of Lorentz signature in classical field theory*, *Phys.Rev. D*87 (2013), no. 6, 065020.

Smeenk, Chris (2013). *Philosophy of Cosmology*. In Robert Batterman (ed.), *Oxford Handbook of Philosophy of Physics*. Oxford: Oxford University Press. pp. 607-652.

P. J. E. Peebles, *Cosmology’s Century: An Inside History of Our Modern Understanding of the Universe*, Princeton University Press, 2021

# Consecuencias de la singularidad cósmica inicial

Oswaldo Moreschi

*Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*

Deseamos indagar en lo que se obtiene de exigir algunos postulados fundamentales; comenzando por: 'El universo tiene una singularidad inicial.' Pero también consideraremos otras ineludibles como: 'El principio de causalidad.'

A lo largo de la charla, presentaremos otros temas que consideramos deben ser incluidos en esta discusión. Usaremos parte del estilo del pensamiento de Leibniz en lo concerniente a las nociones de necesidad, contingencia y de que vivamos en el mejor de los mundos (universos) posibles.

También recurriremos a anteriores aportes nuestros sobre lenguajes formales, entropía del universo temprano y plantearemos relaciones con el teorema de Gödel, el contenido de información en una región del espaciotiempo, el tratamiento físico del presente y otros. Concluiremos con especulaciones sobre la naturaleza del universo temprano.

# Los límites de la cosmología como ciencia empírica

Alejandro Cassini

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

Durante muchos siglos, la cosmología fue solo una rama de la metafísica especulativa, carente de toda base empírica. Kant rechazó la posibilidad de la cosmología especulativa, pero, si se la entiende como la ciencia del universo como un todo, también la de la cosmología empírica, ya que el universo en su totalidad no puede ser objeto de experiencia. Una manera de escapar a la crítica kantiana es limitar el objeto de estudio de la cosmología a la región observable del universo. Otra estrategia, consiste en reconocer que la cosmología tiene limitaciones que la vuelven mucho más incierta que otras ramas de la física. En este trabajo exploraré ambas estrategias y argumentaré a favor de la primera.

En principio, una cosmología robusta debería basarse en tres pilares diferentes: 1) Una teoría acerca de la estructura global del espacio-tiempo; 2) una teoría de la gravitación aplicable a gran escala; y 3) un conocimiento razonablemente preciso acerca de la región observable del universo. En la física newtoniana, estos tres elementos son todos independientes entre sí. La era de la cosmología actual comienza con la aplicación de la teoría de la relatividad general al “mundo como un todo”, que hizo el propio Einstein en 1917. Allí los tres ingredientes de la cosmología se vuelven interdependientes. Sin embargo, el tercero era el más débil, ya que se limitaba a un conocimiento todavía impreciso de la Vía Láctea, lo cual llevó a Einstein a afirmar que su modelo cosmológico era “un castillo en el aire”. En general, lo mismo puede decirse de casi todos los modelos cosmológicos, relativistas o no, durante la mayor parte del siglo XX. El alto margen de error con el que se conocían los principales parámetros cosmológicos (el de densidad o la constante de Hubble, por ejemplo) permitía la coexistencia de diferentes modelos cosmológicos, sin que la evidencia pudiera discriminar entre ellos.

La situación cambió notablemente en el siglo XXI cuando los satélites exploradores, principalmente la misión Planck, permitieron medir con un alto grado de precisión casi todos los principales parámetros cosmológicos. Esa evidencia, junto con el descubrimiento de la expansión acelerada del universo, permitió la elaboración del llamado “modelo de la concordancia”  $\Lambda$ CDM (lambda cold dark matter), mayoritariamente considerado como el que tiene la mejor adecuación empírica. Sin

embargo, permanecen al menos tres limitaciones importantes: 1) la posible existencia de singularidades a las que no puede aplicarse la teoría de la relatividad general; 2) la existencia de diferentes horizontes cosmológicos que limitan la región observable del universo; y 3) la subdeterminación de la estructura global del espacio-tiempo por cualquier medición a escala local. En este trabajo se analiza cada una de estas limitaciones y se concluye que, por el momento, parecen ser insuperables. Por esa razón, resulta razonable limitar el alcance de la cosmología al universo observable, sin extraer de allí conclusiones acerca del universo como un todo.

# Eliminativismo Nomológico

**Cristián David Soto**

*Universidad de Chile, Chile*

El eliminativismo nomológico nos invita a eliminar las leyes de la naturaleza (o leyes físicas) tanto de la jerga científica como de nuestra interpretación filosófica de la misma. Entre los argumentos a los que se aduce, se recuerda el origen teológico de las leyes físicas en la filosofía natural; se enfatiza la oscuridad de las concepciones metafísicas de leyes de la naturaleza; se argumenta que tales leyes son ontológicamente redundantes; y se sostiene que otros elementos de la teorización científica, tales como los modelos, las simetrías y las ecuaciones, pueden reemplazar a las leyes en nuestra interpretación de la estructura de las teorías científicas (Giere 1988, 1999; van Fraassen 1989; Mumford 2004).

En este artículo rechazamos el eliminativismo nomológico recurriendo a una concepción minimalista de las leyes físicas, que recoge aspectos de las diversas maneras en las que estas de hecho aparecen en la práctica científica. Primero, mostraremos, que el eliminativismo nomológico descansa en una concepción monolítica errada de las leyes físicas, que no reconoce la evolución biográfica de la expresión en los últimos tres siglos. Segundo, sostendremos que las leyes físicas juegan numerosos roles en la formulación de generalizaciones empíricas y en la construcción de modelos de diversos tipos, facilitando la presentación sistemática de una teoría y permitiendo una mejor comprensión de relaciones inferenciales intra e inter-teóricas. Y tercero, esbozaremos una interpretación pluralista de las prácticas epistémicas orientadas a la formulación de leyes.

Contra nuestra propuesta, podría sostenerse que la interpretación minimalista de las leyes físicas que inspira nuestro análisis no corresponde a lo que soñó la física metafísico-teológica de Descartes y Newton, o a lo que buscó la metafísica nomológica contemporánea. Responderemos, sin embargo, que ese es efectivamente el caso y que ello no representa un problema si lo que se quiere es dar cuenta de las leyes físicas que encontramos en la práctica científica.

Referencias bibliográficas

Giere, Ronald. 1988. *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago and London, The University of Chicago Press.

\_\_\_\_\_ 1999. *Science without Laws*. Chicago y Londres, The University of Chicago Press.

Mumford, Stephen. 2004. *Laws in Nature*. London and New York, Routledge.

van Fraassen, Bas. 1980. *The Scientific Image*. Oxford, Clarendon Press.

\_\_\_\_\_ 1989. *Laws and Symmetry*. Oxford, Clarendon Press.

# Planck's Classical Quantum

**Diana Taschetto**

*Universidade de São Paulo, Brasil*

The framework within which the entirety of the enterprise of theoretical physics is carried out today is built from the ground up on the idea of quantization, which, according to the standard story, was introduced ad hoc by Max Planck to derive the correct black-body radiation law in 1900, thereby inaugurating the quantum revolution. This historical fact was boldly disputed by Thomas Kuhn in the iconoclastic “Black-body Theory and Quantum Discontinuity” (1978); his work notwithstanding, the orthodox story still stubbornly prevails. In this talk, by appealing not to detailed historiography, like Kuhn, but to simple and careful reading of the well-known contemporaneous books and articles, I offer logical and philosophical arguments to show that the orthodox story is incoherent – and explain how Planck’s derivation is properly to be understood.

# Conservación de la energía-momentum en la relatividad general y modelos representacionales

Manuel Jesús Herrera Aros

*CONICET - Universidad de Buenos Aires, Argentina*

El problema de la conservación de la energía-momentum en la relatividad general (en adelante, RG) se encuentra relacionado a la pregunta de si podemos hablar, en un sentido sustantivo, de genuinas leyes (o ecuaciones) de conservación diferenciales y/o integrales, tanto para la energía-momentum de los campos de materia como para la energía-momentum total (campos de materia más campo gravitacional), en el marco de esta teoría física. En el estudio de la RG se suele presentar una expresión de conservación diferencial (CD) para la energía-momentum total y una expresión de conservación integral (CI) para la misma cantidad. Ambas formuladas en términos del tensor  $T^{\mu\nu}$  del pseudo-tensor  $t^{\mu\nu}$ , los cuales capturan a la energía-momentum de los campos de materia y del campo gravitacional, respectivamente. La expresión CI puede ser derivada a partir de CD solo cuando el espacio-tiempo en cuestión cumple ciertas condiciones relacionadas con la noción de planitud asintótica.

Recientemente, el debate en torno a la conservación de la energía-momentum en la RG se ha relacionado con el problema acerca de los modelos usados en la representación científica. En particular, cuando nos centramos en el debate en torno a CI podemos identificar los siguientes argumentos. Por un lado, nos encontramos con la posición eliminativista, la cual afirma que CI no se encuentra bien definida debido a que solo es válida bajo ciertas condiciones –asociadas con la planitud asintótica– que no guardan relación con las características que realmente presenta nuestro mundo actual (Hofer, 2000). La respuesta realista, por otro lado, afirma que toda teoría física presenta algún tipo de modelo representacional (por ejemplo, idealizaciones o aproximaciones), por lo que no podemos esperar que estas se apliquen al mundo actual en un sentido fuerte (Read, 2020). Por último, Duerr (2019a), simpatizante del punto de vista eliminativista, reinterpreta los argumentos de Hofer y Read evaluándolos desde la mirada del realismo selectivo. La conclusión del autor es que la planitud asintótica no es más que un postulado ocioso de la teoría y que, por lo tanto, no encuentra ningún correlato en la realidad.

De acuerdo a lo expuesto en los párrafos anteriores, en este trabajo se analizan críticamente los argumentos asociados a los modelos representacionales que rondan a la

conservación de la energía-momentum en la RG. A partir de este análisis, se argumenta a favor del punto de vista realista respecto a la conservación integral de la energía-momentum total en contextos relativistas generales.

## Bibliografía

De Haro, S. (2021). Noether's Theorems and Energy in General Relativity. arXiv:2103.17160v1

Duerr, P. (2019a). Against 'functional gravitational energy': a critical note on functionalism, selective realism, and geometric objects and gravitational energy. *Synthese*. <https://doi.org/10.1007/s11229-019-02503-3>.

Duerr, P. (2019b). Fantastic Beasts and where (not) to find them: Local gravitational energy and energy conservation in general relativity. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 65, 1 – 14.

Hofer, C. (2000). Energy Conservation in GTR. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 31, 187-199.

Lam, V. (2011). Gravitational and Nongravitational Energy: The Need for Background Structures. *Philosophy of Science*, 78, 1012–1024.

Misner, C., Thorne, T. y Wheeler, J. (1973). *Gravitation*. San Francisco: Freeman and Company

Read, J. (2020). Functional Gravitational Energy. *British Journal for the Philosophy of Science*, 71, 205 – 232.

Wald, R. (1984). *General Relativity*. Chicago: University of Chicago Press.

# **Sobre el estatus de la conservación de la energía en la física contemporánea**

**Elías Okon**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

Comienzo examinando el papel de las leyes de conservación en diferentes escenarios clásicos; encuentro que, en dicho contexto, las leyes de conservación son útiles, pero no esenciales. A continuación, considero el caso cuántico, y descubro que los problemas conceptuales de la formulación estándar obstruyen un análisis riguroso del asunto. En consecuencia, analizo el estatus de la conservación de energía en las diferentes propuestas para resolver dichos problemas conceptuales, y en ningún caso encuentro una definición satisfactoria de energía que se conserve genéricamente.

# **Una inesperada posibilidad para explicar el origen de la Energía Oscura Cosmológica**

**Daniel Sudarsky**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

Los caminos existentes para la resolución de los problemas conceptuales de la mecánica cuántica, genéricamente involucran violación de la conservación del tensor de energía momentum en el régimen semi-clásico ( en el que aun se puede hablar del espacio-tiempo como tal).

De igual manera ideas acerca de la interfaz entre la cuántica y la gravitación, incluyendo el surgimiento del espacio-tiempo mismo, nos han llevado a especulaciones específicas sobre la manera en que los anticipados aspectos discretos asociados con la gravedad cuántica podrían manifestarse de manera mesoscópica incluyendo violaciones a la conservación local de energía.

Por otro lado, dichos efectos son simplemente incompatibles con la Relatividad General, pero resulta que hay una descripción modificada de la gravitación, originalmente considerada por Einstein mismo, y conocida como la Gravedad Unimodular, que puede, bajo ciertas condiciones, acomodarlos. En la cosmología el resultado es un mecanismo para la generación de la constante cosmológica o energía oscura que hoy por hoy se estima representa el 70 % del contenido energético del Universo.

Consideramos la manera natural en que dichos efectos se pudieran manifestar efectivamente a nivel de un tratamiento simple de la materia cósmica. Esto nos nos lleva a obtener estimaciones que resultan de manera natural, del orden del valor de la Energía Oscura que se extrae de las observaciones.

Consideramos que se trata de un resultado altamente no trivial pues las estimaciones usuales dan resultados que son 120 ordenes de magnitud mayores. Si todo esto resultara ser correcto, las observaciones que indican la presencia dominante del componente conocido como Energía Oscura en el universo actual, serían las primeras evidencias concretas de un aspecto discreto en la estructura misma del espacio-tiempo.

Finalmente consideramos que se trata de un claro ejemplo en que ciertas consideraciones fundacionales de la física, terminan conectándose con posibles soluciones para tratar con problemas que se suelen considerar lejanos a dicho tipo de preocupaciones.

Es decir, que aca se ilustra la falacia, abundante en ámpilos sectores de la comunidad de físicos, según la cual, este tipo tipos de consideraciones, simplemente no son relevantes a la hora de hacer predicciones físicas.

# Leyes y disposiciones en mecánica bohmiana

Albert Solé

*Universitat de Barcelona, Catalunya*

En mecánica bohmiana se postula la existencia de partículas cuyo movimiento depende de la función de onda, de acuerdo con la denominada «ecuación de guía»:

$$\frac{d\mathbf{X}_i}{dt} = \frac{h}{2\pi m_i} \text{Im} \left( \frac{\nabla_i \Psi(\mathbf{X}(t), t)}{\Psi(\mathbf{X}(t), t)} \right)$$

La función de onda, a su vez, obedece la ecuación de Schrödinger sin excepción. Si bien el postulado de las partículas no genera una gran controversia interpretativa, recientemente, se ha discutido mucho acerca de qué interpretación debe recibir la función de onda o campo cuántico en el seno de esta teoría.

En este sentido, la opción más intuitiva quizás sea interpretar la función de onda como representando a un campo físico que “arrastra” las partículas, en analogía con los campos clásicos. Esta interpretación ha sido defendida por el propio Bohm (véase Bohm y Hiley (1993)) así como por algunos de los más celebres defensores de la mecánica bohmiana, entre ellos, J.S. Bell y P. Holland. Sin embargo, la propuesta no está exenta de dificultades, siendo una de ellas el hecho conocido de que la función de onda, matemáticamente, está definida en el espacio de configuración y no en el espacio físico tridimensional.

Una de las alternativas más discutidas es la denominada «interpretación nomológica» de la función de onda. Dicha interpretación consiste en atribuir a la función de onda el carácter de una ley y ha sido propuesta por D. Dürr, S. Goldstein y N. Zanghì (en adelante DGZ; véase GZ (2013) para una presentación detallada). Finalmente, también se ha defendido que cabe interpretar a la función de onda como una propiedad disposicional de los sistemas bohmianos. Dentro del disposicionalismo no hay consenso, pues algunos autores sostienen que solo cabe atribuir una disposición holística al universo entero (entendido como el conjunto de todas las partículas bohmianas) y otros autores atribuyen una disposición a cada una de las partículas. Me refiero la primera variedad de disposicionalismo como “global” (véase Esfeld et al. 2014) y a la segunda como “de partículas” (véase Suárez 2015).

En esta comunicación introduciré brevemente la interpretación nomológica, tal y como ha sido discutida por DGZ y la compararé con el disposicionalismo. En este sentido,

argumentaré que la interpretación nomológica supone una revisión de las intuiciones modales que ordinariamente se asocian con la mecánica bohmiana y que el disposicionalismo no adolece de dicha consecuencia. Por otro lado, en relación con el disposicionalismo, defenderé que un argumento planteado en la literatura contra el disposicionalismo de partículas por Dorato (2015) no es convincente.

#### Referencias

Bohm, D., and Hiley, B. J. (1993). *The undivided universe: An ontological interpretation of quantum theory*. London: Routledge & Kegan Paul.

Dorato, M. (2015): “Laws of Nature and the Reality of the Wave Function”, *Synthese* 192(10), pp. 3179–3201.

Esfeld, M., D. Lazarovici, M. Hubert and D. Dürr (2014), “The Ontology of Bohmian Mechanics”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 65, pp. 773–796.

Goldstein, S., and Zanghì, N. (2013): “Reality and the Role of the Wave Function in Quantum Theory.” In Ney, A. and Albert, D.Z. (Eds.), *The Wave Function*. (pp. 91–109). New York: Oxford University Press.

Suárez, M. (2015). Bohmian dispositions. *Synthese*, 192(10), pp. 3203–3228.

# Aspectos lógicos y algebraicos en el desarrollo de una mereología cuántica y sus consecuencias ontológicas

Federico Holik

*CONICET-Universidad Nacional de La Plata, Argentina*

La mereología se centra en el estudio de las relaciones entre el todo y las partes (ver, por ejemplo, [Lesniewski-1992; Simons-2000; Leonard & N. Goodman-1940; Tarski-1969]). En este trabajo discutiremos distintos desarrollos y problemas abiertos vinculados a la formulación de una mereología cuántica [Krause-2017]. Es decir, nos enfocaremos en la formulación de una mereología que tenga en cuenta las propiedades específicas de los sistemas cuánticos. Como es sabido, cuando los sistemas cuánticos se presentan en agregados, revelan características peculiares que representan un desafío para el estudio y caracterización de sus propiedades mereológicas (ver por ejemplo, la discusión presentada en [Krause-2011] y [Krause-2017]). En este trabajo analizaremos los problemas abiertos para el desarrollo de una mereología cuántica a la luz de distintos abordajes previos y presentaremos nuevos resultados en esa dirección. En particular, discutiremos distintos avances en el desarrollo de sistemas formales para describir la relación todo-partes en el contexto de la teoría cuántica [da Costa & Holik-2015; Holik, Massri & Ciancaglini-2012; Holik, Gómez & Krause-2016; Krause-2017; Obojska-2019].

Cuando los sistemas cuánticos son considerados en agregados, presentan múltiples características salientes que no tienen análogo en la física clásica. En este trabajo, vamos a considerar tres características centrales de la teoría cuántica que son, desde el punto de vista conceptual, diferentes entre sí.

La primera de ellas es el entrelazamiento: la información del sistema compuesto no se reduce a la que está contenida en sus subsistemas. Como consecuencia de ello, los estados cuánticos dan lugar a correlaciones que no se pueden describir en términos de variables ocultas locales, hecho que se encuentra detrás de la violación de las desigualdades de Bell. Esto ha dado lugar a múltiples desarrollos que permiten caracterizar, desde un punto de vista lógico, al problema de la no-separabilidad cuántica (ver por ejemplo [Holik, Massri & Ciancaglini-2012; Holik, Gómez & Krause-2016]), dando lugar a una formulación que permite presentar a la noción de entrelazamiento de una forma que es adecuada para su tratamiento mereológico.

La segunda, es que los sistemas cuánticos de una misma clase (por ejemplo, todos los electrones) son indistinguibles [French & Krause-2006]. Esto ha dado lugar a distintas elaboraciones que tienen en cuenta la existencia de sistemas Bosónicos (los cuales obedecen a la estadística de Bose-Einstein y pueden aglomerarse de forma coherente para constituir condensados de Bose-Einstein) y Fermionicos (los cuales cumplen con el principio de exclusión de Pauli y obedecen a las estadísticas de Fermi Dirac). Es importante destacar a la teoría de cuasiconjuntos como un ejemplo de sistema formal que permite capturar la idea de colecciones de entidades que son absolutamente indiscernibles [French & Krause-2006; Krause-2011].

La tercera, está vinculada al hecho de que es posible producir superposiciones de estados con distintos números de componentes asociados: tal es el caso de los estados coherentes del campo electromagnético, los cuales presentan fluctuaciones en el número de fotones a ser detectados. En este último caso, de acuerdo a la interpretación estándar, el número de componentes queda indeterminado. Esto representa un desafío para el desarrollo de un sistema formal que capture dicha característica. La mayoría de los abordajes mereológicos dejan de lado este último punto, el cual es crucial en la teoría cuántica, especialmente, en teorías de campos cuánticas (ver la discusión en [da Costa&Holik-2015] y [Domenceh & Holik-2007]). Es importante destacar que el número indefinido de componentes puede ser representado también apelando a la construcción de un espacio de Fock basado en la teoría de cuasiconjuntos [Domenceh, Holik & Krause-2008].

En esta charla, discutiremos estos tres aspectos en el marco de los desarrollos presentados en [da Costa&Holik-2015], y comparándolos con abordajes previos. Pondremos especial foco en la caracterización lógica de la superposición y de la indefinición presentadas en [da Costa&Holik-2015], analizando particularmente el caso de número indefinido de componentes. Analizaremos también la relación todo-partes desde el punto de vista de los mapas que vinculan a estados del sistema compuesto con los de sus subsistemas [Holik, Massri & Ciancaglini-2012; Holik, Gómez & Krause-2016]. Estos elementos permiten dar una caracterización formal (lógico/algebraica) del entrelazamiento, la indistinguibilidad y el número indefinido de componentes y, por ende, de la relación todo vs partes en la teoría cuántica. Finalmente, extraeremos algunas conclusiones respecto de las consecuencias que tienen estos desarrollos para las distintas interpretaciones del formalismo cuántico.

- [da Costa & Holik-2015] N.C.A. da costa and F. Holik. "A formal framework for the study of the notion of undefined particle number in quantum mechanics". *Synthese*, volume 192, pages 505-523 (2015).
- [Domenech & Holik-2007] G. Domenech, F. Holik. "A Discussion on Particle Number and Quantum Indistinguishability". *Found. Phys.* 37, 855–878 (2007).
- [Domenech, Holik & Krause-2008] G. Domenech, F. Holik & D. Krause. "Q-spaces and the Foundations of Quantum Mechanics". *Found. Phys.* 38, 969–994 (2008).
- [Domenech, Holik & Massri-2010] G. Domenech, F. Holik & C. Massri. "A quantum logical and geometrical approach to the study of improper mixtures". *Journal of Mathematical Physics* 51, 052108 (2010).
- [French & Krause-2006] S. French & D. Krause. *Identity in Physics: A Historical, Philosophical, and Formal Analysis*; Oxford University Press: Oxford, UK, (2006).
- [Holik, Massri & Ciancaglini-2012] F. Holik, C. Massri & N. Ciancaglini. "Convex Quantum Logic". *Int. J. Theor. Phys.* 51, 1600–1620 (2012).
- [Holik, Gómez & Krause-2016] F. Holik, I. Gómez & D. Krause. "Quantum logical structures for similar particles". *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 2 n. 1: Série 4 (2016).
- [Krause-2017] D. Krause. "Quantum mereology". In Seibt J. Imaguire G. Burkhard, H. and S. Gerogiorgakis, editors, *Handbook of Mereology*, pages 469–472, (2017). *Philosophia Verlag GmbH*.
- [Krause-2011] D. Krause. "A Calculus of Non-Individuals (Ideas for a quantum mereology)", in Dutra, L. H. A.; Meyer Luz, A. (eds.), *Linguagem, Ontologia e Ação*. Col. Rumos da Epistemologia Vol 10, pp. 82-106. Florianópolis, NEL/UFSC (2011).
- [Leonard & N. Goodman-1940] H. Leonard & N. Goodman. "The calculus of individuals and its uses". *Journal of Symbolic Logic*, 5 (1940): 45-55.
- [Lesniewski-1992] S. Lesniewski. "On the foundations of mathematics". *Collected Works*. Eds. S. J. Surma, J. T. Srzednicki, D. I. Barnett & V. F. Rickey. Dordrecht: Kluwer, [1927-1931] 1992.
- [Obojska-2019] L. Obojska. "The Parthood of Indiscernibles". *Axiomathes*, 29, 427-439 (2019).
- [Simons-2000] P. Simons. *Parts. A Study in Ontology*. Oxford: Oxford University Press, 2000.

[Tarski-1969] A. Tarski. "Foundations of the geometry of solids". *Logic, Semantics and Metamathematics*. Oxford: Oxford University Press, (1969).

# **Realismo Estructural Óptico: leyes, dinámica y modalidad**

**Ignacio Rojas**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina - Becas Chile ANID*

El objetivo general de este trabajo es investigar el estatus de las leyes en el marco del Realismo Estructural Óptico (REO) y su rol en la articulación del carácter modal de las estructuras consideradas como ontológicamente fundamentales. Si un realista respecto a las leyes tradicionalmente ha entendido a estas como entidades que, de alguna forma, rigen o determinan el comportamiento y/o evolución de los objetos que conforman la ontología del mundo, para un realista estructural, que propone una revisión radical de dicha ontología, el estatus de las leyes mismas también debiera ser re conceptualizado.

El Dilema Central formulado por Mumford (2004) puede ser formulado en los siguientes términos: o bien las leyes son independientes de, o externas a, las propiedades a las que rigen, o bien dependen de ellas y, por lo tanto, no podrían ejercer dicho rol. Por supuesto, Mumford propone desechar a las leyes como entidades sustantivas y conservar solo a las disposiciones como entidades fundamentales ontológicamente entendidas.

Sin embargo, French y Cei (2010) y French (2014) han propuesto que, para salir de este impasse, el realista respecto a las leyes puede abandonar la supuesta función de gobernanza de las leyes, la que sería sólo una metáfora, y, en cambio, adoptar una relación de dependencia metafísica entre las entidades que estas regirían, las que tendrían solo un carácter derivado, y considerar a las leyes como ontológicamente fundamentales. Así mismo, esta concepción estructuralista de las leyes permitiría incorporar un aspecto fundamental de las teorías científicas que el disposicionalismo de Mumford no podría: las simetrías.

En este sentido, al articular el tipo de realismo estructural que él defiende, French ha planteado que tanto las leyes como las simetrías debiesen ser entendidas como características descriptivas fundamentales de las estructuras que conformarían la ontología del mundo. Llevando este cambio de foco hacia las relaciones, French dirá que los supuestos objetos fundamentales de las teorías emergen o se derivan de las leyes y simetrías de las teorías mismas, en el sentido de que, así como los objetos dependen de las estructuras, las propiedades dependen de las leyes.

Sin embargo, un aspecto de la respuesta ofrecida por French es que la modalidad de las estructuras, en términos de leyes y simetrías, permite determinar los tipos posibles de sistemas físicos definidos por las teorías físicas fundamentales y las propiedades que necesariamente los definen como tales, pero no resulta tan claro cómo se podría entender en este marco estructuralista la evolución dinámica de dichos sistemas físicos. Así, a partir del cuadro brindado por French podría derivarse una imagen del mundo como un tipo de ‘formalismo congelado’, brindado por las estructuras, pero que carecería de dinámica, privado de evolución y cambio, lo que, evidentemente, entraría en conflicto con la descripción provista por nuestras mejores teorías científicas.

La pregunta central que orientará esta investigación, entonces, será en qué medida la concepción de las leyes y simetrías ofrecida por el REO permitiría, por una parte, aprehender de manera adecuada la modalidad primitiva de las estructuras y, por otra, de qué manera dicha noción de modalidad permitiría capturar la dinámica, evolución y cambio propios del mundo conformado por dichas estructuras.

#### Referencias

Cei, A. y French, S. (2010). “Getting Away from Governance: A Structuralist Approach to Laws and Symmetries” [preprint], disponible en <http://philsci-archive-dev.library.pitt.edu/id/eprint/5462>.

French, S. (2014). *The structure of the world*, Oxford: Oxford University Press.

Ladyman, J. y Ross, D. (2007). *Everything must go*, Oxford: Oxford University Press.

Landry, E, y D. Rickles (eds.) (2012). *Structural Realism: Structure, Object, and Causality*. Dordrecht: Springer.

Mumford, S. (2004). *Laws in Nature*, London: Routledge.

# La flecha del tiempo como una propiedad geométrica del universo

Olimpia Lombardi

*CONICET - Universidad de Buenos Aires, Argentina*

El problema de la flecha del tiempo consiste en brindar un fundamento físico a la diferencia entre las dos direcciones temporales. La respuesta tradicional apela al segundo principio de la termodinámica: La pregunta es si existe alguna propiedad más fundamental que nos permita distinguir entre las dos direcciones temporales. Nuestro enfoque adhiere a la “herejía de la dirección del tiempo” de John Earman (1974), según la cual la flecha del tiempo es una propiedad intrínseca del espacio-tiempo que no puede ni debe reducirse a propiedades no-temporales (como la entropía). Desde esta perspectiva, la flecha del tiempo se define en términos de las propiedades geométricas del espacio-tiempo (Castagnino, Lara y Lombardi 2003a, 2003b, Castagnino, Lombardi y Lara 2003, Castagnino y Lombardi 2004, 2005, 2009, Aiello, Castagnino y Lombardi 2008). Esta propuesta (i) tiene prioridad conceptual respecto del enfoque entrópico, ya que las propiedades geométricas del universo son más básicas que sus propiedades termodinámicas, y (ii) adopta el punto de vista “atemporal” (“the view from nowhen”) de Huw Price (1996), que exige evitar toda perspectiva antropocéntrica en la discusión sobre la asimetría temporal.

En la charla se presentará el este enfoque global-geométrico, según el cual la flecha del tiempo es una característica contingente que el universo posee si su espacio-tiempo cumple con los siguientes requisitos: orientabilidad temporal, existencia de tiempo global y asimetría temporal.

## Referencias

Aiello, M., Castagnino, M. y Lombardi, O. (2008). “The arrow of time: from universe time-asymmetry to local irreversible processes”, *Foundations of Physics*, 38: 257-292.

Castagnino, M., Lara, L. y Lombardi, O. (2003a). “The cosmological origin of time-asymmetry”, *Classical and Quantum Gravity*, 20: 369-391.

----- (2003b). “The direction of time: From the global arrow to the local arrow”, *International Journal of Theoretical Physics*, 42: 2487-2504.

Castagnino, M. y Lombardi, O. (2004). "The generic nature of the global and non-entropic arrow of time and the dual role of the energy-momentum tensor", *Journal of Physics A (Mathematical and General)*, 37: 4445-4463.

----- (2005). "A global and non entropic approach to the problem of the arrow of time", en A. Reimer (ed.), *Spacetime Physics Research Trends. Horizons in World Physics*, New York: Nova Science.

----- (2009). "The global non-entropic arrow of time: from global geometrical asymmetry to local energy flow", *Synthese*, 169: 1-25.

Castagnino, M., Lombardi, O. y Lara, L. (2003). "The global arrow of time as a geometrical property of the universe", *Foundations of Physics*, 33: 877-912.

Earman, J. (1974). "An attempt to add a little direction to «The problem of the direction of time»", *Philosophy of Science*, 41: 15-47.

Price, H. (1996). *Time's Arrow and Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time*, Oxford: Oxford University Press.

# Tiempo relacional en la interpretación modal-Hamiltoniana

Matías D. Pasqualini<sup>1,2</sup> & Sebastian Fortin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CONICET - Universidad de Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Rosario

La discusión sobre el carácter relacional o sustancial del tiempo tuvo lugar predominantemente dentro del ámbito de la mecánica clásica. Recién en las últimas décadas aparecieron trabajos motivados por el programa de la gravedad cuántica que buscan sustituir el tiempo dinámico de la mecánica cuántica por correlaciones entre observables cuánticos. Sin embargo, debe distinguirse en mecánica cuántica entre un tiempo parámetro, que controla la evolución dinámica del estado de un sistema, y un tiempo de eventos, que se corresponde con el tiempo en que un observable adquiere valor definido. En general, la teoría solo asigna una distribución de probabilidad a un conjunto de eventos posibles, pero no determina cuándo ni cuál de esos eventos será observado.

A pesar de ello, si asumimos los postulados de la interpretación modal-Hamiltoniana, es posible definir de modo relacional al tiempo de eventos. Sus postulados establecen que los sistemas cerrados adquieren valores definidos de energía y de otros observables compatibles con el Hamiltoniano, con cierta independencia de la evolución dinámica del sistema. Como resultado, la ocurrencia de eventos cuánticos queda vinculada al inicio y al fin de las interacciones entre sistemas. En el presente trabajo, sobre la base del modelo que la interpretación dispone para las mediciones consecutivas, se ofrece un esquema mediante el cual es posible definir los instantes del tiempo de eventos a partir de las relaciones de interacción entre distintos sistemas.

## Referencias

- Ardenghi, J. S., Lombardi, O. y Narvaja, M. (2011). "Modal interpretations and consecutive measurements" EPSA 2011: Perspectives and Foundational Problems in Philosophy of Science, Lugar: Dordrecht, 207 – 217
- Barbour, J. (1982). "Relational Concepts of Space and Time." The British Journal for the Philosophy of Science 33(3): 251-274.
- Busch, P. (2008). "The Time–Energy Uncertainty Relation". In: Muga J., Mayato R.S., Egusquiza Í. (eds) Time in Quantum Mechanics. Lecture Notes in Physics, vol 734. Springer, Berlin, Heidelberg.

Lombardi, O. y Castagnino, M. (2008). "A modal-Hamiltonian Interpretation of Quantum Mechanics." *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 39: 380-443

Page, D. and Wootters, W. (1983). "Evolution without evolution." *Physical Review D*, 27: 2885-2892.

# **La cuarta dimensión: el tiempo en Relatividad General**

**Cecilia Bejarano**

*Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE: CONICET - UBA)*

Nuestra percepción (intuitiva) de la naturaleza se quiebra tanto a escalas muy pequeñas donde la Mecánica Cuántica rige las leyes de la física como a escalas muy grandes donde la Relatividad General comanda más allá de la ley de gravitación universal de Newton. En esta charla, revisaremos la noción de tiempo en el marco de la teoría de Einstein que, ciertamente, introduce un cambio de paradigma e irrumpe en la concepción filosófica de la temporalidad.

# Revisitando el Teorema “de Imposibilidad” de von Neumann

Pablo Acuña

*Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile*

De acuerdo a la narrativa histórica oficial, en 1932 John von Neumann formuló un teorema que pretendía ser una prueba absoluta de la imposibilidad de variables ocultas en teoría cuántica. Sin embargo, en 1966 John Bell identificó una debilidad en el argumento—una premisa supuestamente insostenible en el teorema—que muestra su irrelevancia. Esta crítica propuesta por Bell, ampliamente aceptada como correcta, ha sido recientemente rebatida por Jeffrey Bub y Dennis Dieks. Estos autores defienden que el teorema de von Neumann es una prueba de una cuestión importante: teorías de variables ocultas formuladas en espacios de Hilbert son imposibles. A su vez, la propuesta de Bub y Dieks ha sido criticada por Mermin y Schack. En esta ponencia presento un análisis crítico de esta réplica, con el fin de una ulterior clarificación del significado y relevancia del teorema de von Neumann. Mostraré que, a pesar de la crítica de Mermin y Schack, la tesis base de Bub y Dieks es correcta y esclarecedora. Más aún, si consideramos con detención la conexión entre el teorema de von Neumann y el teorema de Gleason, esta tesis se hace aún más convincente.

# **Velocidad de fase, velocidad de grupo y velocidad de la luz: una guía (causal) para entender sus relaciones**

**Wilfredo Quezada Pulido & Luis Pavez**

*Universidad de Santiago de Chile, Chile*

En el contexto de elaborar y ejemplificar su distinción entre procesos causales y pseudoprosos P. Dowe (Dowe 2000) apela, entre otros ejemplos, a la distinción entre velocidad de fase y velocidad de grupo. Procesos físicos descritos mediante velocidades de fase calificarían como pseudoprosos y procesos que se ajustan a las velocidades de grupos como procesos causales. En sus palabras:

“Cuando se deja caer una piedra en el agua, las ondas individuales pueden viajar más rápido (velocidad de fase) que el grupo total de ondas (velocidad de grupo). Entonces, en el borde delantero las ondas desaparecerán mientras que aparecerán en la parte posterior. Es físicamente posible que las velocidades de fase viajen más rápido que la luz, pero no pueden utilizarse para transmitir señales. En nuestra teoría este tipo de velocidades de fase no son procesos causales porque no poseen energía ni momento, ni ninguna cantidad conservada. La energía, el momento y la potencia de la onda viajan a la velocidad del grupo. [...]. Las sombras, las intersecciones de las reglas, etc. no poseen cantidades conservadas” (p. 94)

A su vez, la teoría de Dowe asume, como es sabido, que pseudoprosos dependen de o supervienen en procesos físicos causales, lo que implica, para las velocidades de grupo y fase, que las segundas dependen de o supervienen en las velocidades de grupo. Conversamente, se debe asumir de esto que las velocidades de grupo efectivamente son físicamente genuinas y no dependen más que de los objetos y los medios que las hacen posible, en particular, no pueden depender de las velocidades de fase. Por otro lado, ya que procesos causales no pueden superar la velocidad de la luz por definición, se implica además que los procesos asociados a las velocidades de grupo tampoco deberían hacerlo pues, si lo fueran, se convertirían en entidades sin realidad causal como las sombras, es decir, fenómenos fantasmales como las velocidades de fase.

En esta ponencia queremos examinar críticamente esta visión poniendo el foco sólo en fenómenos lumínicos y en las leyes que están en la base de su explicación. Estas leyes, como se sabe, fueron originalmente formuladas tanto por C. Huygens (Huygens 1912), en base a la noción de frente de onda, y desarrolladas alternativamente por P. Fermat (cf.

Sabra 1967), en su concepción geométrica de la luz. El modelo ondulatorio de Huygens permite explicar la propagación, la reflexión y la refracción y ofrece además una primera explicación de la distinción, para el caso de ondas superpuestas o grupo de ondas, entre velocidades de fase y de grupo para procesos lumínicos sin un límite en  $C$ . El modelo fermatiano, por otra parte, que permite derivar las leyes de refracción y reflexión mediante la trayectoria de rayos lumínicos en medios homogéneos, ofrece la posibilidad de interpretar la rapidez de propagación de la luz en términos de velocidades de grupo con un límite en  $C$ . Nuestra sugerencia es que, si integramos ambos modelos de la óptica premaxwelliana y asumimos que el frente de onda refleja lo espacial extenso y el rayo lumínico la extensión temporal mínima de propagación, obtenemos (en un espacio-tiempo de Minkowski) lo espacialoide y lo temporaloide formando parte sustancial de la estructura misma de la luz. Adicionalmente, si reinterpretamos estos dos elementos en las concepciones prevalecientes de Maxwell y de Poynting, en el primer caso interpretando el frente de onda como un plano de oscilación del campo electromagnético y en el segundo entendiendo el rayo lumínico como un vector que da la dirección de propagación del grupo de ondas y de las cantidades dinámicas, se pueden obtener generalizaciones que muestran que la luz en si misma está ligada, en su potencial manera de interactuar con la materia, por velocidades sublumínicas o superlumínicas, sean asociadas a velocidades de fase o incluso de grupo. Esto, nosotros argumentamos, debe llevar a concluir que la apelación de Dowe a la distinción entre velocidades de grupo y de fase no es suficientemente robusta para explicar la distinción entre lo procesual y lo pseudoprocual. La conclusión más general entonces debería ser que la luz, entendida como un objeto tridimensional flexible y elástico viajando en el vacío, tiene componentes extensas mutuamente perpendiculares tales que las velocidades mediante las cuales se puede desplegar cada vez que entra en interacción con medios materiales en las distintas direcciones del espacio, resultan íntimamente codependientes o indisociables sin que sea necesario privilegiar la superveniencia de una en otra.

# Los aportes de Julian Schwinger a la gravedad cuántica

**Pedro Walter Lamberti & Víctor Rodríguez**

*Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*

J. Schwinger fue uno de los físicos teóricos más importantes del siglo XX. Compartió el Premio Nobel de Física, junto con R. Feynman y S. Tomonaga, por sus contribuciones a la formulación de la Electrodinámica Cuántica (QED). Y no menos notable son sus aportes en el campo de la física aplicada; fundamentalmente del electromagnetismo. Durante buena parte de su vida académica tardía Schwinger se involucró en temas relacionados con la teoría gravitatoria tanto clásica como cuántica. En este marco su primera propuesta intenta ser un émulo del rol jugado por el fotón en la QED, pero ahora para el gravitón. Indudablemente el éxito que mostró la QED entusiasmó a Schwinger (y a Feynman) a seguir sus técnicas para encarar el problema de la cuantización del campo gravitatorio. En esta charla revisaremos con cierto detalle las ideas que Schwinger propuso para formular una gravedad cuántica. Entre esas ideas, y a las que le dedicaremos parte de nuestra exposición, están la “teoría de fuentes” y la “supergravedad”.

# **Algunas cuestiones externas a la Física que incidieron en su desarrollo**

**Vicente Menendez**

*Instituto Superior de Formación Docente N°117, Argentina*

Trataremos en esta breve charla, dos cuestiones que estimo no muy difundidas: primero abordaremos el papel desempeñado por la música en la construcción de la nueva física, durante el período de la Revolución científica de los siglos XVI y XVII. Luego trataremos la influencia del movimiento denominado Romanticismo, en la física, durante el siglo XIX.

La cuestión musical en Galileo, Kepler, Descartes, Huygens y Leibniz, entre otros, fueron analizadas por destacados historiadores de la ciencia durante el siglo XX y de allí la importancia de este análisis.

Respecto a la influencia del Romanticismo, analizaremos el caso de Oersted y Faraday, como elemento central en el naciente concepto de campo de fuerzas, cuestión que ha sido mayormente soslayada y consideramos importante.

Finalmente, a modo de conclusión, dado que tienen relación con las dos cuestiones anteriores, citaremos ciertos conceptos vertidos por destacados físicos del siglo XX, respecto a los criterios de estética y belleza en la construcción de las teorías físicas.

Referencias:

Drake, S. Galileo. Alianza Ed. Madrid, 1983

Kepler, J. El secreto del Universo, Alianza Ed. Madrid, 1992

Koyre, A. pensar la ciencia, Paidós, Barcelona, 1994

LeShan, L y Margeneau, H. El espacio de Einstein y el cielo de Van Gogh. Ed. Gedisa, Barcelona, 2002

Stewart, I. Belleza y verdad, Ed. Crítica, Barcelona, 2008.

Symposium internacional Ciencia y Romanticismo organizado por la Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, que se celebró en Septiembre de 2002

# ¿Para qué fue creado el Mecanismo de Anticitera?

**Esteban Szigety**

*Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina*

En esta presentación la histórica de la ciencia y la tecnología se usará como marco para estudiar la mirada científica actual sobre el funcionamiento y la fabricación del Mecanismo de Anticitera, un aparato creado en la antigua Grecia. El mismo estaba compuesto de engranajes y ejes interconectados; diales y punteros a la manera de un reloj moderno. La comunidad de científicos que debate sobre este dispositivo es multidisciplinaria, desde matemáticos, historiadores de la antigüedad, astrónomos, historiadores de la ciencia y de la tecnología entre otros. El dispositivo fue descubierto por casualidad en las profundidades de la costa de la isla griega de Anticitera, Grecia, en el año 1900 (de Solla Price, 1974). La datación del hundimiento ubica el hecho alrededor de la segunda mitad del siglo II AC. Desde su hallazgo el mecanismo de Anticitera ha sido considerado un instrumento extraordinario de la antigüedad que contiene 36 engranajes de relojería y más de 7 diales todos construidos en bronce. Dichos diales contenían punteros que señalaban la posición del Sol y la Luna en el zodiaco (Carman, Thorndike y Evans, 2012), los meses, horas y días en que se producirían eclipses, el día y el mes en un calendario luni-solar y hasta un reloj subsidiario que, girando una vuelta cada cuatro años, señalando qué juegos (entre ellos las olimpiadas) se celebrarían ese año (Freeth et al, 2006). La tecnología utilizada para crear el mecanismo de Anticitera es tan sorprendente que un dispositivo de incluso la mitad de engranajes no se conoce desde el medioevo. Sin embargo, los estudios de las incertezas y errores en su fabricación que traen los trenes de engranajes parecen poner en juego su utilidad (Jones, 2012). Hoy en día el debate se dirime entre los que consideran al dispositivo capaz de realizar predicción astronómica y aquellos que lo consideran un dispositivo educativo y de divulgación sobre el Universo. Podemos numerar algunas fuentes de errores como fallas en la fabricación, exactitud de los resultados teóricos del modelo, errores de diseño (Anastasiou et al, 2014; Efstathiou et al, 2012) entre otras posibles. En este trabajo nos propones discutir algunos aspectos epistemológicos de la mirada de los científicos modernos sobre los errores de un dispositivo creado en contexto de la ciencia antigüedad.

Referencias:

- Anastasiou M., Seiradakis J.H., Carman C.C. and Efstathiou K. (2014), The Antikythera Mechanism: The construction of the Metonic pointer and the back plate spirals, *Journal for the History of Astronomy*, (accepted, 2014).
- Carman, C., A. Thorndike & J. Evans (2012), "On the Pin-and-Slot Device of the Antikythera Mechanism, with a new application to the Superior Planets", *Journal for the History of Astronomy*, Volume 43, Issue 150: 93-116.
- de Solla Price, D. (1974), "Gears from the Greeks," *Transactions of the American Philosophical Society (New Series)*, Volume 64, Part 7.
- Efstathiou K., Basiakoulis A., Efstathiou M., Anastasiou M. and Seiradakis J.H. (2012), "Determination of the gears geometrical parameters necessary for the construction of an operational model of the Antikythera Mechanism", *Mechanism and Machine Theory*, 52 (2012), 219–231.
- Freeth, T. , Y. Bitsakis, X. Moussas, J. Seiradakis, A. Tselikas, H. Mangou et al. (2006) 'Decoding the ancient Greek astronomical calculator known as the Antikythera Mechanism', *Nature*, 11/2006, Volume 444: 587-591.
- Jones, A. (2012), "The Antikythera Mechanism and the Public Face of Greek Science", *Proceedings of Science PoS (Antikythera & SKA) 038*

# **Alcance y poder de la clasificación entre teorías de marco e interacciones, el caso de la Relatividad**

## **General**

**Diego Romero-Maltrana y Nicolás Sepúlveda**

*Universidad Católica de Valparaíso, Chile*

En este trabajo exploramos el poder heurístico de la distinción entre teorías de marco y teorías de interacciones (F. Flores, 1999; D. Romero-Maltrana, F. Benitez, C. Soto 2018) aplicado al caso de la Relatividad General (RG). De acuerdo a la distinción, toda teoría puede ser clasificada en dos grupos, cada uno con un claro contenido ontológico, epistémico y funcional. De ser así, al identificar el grupo al cual cierta teoría pertenece sería suficiente para conocer, a priori y sin la necesidad de un detallado estudio de aspectos técnicos, las posibilidades y límites del importe ontológico de la teoría, así como del tipo de explicación que puede llegar a entregar y del tipo de función teórica que desempeña. Tomamos el caso de Relatividad General (RG) como ejemplo de estudio para evaluar la utilidad de la clasificación. En primer lugar, se presentará la distinción y se discutirá brevemente qué entendemos por interacciones, luego se mostrará cuales son las proyecciones y límites ontológicos, epistémicos y funcionales que se esperarían para una teoría como RG de ser válida la distinción, para luego argumentar que RG corresponde a una teoría de marcos.

Escogimos RG pues es en apariencia un caso difícil, teniendo en cuenta que es usualmente considerada como la mejor teoría de gravedad conocida, y que la gravedad es popularmente conocida como una de las cuatro fuerzas (interacciones) fundamentales. Mostraremos por qué esto no es contradictorio con el hecho que RG sea una teoría de marcos. Finalmente mostramos cómo nuestras conclusiones son consistentes con resultados formales derivables de RG, así como con la forma en que RG es presentada en libros especializados (G. Øyvind, S. Hervik, 2007; B. Schutz, 2009), para finalmente analizar nuevos esfuerzos experimentales que refuerzan nuestras conclusiones (C. Marletto, V. Vedral, 2017, 2018; M. Christodoulou, C. Rovelli 2019).

### **Bibliografía**

F. Flores, Einstein's theory of theories and types of theoretical explanation, *International Studies in the Philosophy of Science* 13 (2) (1999) 123–134.

- D. Romero-Maltrana, F. Benitez, C. Soto, A Proposal for a Coherent Ontology of Fundamental Entities, *Foundations of Science* 23 (4) (2018) 705–717.
- G. Øyvind, S. Hervik, *Einstein's General Theory of Relativity: With Modern Applications in Cosmology*, Springer, 2007.
- B. Schutz, *A first course in general relativity*, Cambridge university press, 2009.
- C. Marletto, V. Vedral, Gravitationally induced entanglement between two massive particles is sufficient evidence of quantum effects in gravity, *Physical review letters* 119 (24) (2017) 240402.
- Marletto, V. Vedral, When can gravity path-entangle two spatially superposed masses?, *Physical Review D* 98 (4) (2018) 046001.
- M. Christodoulou, C. Rovelli, On the possibility of laboratory evidence for quantum superposition of geometries, *Physics Letters B* 792 (2019) 64–68.

# Una posible teoría de la prueba para el retículo cuántico utilizando Nmatrices

Olimpia Lombardi, Juan Pablo Jorge, Federico Holik y Décio Krause

*CONICET - Universidad de Buenos Aires, Argentina*

En este trabajo se estudian las propiedades formales de la semántica no determinista basada en Nmatrices [1,2] como sistema de prueba para el retículo de proyectores cuánticos [3]. Utilizando el hecho de que los estados cuánticos pueden ser caracterizados como las valuaciones de una cierta Nmatriz [6], se muestran algunas propiedades y resultados que surgen a la hora de implementar esta semántica sobre algunas axiomatizaciones posibles del retículo cuántico [4,5].

La semántica de Nmatrices es un sistema formal creado por Avron, A., Lev, I., y Zamansky, A. para brindar significado a sistemas axiomáticos (entre otros) que tienen que modelizar situaciones donde la información disponible puede ser contradictoria o incompleta y no es posible tener una semántica que respete la composicionalidad de la verdad. La importancia de las Nmatrices en el ámbito cuántico se debe a que, debido al teorema de Kochen-Specker [7], el retículo de proyectores cuánticos no admite valuaciones de estilo funcional que cumplan composicionalidad de la verdad. Si liberamos esta restricción, se puede obtener una semántica adecuada a los propósitos cuánticos con una caracterización novedosa de los estados como posibles valuaciones de esta semántica Nmatricial.

## Bibliografía

- [1] Avron, A. and I. Lev, (2001) "Canonical Propositional Gentzen-type Systems", Proceedings of the 1st International Joint Conference on Automated Reasoning , R. Gore, A. Leitsch, T. Nipkow (eds.), Springer Verlag, LNAI 2083, 529-544, Springer Verlag.
- [2] Avron, A. and Zamansky, A. (2011) "Non-deterministic Semantics for Logical Systems", Handbook of Philosophical Logic, (Gabbay, and Guentner, Eds.), volume 16, 227-304, Springer.
- [3] Birkhoff, G. and von Neumann, J. (1936) "The Logic of Quantum Mechanics". Annals Math.37, pp.823-843.
- [4] Friedman, M. and Glymour, C. (1972) "If quanta had logic", Journal of Philosophical Logic 1.
- [5] Haack, S. (1980) Lógica Divergente. Paraninfo. Lógica y Teoría de la Ciencia.

[6] Jorge, J. P., Holik, F. (2020) ‘Non-Deterministic Semantics for Quantum States’. Entropy; vol. 22, no. 2

[7] Kochen, S. and Specker, E.P. (1967) ‘The Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics’. Journal of Mathematics and Mechanics, 17, 59-87.

# **Libros de texto y escritos originales sobre mecánica cuántica: un análisis desde la retorica para la enseñanza de la física**

**Edwin German Garcia**

*Universidad del Valle, Colombia*

La enseñanza de la mecánica cuántica suele ser considerada de difícil comprensión por parte de los estudiantes universitarios, pues esta es presentada usualmente desde una visión abstracta y lógico-matemática, al margen de los problemas y actividad experimental que la orienta. Aquí presentamos los resultados de un estudio comparativo entre los escritos originales de Einstein acerca de la mecánica cuántica, y los libros de texto universitarios. El estudio se realiza desde las narrativas experimentales y el análisis del discurso. Se destaca la retórica de los escritos originales en la comprensión de la naturaleza de la ciencias, la actividad experimental y el uso del lenguaje en mecánica cuántica, para orientar la enseñanza de la física en la formación de profesores. Interrogantes como ¿Qué clase de conocimiento en torno a la mecánica cuantica se promueve con el uso de los libros de texto? ¿Qué perspectiva del conocimiento en mecánica cuántica se deriva del uso de estos libros? ¿Qué tanto reconocen escritos originales de científicos en sus páginas? ¿Qué apropiación del conocimiento sobre mecánica cuántica se promueve en el estudiante?

Por otra parte, es de reconocimiento actual en la didáctica de las ciencias la línea de Historia y Filosofía de las ciencias en la Enseñanza de las mismas (Matthews 1998) (Izquierdo, Auduriz y Quintanilla 2007) ( Garcia – Arteaga 2018) y han sido multiples los aportes realizados en 20 años. Sin embargo, los llamados estudios comparativos no han sido tan recurrentes, como el que presentamos entre el texto original y el libro de texto para la enseñanza de la mecánica cuántica ¿Qué tienen en común y qué los diferencia en sus enfoques conceptuales y metodológicos? y, ¿Cómo inciden estos en los procesos de aprendizaje de los estudiantes universitarios? Esta clase de interrogantes se plantean desde una perspectiva historicista que determina los contenidos, problemas y situaciones experimentales que intervienen en la construcción del conocimiento científico y que se reflejan en los procesos de aprendizaje. La aparente dificultad de los estudiantes, en torno al aprendizaje de la mecánica cuántica tiene que ver con la misma estrategia

metodológica empleada. Es precisamente, la preocupación de esta investigación, hacer análisis de la retórica presente en los textos, tanto científicos como de enseñanza, identificar las intencionalidades del autor al momento de presentar la mecánica cuántica como estrategia de divulgación (Einstein) como de enseñanza (libro de texto). Nos apoyamos en las llamadas narrativas experimentales y la Red Sistemica para organizar la información desde el análisis del contenido propuesto por Van Dijk (1997)

Los resultados son interesantes dada la marcada diferencia entre los enfoques, siendo la que más favorece el proceso de construcción de conocimiento la propuesta de Einstein, ya que permite considerar la fenomenología, la actividad experimental y los problemas epistémicos que la determinan, mientras que el texto es dogmático, ahistórico y abstracto en sus enunciados. Terminamos por recomendar el uso de textos originales en la formación de profesores y especialmente para la mecánica cuántica, en tanto brinda opciones para problematizar y llenar de significado los conceptos asociados a ella.

# **La estructura lógica de los sistemas cuánticos y su dinámica**

**Marcelo Losada**

*Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*

Presentamos un enfoque dinámico de la estructura lógica de los sistemas físicos. Si un sistema cuántico se somete a un proceso físico tal que su comportamiento se vuelve clásico, su estructura lógica debe evolucionar desde una lógica cuántica a una lógica clásica, es decir, su reticulado de propiedades debe volverse distributivo. Para caracterizar este proceso, se describe la dinámica del sistema usando la representación de Heisenberg, en la cual los observables evolucionan en el tiempo y los estados permanecen constantes. Esta perspectiva permite considerar la evolución temporal del álgebra de observables, y estudiar la transición del reticulado de propiedades desde la lógica cuántica a la clásica. En particular, si se admiten evoluciones temporales no unitarias, es posible dar cuenta de cómo se modifica la estructura lógica del sistema a través del tiempo.

# **Sobre experimentos de inversión temporal y los fenómenos irreversibles en mecánica**

**Sebastian Fortin<sup>1</sup> y Manuel Gadella<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> CONICET - Universidad de Buenos Aires, Argentina*

*<sup>2</sup> Universidad de Valladolid, España*

En este trabajo analizamos el problema de la irreversibilidad desde el marco teórico de la mecánica cuántica. En particular, argumentaremos que la decoherencia, el eco de Loschmidt, el límite clásico y la llegada al equilibrio forman parte, en el ámbito cuántico, del fenómeno más general de la irreversibilidad. Mostraremos además que, al formar parte de un mismo fenómeno más general, pueden ser tratados bajo un formalismo común: el formalismo de operadores no Hermíticos.