

---

---

Lunes, 1 Diciembre (Salón: R 209)

---

---

8:00 – 9:00 *Registration*

9:00 – 9:15 *Opening*

9:15 – 10:15 Piero Nicolini: *Relativity, Non-Commutative Geometry and Evaporating Black Holes, I*

10:15 – 11:15 Victor Tapia: *The Canonical Structure of GR, I*

11:15 – 11:45 Break

11:45 – 12:45 Sam Dolan: *Black Hole and Wave Mechanics, I*

12:45 – 14:00 Lunch Break

14:00 – 14:45 Jean Carlos Cortíssoz: *Flujo de Ricci en Superficies*

14:50 – 15:35 Alexander Cardona: *The Einstein-Hilbert Action in Noncommutative Manifolds*

15:40 – 16:10 Break

16:10 – 16:55 Mikhail Malakhaltsev: *Deformations of Symplectic Structures with Singularities*

17:00 – 17:45 Leonardo Cano: *Resolución espectral del Laplaciano en una variedad con final cilíndrico*

---

---

---

Martes, 2 Diciembre (Salón: G 104)

---

---

9:00 – 10:00 Piero Nicolini: *Relativity, Non-Commutative Geometry and Evaporating Black Holes, II*

10:00 – 11:00 Victor Tapia: *The Canonical Structure of GR, II*

11:00 – 11:30 Break

11:30 – 12:30 Sam Dolan: *Black Hole and Wave Mechanics, II*

12:30 – 14:00 Lunch Break

14:00 – 14:45 Alonso Botero: *Swimming in Curved Spacetime*

14:50 – 15:35 Marek Nowakowski: *Local Impact of the Cosmological Constant*

15:40 – 16:10 Break

16:10 – 16:55 Fredy Parada: *No gaussianidad primordial en la perturbación en la curvatura en el escenario del curvaton*

17:00 – 17:45 Vladímir Peña Suárez: *Un estudio de inestabilidades en la región circumnuclear de la galaxia NGC5427*

---

---

---

Miercoles, 3 Diciembre (Salón: R 209)

---

---

9:00 – 10:00 Piero Nicolini: *Relativity, Non-Commutative Geometry and Evaporating Black Holes, III*

10:00 – 11:00 Victor Tapia: *The Canonical Structure of GR, III*

11:00 – 11:30 Break

11:30 – 12:30 Sam Dolan: *Black Hole and Wave Mechanics, III*

---

---

Jueves, 4 Diciembre (Salón: R 210)

---

---

9:00 – 10:00 Raffaele Fazio: *Scattering amplitudes in string theory*

10:00 – 11:00 Victor Tapia: *The Canonical Structure of GR, IV*

11:00 – 11:30 Break

11:30 – 12:30 Sam Dolan: *Black Hole and Wave Mechanics, IV*

12:30 – 14:00 Lunch Break

14:00 – 14:45 Piero Nicolini: *Relativity, Non-Commutative Geometry and Evaporating Black Holes, IV*

14:50 – 15:35 Viviana Viña Cervantes: *Formulación geometrica del modelo de Henon-Heiles*

15:40 – 16:10 Break

16:10 – 16:55 Antonio Gutierrez Pineres: *Electrovacuum static axially symmetric thin annular dust disks*

17:00 – 17:45 German Lemoine: *Resumen de una conferencia dictada por Einstein*

---

---

---

---

Viernes, 5 Diciembre (Salón: R 209)

---

---

9:00 – 10:00 Piero Nicolini: *Relativity, Non-Commutative Geometry and Evaporating Black Holes, V*

10:00 – 11:00 Victor Tapia: *The Canonical Structure of GR, V*

11:00 – 11:30 Break

11:30 – 12:30 Sam Dolan: *Black Hole and Wave Mechanics, V*

12:30 – 14:00 Lunch Break

14:00 – 14:45 Andrés Vargas: *Hölder Metrics and Killing Spinors*

14:50 – 15:35 Camilo Angulo Santacruz: *El Universo de Goedel*

---

# *Morning Lectures*

## **Black Holes and Wave Mechanics**

*Sam Dolan* (University College, Dublin, Ireland)

This is a course on wave mechanics on black hole space-times. The main focus is on the the scalar field on the Schwarzschild spacetime. As well as being of interest in its own right, the scalar field serves as a simple “toy model” which offers insight into the dynamics of gravitational radiation.

The course consists of five one-hour lectures, outlined below.

### **I. General Relativity and the Schwarzschild spacetime.**

The course begins with a brief introduction to General Relativity. Basic concepts are defined: the interval; covariance; geodesics; congruences; Killing vectors; hypersurfaces; action principles, etc. Einstein’s field equations are introduced. I will demonstrate the use of the “GRTensorII” package for Maple. Next we look at the Schwarzschild space time. We examine the geodesics, and derive weak-field and strong-field approximations for the bending of light. We look at radial infall, red-shift, and the stability of circular orbits. Coordinate singularities are discussed, along with the relative merits of alternative coordinate systems.

### **II. Black Holes, Perturbations and Quasi-Normal Modes.**

In this talk, I briefly introduce the Kerr spacetime, which describes a rotating black hole. We will look at two effects of rotation: frame-dragging and the ergosphere. We introduce the “no-hair theorem” and the laws of classical black hole mechanics. Next, we consider small perturbations of black hole spacetimes. The scalar wave equation is introduced along with a conserved current. Appropriate physical boundary conditions are discussed, and the behaviour of the field at the origin, the horizon and infinity is scrutinised. We examine the field dynamics by evolving the  $1 + 1$  PDEs in the time domain. We show that bombarding the black hole with Gaussian wavepackets results in the excitation of “quasi-normal modes” (QNMs). These modes have specific frequencies and decay rates that may provide a signature for the underlying black-hole space-time. Two methods for calculating QNMs are discussed.

### **III. Time-independent Scattering and Absorption.**

In the third lecture, we look at time-independent scattering. We consider a monochromatic, long-lasting planar wave impinging on a black hole. In the long-wavelength regime  $\lambda \gg r_s$ , a perturbative approach may be used. We show how to expand the scattering amplitude in a Born series, and compute the lowest-order amplitude in two coordinate systems. For higher couplings  $\lambda \gtrsim r_s$ , a partial wave approach is more appropriate. A range of interesting diffraction effects are seen in the scattered signal, including a “glory” peak. We discuss methods for solving the radial equation.

#### **IV. Black hole emission.**

Black holes are not completely black! In fact, they emit radiation with a (nearly) thermal spectrum, and a temperature inversely proportional to black hole mass. Hawking's discovery means we may associate an entropy with the area of a black hole's horizon. It has inspired many attempts to reconcile GR and quantum mechanics. In this lecture we will look at Quantum Field Theory in curved spacetime, and I will give a heuristic explanation for the Hawking effect.

#### **V. Acoustic holes.**

In this lecture, I will discuss the possibility that systems with some of the properties of black holes may be created in the laboratory. In 1981, Unruh showed that under certain assumptions (inviscosity; irrotationality; barotropy) the Navier-Stokes equations describing perturbations to steady fluid flow are formally equivalent to the Klein-Gordon equation on an effective metric. Further, if the fluid flows faster than the speed of sound in the fluid, then an analogue horizon may be created. I will introduce two models for acoustic holes, and discuss similarities with, and differences to, astrophysical black holes.

# Relativity, Non-commutative Geometry and Evaporating (Extradimensional) Black Holes

*Piero Nicolini* (California State University, Fresno, USA)

In these lectures we shall give some introductory notes about noncommutative geometry and its potential relationship to a viable quantum theory of gravitation. As a second point we shall study in detail new black hole solutions of gravitational field equations in the presence of noncommutative effects.

# The Canonical Structure of General Relativity

*Victor Tapia* (Universidad Nacional, Bogotá, Colombia)

We show that the variational formulation of General Relativity must be done in terms of constrained dynamics. We study the general structure of constrained systems: first- and second-class constraints, primary and secondary constraints, the Dirac's conjecture, etc. We show that the general covariance of a field theory can be characterised by a parametrisation invariant formulation of field theory. We combine these two ingredients for a variational description of General Relativity.

Se muestra que la formulación variacional de la Relatividad General se debe hacer en términos de una dinámica con vínculos. Se estudia la estructura general de los sistemas con vínculos: vínculos de primera y de segunda clase, vínculos primarios y secundarios, la conjetura de Dirac, etc. Se muestra que la covariancia general de la teoría de campos se puede caracterizar por medio de una formulación parametrizada de la teoría de campos. Se combinan estos dos ingredientes para dar una descripción variacional de la Relatividad General.



# *Short Communications*

*Camilo Angulo* (Universidad de los Andes, Colombia)

## **El Universo de Goedel**

En 1949 Goedel introdujo una solución de las ecuaciones de campo de Einstein con constante cosmológica no nula. Esta solución tenía, para la época, muchas innovaciones. La primera, es que se alejaba de la forma de la solución de Robertson-Walker. La segunda, es que el universo que modela, aunque físicamente imposible, tiene propiedades interesantes entre las que se destaca la existencia de curvas cerradas de tiempo. Se discutirá la forma de la solución y sus propiedades geométricas y topológicas.

### *Goedel's Universe*

In 1949 Goedel introduced a new type of solution for the Einstein's field equations with non-zero cosmological constant. This solution featured a lot of innovations by the time it was published. First, the form of the solution was different from the Robertson-Walker metric form. On the other hand, Goedel's universe, even physically impossible, has interesting properties such as the existence of closed time-like geodesics. We will discuss the form of the solution, and the geometrical and topological properties of the manifold itself.

*Alonso Botero* (Universidad de los Andes, Colombia)

## **Swimming in Curved Spacetime**

*Leonardo Cano* (Universität Bonn, Germany)

## **Resolución espectral del Laplaciano en una variedad con final cilíndrico**

El objetivo de esta charla es presentar la dilatación analítica como una técnica para entender la resolución espectral del Laplaciano en una variedad con final cilíndrico. Nos concentraremos en dar una descripción explícita de los operadores de onda. El trabajo sirve como modelo juguete para modelos más complicados. Los temas de la charla servirán de excusa para explorar temas de análisis funcional y del análisis geométrico.

*Alexander Cardona* (Universidad de los Andes, Colombia)

### **La acción de Einstein-Hilbert en geometría no conmutativa**

En esta charla introduciremos los principales ingredientes - geométricos, analíticos y algebraicos - necesarios para escribir el análogo no conmutativo de la acción de Einstein-Hilbert en geometría no conmutativa. También ilustraremos, mediante ejemplos de espacios no conmutativos, distintos niveles de no conmutatividad y sus correspondientes términos de Einstein-Hilbert.

*Jean Carlos Cortissoz* (Universidad de los Andes, Colombia)

### **Flujo de Ricci en superficies**

En esta charla introduciremos el flujo de Ricci en superficies como herramienta para mostrar la existencia de estructuras geométricas canónicas en superficies (i.e., Teorema de Uniformización de Poincaré).

*Raffaele Fazio* (Universidad Nacional, Bogotá, Colombia)

### **Scattering amplitudes in string theory**

We review the spectrum of bosonic and fermionic strings in flat space time and compute Veneziano and Virasoro Shapiro scattering amplitudes. The pomeron factorization for such cases will be explicitly investigated.

*Antonio Gutierrez Pineres* (Universidad Industrial de Santander)

### **Electrovacuum static axially symmetric thin annular dust disks**

A new family of exact solution of the static vacuum Einstein-Maxwell equations, which are obtained using Ernst's theory of complex potentials in oblate spheroidal coordinates for axially symmetric spacetimes, is presented. All the metric functions and electromagnetic potentials are explicitly computed and the obtained expressions are simply written in terms of oblate spheroidal coordinates. The solutions describe an infinite family of electrovacuum static axially symmetric thin annular dust disks. The disks are of infinite extension but with an inner annular edge. The energy densities of the disks are everywhere positive functions of the radial coordinate, equals to zero at the inner edge of the disk, having a maximum at a finite value of the radius and then vanishing at infinity. The disks have finite mass and their energy-momentum tensor agrees with all the energy conditions.

*German Lemoine*

## **Resumen de una conferencia dictada por Einstein**

- Principio de equivalencia
- Ecuacion de campo
- Integracion de la ecuacion de campo
- Efecto sobre medidas y relojes
- Pruebas fisicas
- Hipotesis de Mach

*Mikhail Malakhaltsev* (Universidad de los Andes, Colombia)

## **Deformations of symplectic structures with singularities**

We consider symplectic structures with Martinet's singularities as a pseudogroup structure and as a G-structure with singularities and find a relation between the spaces of infinitesimal deformations of a symplectic structure with singularities obtained via these two approaches.

*Marek Nowakowski* (Universidad de los Andes, Colombia)

## **Local Impact of the Cosmological Constant**

After briefly reviewing the role of the cosmological constant ( $\Lambda$ ) in our universe and more generally in a multi-verse, the focus will be on the local effects of this second possible fundamental constant of gravity. Three different results will be touched upon. The first one discusses the motion of a test particle in Schwarzschild-de Sitter (Kottler) metric with the emphasis on how the scales of the Newtonian constant mix with  $\Lambda$  to give new relevant quantities of astronomical order of magnitude. The second topic zeroes around the entrance of  $\Lambda$  into the so-called Generalized Uncertainty Principle (GUP) and its role in Hawking evaporation of black holes. Here the emphasis will be on the emergence of maximum and minimum temperature in black hole radiation. Finally, the last effect of  $\Lambda$  to be discussed is its impact on the propagation of gravitational waves. A critical distance due to  $\Lambda$  is found beyond which the "wavy" character of the gravitational wave is lost.

**Fredy F. Parada** (Universidad Industrial de Santander)

## No gaussianidad primordial en la perturbación en la curvatura en el escenario del curvatón

En el muy exitoso y alternativo modelo al escenario del inflatón, “el modelo del curvatón”, dos campos escalares están presentes durante inflación; uno, el inflatón, es el encargado de generar y controlar el período inflacionario, y el otro, el curvatón, es el encargado de generar la perturbación primordial en la curvatura  $\zeta$  que a su vez da origen a la formación de la estructura a gran escala del Universo. La  $\zeta$  observada es altamente gaussiana, pero los experimentos satelitales actuales, como el WMAP de la NASA, buscan una posible pequeña desviación de la gaussianidad exacta. En este artículo estudiamos el bispectro  $B_\zeta(k_1, k_2, k_3)$  de  $\zeta$  en el escenario del curvatón, cuya normalización  $f_{NL}$  da información acerca del nivel de no gaussianidad en  $\zeta$ . Este estudio será realizado haciendo uso del formalismo  $\delta N$ . Se enunciará explícitamente la ventaja de este formalismo y se dará expresión para  $f_{NL}$  en el escenario del curvatón.

In the very successful and alternative model to the inflaton scenario, “the curvaton model”, two fields are present during inflation; one, the inflaton, is in charge of driving inflation, and the other, the curvaton, is in charge of generating the primordial curvature perturbation  $\zeta$  that seeds the large-scale structure formation in the Universe. The observed  $\zeta$  is highly gaussian, but the current satellite experiments, like NASA’s WMAP, are looking for the possible small deviation from exact gaussianity. In this paper we study the bispectrum  $B_\zeta(K_1, k_2, k_3)$  of  $\zeta$  in the curvaton scenario, whose normalisation  $f_{NL}$  gives information about the level of non gaussianity in  $\zeta$ . This study will be performed by making use of the  $\delta N$  formalism. We will enunciate explicitly the advantage of this formalism and give an expression for  $f_{NL}$  in the curvaton scenario.

*Vladimir Peña Suárez* (Universidad Industrial de Santander)

### **Un estudio de inestabilidades en la región circumnuclear de la galaxía NGC5427**

Se presentan aspectos morfológicos y dinámicos de la galaxia NGC 5427 y se comentan las implicaciones físicas de la estructura de ondas de densidad que se manifiesta en la región circumnuclear de NGC5427, comprendida entre 0,6 y 1,4 kpc. Se presentan los conceptos de inestabilidad gravitacional y la clasificación de estas inestabilidades, haciendo énfasis en las variables que afectan la estabilidad de una región interestelar. Se presenta el criterio del parámetro de Toomre  $Q$  como un valor de ponderación de las inestabilidades, autogravitantes para valores de  $Q$  menores que 1 e hidrodinámicas para valores mayores que 1. Se discuten algunas relaciones dinámicas para reescribir la expresión que da el parámetro de Toomre en términos de cantidades medibles observacionalmente.

Usando métodos fotométricos incorporados en el paquete IRAF se calcula el valor de la Densidad Superficial de Masa a través de la estimación del Exceso de Color y la Extinción Visual a partir de imágenes HST en la bandas Visible (V) (5935 Å) e Infrarrojo cercano (H) (1,6  $\mu$ m). Se calcula el parámetro de Toomre a partir del valor obtenido de Extinción Visual, encontrándose que la galaxia posee un régimen de inestabilidades hidrodinámicas. Se discuten las implicaciones de la presencia de este régimen inestable a la luz del escenario de ondas de densidad de la galaxia. Se sugieren métodos complementarios para verificar o depurar el valor del parámetro obtenido en este estudio. Se comentan posibles fuentes de error e incertidumbre en que se pudo haber incurrido durante el desarrollo de la investigación.

*Andrés Vargas* (Universidad de los Andes, Colombia)

### **Hölder Metrics and Killing Spinors**

In Riemannian geometry, harmonic coordinates are known to provide the best possible framework when regularity issues of geometric quantities like the metric are relevant to find solutions of PDE's on manifolds. In particular, (geometric) Killing spinors on spin manifolds with metric of Hölder regularity  $C^{1,\alpha}$  are weak solutions of the (vacuum's) Einstein equation and the metric turns out to be smooth on harmonic coordinate charts. This makes the manifold Einstein in the usual sense. Known results on convergence of metrics in the Riemannian and Lorentzian context will be mentioned.

*Viviana Viña Cervantes* (Universidad Industrial de Santander)

## **Tratamiento geométrico del modelo de Henon-Heiles**

Como es sabido el modelo de Henon-Heiles fue introducido en 1964 con el propósito de estudiar caos en el movimiento de las estrellas en las galaxias. Una de las características de este modelo es el hecho de que no es integrable debido a la no existencia de suficientes constantes de movimiento. En esta contribución nos proponemos analizar esta situación desde la formulación geométrica de la mecánica clásica propuesta por Eisenhart. Se basa en la equivalencia entre las ecuaciones de Lagrange y las geodésicas de una variedad Riemanniana adecuada. Esto nos permite utilizar conceptos propios de la geometría diferencial para estudiar las simetrías del modelo y las constantes de movimiento asociadas a las mismas. En este trabajo presentamos un estudio detallado de los campos vectoriales de killing (KVF), las colineaciones afines (AVF) y sus constantes de movimiento.

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
8:00 – 9:00	Registration				
9:00 – 10:00	P. Nicolini	P. Nicolini	P. Nicolini	R. Fazio	P. Nicolini
10:00 – 11:00	V. Tapia	V. Tapia	V. Tapia	V. Tapia	V. Tapia
11:00 – 11:30	<i>Break</i>	<i>Break</i>	<i>Break</i>	<i>Break</i>	<i>Break</i>
11:30 – 12:30	S. Dolan	S. Dolan	S. Dolan	S. Dolan	S. Dolan
12:30 – 14:00	<i>Break</i>	<i>Break</i>		<i>Break</i>	<i>Break</i>
14:00 – 14:50	J. Cortissoz	A. Botero		P. Nicolini	A. Vargas
14:50 – 15:40	A. Cardona	M. Nowakowski		V. Viña	C. Angulo
14:50 – 15:40	M. Malakhaltsev	F. Parada		A. Gutierrez	
14:50 – 15:40	L. Cano	V. Peña		G. Lemoine	